

**Michael Wächter**

**Das Lernen Lernen**



# **Das Lernen Lernen**

**Lernhilfen und Testaufgaben –  
ein Arbeitsbuch für Schule und Studium**

**Michael Wächter**



## Impressum

Texte: © Copyright by Michael Wächter  
Umschlag: © Copyright by Michael Wächter  
Verlag: Michael Wächter  
Borsigweg 21a  
48153 Münster  
waechter.michael@t-online.de  
Druck: epubli - ein Service der neopubli GmbH, Berlin

# Inhaltsverzeichnis

|              |                                                                                   |             |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|              | <b>Inhaltsverzeichnis, Vorwort, Einführung in das Lernkonzept</b>                 | <b>S. 5</b> |
| <b>1</b>     | <b>Lernen – ein Kennenlernen und Problemlösen</b>                                 | <b>9</b>    |
| 1.1          | Umgebung Kennenlernen (Biologische Grundlagen des Lernens)                        | 10          |
| 1.2          | Erinnern lernen – Nach-Denken und Gedächtnis                                      | 11          |
| 1.3          | Sprechen lernen                                                                   | 12          |
| 1.4          | Empathie und Soziale Intelligenz                                                  | 12          |
| 1.5          | Probleme analysieren und lösen                                                    | 12          |
| 1.6          | Künstliche Intelligenz                                                            | 14          |
| 1.7          | Verhalten steuern lernen (Bewusstes und Unbewusstes/Ich-Bewusstsein)              | 14          |
| 1.8          | Veränderung und Anpassung                                                         | 15          |
| 1.9          | Kognitives Lernen                                                                 | 15          |
| <b>2</b>     | <b>Das Lernen lernen: Arbeits- und Lernmethoden in der Schule</b>                 | <b>17</b>   |
| 2.1          | Warum fällt das schulische Lernen oft schwer?                                     | 17          |
| 2.2          | Was brauche ich zum Lernen?                                                       | 18          |
| 2.3          | Wie verhindere ich schulische Lernerfolge?                                        | 19          |
| 2.4          | Welche Lerntechniken und –methoden kann ich ausprobieren?                         | 19          |
| 2.5          | Wie kann ich mir etwas besser merken? (Gedächtnistechniken)                       | 20          |
| 2.6          | Welche Lerntipps helfen mir weiter?                                               | 21          |
| 2.7          | Wie und wozu soll ich Hausaufgaben erledigen?                                     | 21          |
| 2.8          | Wie protokolliere ich und schreibe mit?                                           | 22          |
| 2.9          | Wie sortiere ich meine Mitschriften und Protokolle?                               | 22          |
| 2.10         | Wie kann ich Arbeiten, Klausuren und Prüfungen bestehen?                          | 23          |
| <b>3</b>     | <b>Naturwissenschaftlich-mathematische Methoden</b>                               | <b>27</b>   |
| 3.1          | Beispiel für ein Lernvorgang: Das Rechnen mit Stoffmengen und –umsätzen           | 27          |
| 3.2          | Beispiel für Lernmethode „Lernzusammenfassung“                                    | 28          |
| 3.3          | Beispiel für Lernmethode „Lernerfolgskontrolle“                                   | 28          |
| <b>4</b>     | <b>Textanalytische Methoden und Memorieren</b>                                    | <b>29</b>   |
| <b>5</b>     | <b>Naturwissenschaftlich-mathematische Methoden</b>                               | <b>47</b>   |
| 5.1          | Schätzungen und Statistik                                                         | 47          |
| 5.2          | Naturwissenschaftliche Methoden                                                   | 50          |
| 5.3          | Lernzusammenfassung zu den bisherigen Kapiteln                                    | 53          |
| <b>6</b>     | <b>Lernhilfen und Lösungen zu Kap. 4 und 5</b>                                    | <b>55</b>   |
| <b>7</b>     | <b>Unterrichts-Tipps: Referate, Analysen, Argumente</b>                           | <b>63</b>   |
| <b>8</b>     | <b>Denkanstöße: Wissenschaft und Lernvorgänge</b>                                 | <b>67</b>   |
| 8.1          | Was ist Wissen(schaft)?                                                           | 67          |
| 8.2          | Methoden der modernen Naturwissenschaften<br>- wie arbeiten „Forscher“?           | 70          |
| 8.3          | Wissenschaftsgeschichte - wie wirken Ideen, Entdeckungen und Erfindungen?         | 73          |
| 8.4          | Von der Verantwortlichkeit der Wissenden zur Verantwortung für das Wissen         | 74          |
| 8.5          | Wissenschaft, Ethik und Glaube                                                    | 76          |
| 8.6          | Was ist „Ökologie“?                                                               | 80          |
| 8.7          | Werte und Normen der Arbeitswelt                                                  | 88          |
| <b>9</b>     | <b>Zusammengefasst: Wissen und Lernvorgänge</b>                                   | <b>91</b>   |
| <b>10</b>    | <b>Hinweis: das Lernkonzept aus „Üb(er)legungsaufgaben Chemie“ von M. Wächter</b> | <b>93</b>   |
| <b>11</b>    | <b>Stichwortverzeichnis (Sachregister, Sachworetverzeichnis)</b>                  | <b>94</b>   |
| <b>12,13</b> | <b>Anhang: Lernen – ein Textauszug zum Nach-Denken; Eigene Notizen</b>            | <b>95</b>   |

## Einführung: Das Lernkonzept dieses Buches (nach: „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“ von M. Wächter

Dieses Arbeitsbuch bietet methodische Lernhilfen und –tipps für Lehrende und Lernende. Es entstand beim Erarbeiten und Zusammenstellen der Sammlung „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“, zu der nun auch dieses **Arbeitsheft „Lernen lernen“** mit Arbeits- und Lernhilfen gehört. Die Reihe enthält Übungs- und Prüfungsaufgaben mit Lösungshinweisen, Lösungen und Lernhilfen für alle Klassen und zu allen Themen im Chemieunterricht, dieses Arbeitsheft auch **für alle Schul- und Studienfächer allgemein**. Sie ist **für Selbstlerner, Lehrende und Lernende** geeignet (Alle Klassen/Jahrgänge von Sekundarstufe I ab etwa Kl. 9 über die Sekundarstufe II bis hin zum Grundstudium Chemie und der Berufsausbildung in chemisch-technischen Berufen) und in mehrere Bände (Arbeitshefte, Kapitel) aufgegliedert.

Schul- und Lehrbücher bieten immer (zu) viele Lehrtexte, gelegentlich auch Übungsaufgaben dazu. Selten werden diese im Buch ausführlich erklärt, **Lösungshinweise** und **Lösungen** zur **Selbstkontrolle** finden die Lernenden oft gar nicht. Gerade zum Selbstlernen jedoch wären diese hilfreich, ebenso zur **Übung** in Einzel- und Gruppenarbeit im Unterricht der Sekundarstufe (allgemein- und berufsbildend, in Vertiefungs- und Vertretungsstunden, bei Hausaufgaben usw.) oder auch im Grundstudium in Seminaren im ersten Chemiesemester an Fachhochschulen oder Universitäten. Dieses Arbeitsheft (und speziell im Fach Chemie die Reihe „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“) will diese Lücke schließen und bietet hierzu Kapitel zu allen wichtigen Themenbereichen an – vom **Lernen als biologischer Vorgang** über **Methoden des Lernens** bis hin zu konkreten **Tipps für das Lernen** in Schule und Beruf.

### Textelemente in den einzelnen Kapiteln:

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| !!! In diesem Kapitel ...    | Einleitender Überblick über das Kapitel                                                                                                                                                                                                                                |
| !!! <b>Beispiel</b>          | Konkretes und/oder unterhaltsames Beispiel zu einer allg. Regel                                                                                                                                                                                                        |
| !!! <b>Wichtig zu wissen</b> | Merksätze                                                                                                                                                                                                                                                              |
| !!! <b>Wissen testen</b>     | Übungsaufgaben, drei verschiedene Schwierigkeitsgrade, kurz vor dem Ende von Kapiteln/Unterkapiteln                                                                                                                                                                    |
| !!! <b>Richtig gelöst</b>    | Lernhilfen, Lösungshinweise und Lösungen (am jeweiligen Kapitelende<br><u>Hinweise</u> (TEXT), Abbildungen (in Tabellenrahmen), Formeln (Im Text, z. B. <i>common domain</i> – Grafiken),<br>Jeweils am Kapitel-/Arbeitsheft-Ende ggf. auch Stichwortverzeichnis/Index |

## Vorwort

Das Lernen lernen – mit einer Sammlung langweiliger Übungsaufgaben? Nein! Ein Schul- und Lernbuch kann ein pures **Fitness-Studio** für Ihr Gehirn sein – wenn Sie es entsprechend nutzen! Weshalb?

- 1.) Ein Fitness-Studio kann **erstklassige Trainingsgeräte** bereitstellen – so wie dieses Arbeitsbuch die Aufgaben und Lernanreize. Vom Lückentexten, Anfänger- und Kreuzworträtsel über Quiz- und Prüfungsfragen bis hin zu multiple-choice-Tests, Knobel-, Klausur- und Examensaufgaben: Hier ist Ihr **Material zum Trainieren**, um im Training zu bleiben in den wichtigsten Disziplinen der jeweiligen Hirnsportart „Schul-/Studienfach XY“. Wenn Sie also z.B. angehender Abiturient, Chemiker oder Laborant, Student, Schüler, Azubi oder Praktikant sind, dann finden Sie hier für Ihr Lern-, Prüfungs- und Konditionstraining alle Fitnessgeräte und –übungen, die Sie für Ihr Lern-Training in Sachen Chemie benötigen. Sind Sie Dozent, Lehrer oder Ausbilder, so finden Sie z.B. im Buch „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“ alle Arten von Tests, Trainings- bzw. Üb(erleg)ungsaufgaben, die Sie Ihren Trainierenden mit auf den Weg zu Klausur oder Abschlussprüfung geben können. In Form, methodisch-didaktischer Kommentare liefert es Ihnen den Trainer samt Trainingsgeräten und –einheiten hinzu –Lernhilfen und Lösungen inklusive. Nur: das **Trainieren** müssen sie selbst bewältigen!
- 2.) Ein gutes Fitness-Studio stellt neben den Geräten auch ein **Feedback vom Trainer** – so wie dieses Trainingsbuch den zweiteiligen Lösungsteil an jedem Kapitelende. Er enthält nicht nur eine **Lernzusammenfassung**, er bietet auch **Lernhilfen** an, **Lösungshinweise** sowie **komplette Lösungen** zu jeder der Testfragen und Übungsaufgaben.
- 3.) Dieses Buch ist also wie ein gutes Fitness-Studio für den/die Lernende – jedoch nochmals: hierin **trainieren** müssen Sie selber! Ein Extraheft aus dieser Reihe bringt deshalb mit **Tipps zu Lern- und Arbeitsmethoden** in der Chemie.

### Ergänzende Hinweise:

In Schulbüchern und Lernhilfen wie z.B. auch in der Reihe „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“ bieten die Kapitel in der Regel zunächst **Einführungen** („In diesem Kapitel“ oder ähnlich) mit Lernvoraussetzungen und **Merksätzen** („Wichtig zu wissen“), dann **Überlegungs-, Übungs- und Trainingsaufgaben** („Wissen testen“) und danach eine kurze **Lernzusammenfassung** („Noch einmal in Kürze“).

Die **Lernhilfen, Lösungshinweise und Lösungen** finden sich im Anhang („Richtig gelöst“).

Die Lektüre bzw. das Lernen der Zusammenfassungen am Kapitelende soll helfen, bei einer wiederholten Übung und Bearbeitung der Kapitel-Aufgaben (vor oder auch nach dem Nachschlagen der Lösungen) die Erfolgsquote, also die Anzahl der richtig gelösten Aufgaben, zu erhöhen: **Übung macht den Meister!**

Der etwaige **Schwierigkeitsgrad der jeweiligen Aufgabe** ist z.B. wie folgt gekennzeichnet:

- |                                                                                                             |                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>                       | <b>relativ leicht</b> (hier z.B. Grundwissen berufliche Bildung und Sekundarstufe I oder II)  |
| <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>            | <b>mittlerer Schwierigkeitsgrad</b> (Leistungskurs Sekundarstufe II bis Abitur, Berufsschule) |
| <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> | <b>relativ schwer</b> (Grundstudium Chemie oder Labor-Praxis im Chemieberuf)                  |

Übrigens: Viele Lernerfolge begeistern und machen fit, nicht nur für Studium und Berufsleben! In diesem Sinne wünscht der Autor Erfolg, aber auch viel Freude an den folgenden Rätseln, Quiz- und Prüfungsfragen zum Knobeln, Üben und Trainieren, beim Sortieren und Chemie-Lernen für Schule, Studium und Beruf!



# 1 Lernen – ein Kennenlernen und Problemlösen

Was ist Lernen? Wenn man sich z.B. im Internetlexikon wikipedia informiert, dann findet man im entsprechenden wiki (Lexikonartikel) folgende Antwort:

„Unter Lernen versteht man den absichtlichen (intentionales Lernen) und den beiläufigen Erwerb von neuen Fertigkeiten (Kompetenzen). Der Lernzuwachs kann sich auf geistigem, körperlichem, charakterlichem oder sozialem Gebiet ereignen. Aus lernpsychologischer Sicht wird Lernen als ein Prozess der relativ stabilen Veränderung des Verhaltens, Denkens und Fühlens aufgrund von Erfahrungen oder neu gewonnenen Einsichten und des Verständnisses (verarbeiteter Wahrnehmung der Umwelt oder Bewusstwerdung eigener Regungen) aufgefasst.“

Und zum allgemeinen Lernziel aller Lernvorgänge heißt es dort: „Die Fähigkeit zu lernen ist für Mensch und Tier eine Grundvoraussetzung dafür, sich den Gegebenheiten des Lebens und der Umwelt anpassen zu können, darin sinnvoll zu agieren und sie gegebenenfalls im eigenen Interesse zu verändern. ... So ist für den Menschen die Fähigkeit zu lernen auch eine Voraussetzung für ein reflektiertes Verhältnis zu sich, zu den anderen und zur Welt.“

Die Biologie gibt uns also vor, wie und warum wir lernen – sei es nun allgemein in Alltag und Leben oder im Hinblick auf eine kommende Klassen- oder Prüfungsarbeit in Mathematik oder Naturwissenschaften. Es ist immer das Gleiche. Es geht immer darum, Probleme zu lösen und Aufgaben zu bewältigen, indem man Bekanntes auf Neues anwendet oder damit verknüpft. Imitation und *try and error* - so lernt man also z.B. auch die „Berechnung von Stoffmengen, -umsätzen und -ausbeuten bei chemischen Reaktionen“: Die Regeln lernen (Repetition: Wiedergeben der Regeln, zugehörige Anwendungsbeispiele ansehen, Anwendung der Regel verstehen) und einüben (Transfer: auf neue Beispiele anwenden). Und: Ein nachhaltiger, bleibender Erfolg ist das Ziel. Das Ganze soll dabei vom Ultrakurzzeitgedächtnis natürlich in das Kurz- und das Langzeitgedächtnis gelangen – was also nur gelingen kann, wenn das Einüben des Gelernten mehrmals wiederholt wird (Langzeit-Gedächtnis).

Wie informiere ich mich darüber, was „Lernen“ überhaupt ist?

## !!! Beispiel

Lesen Sie folgenden Artikel „Lernen“ ganz (oder Kap. 1 dieses Arbeitsbuches) und fassen Sie seinen Inhalt zusammen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Lernen>

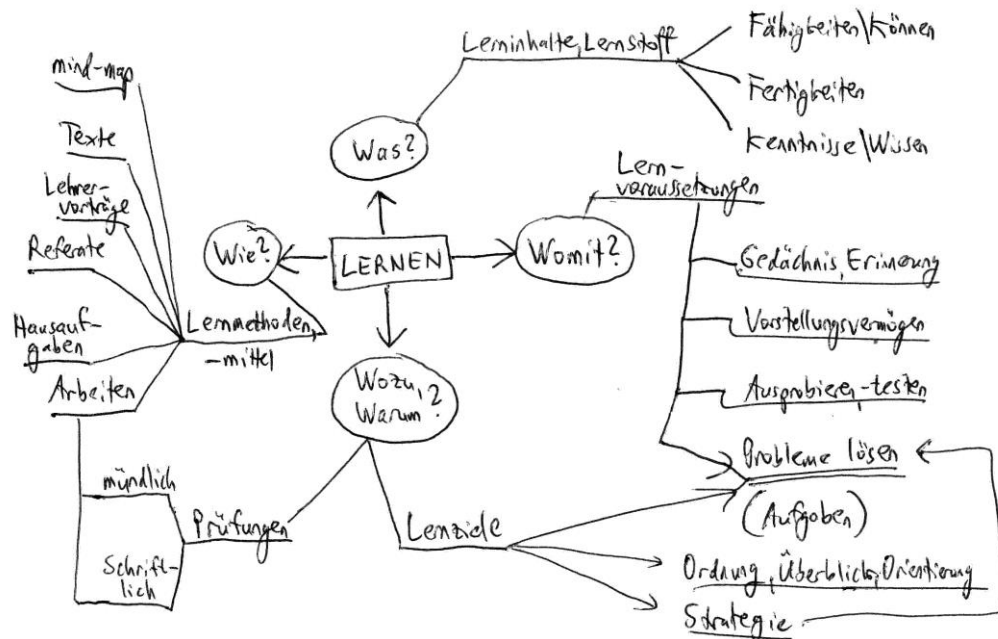
Wenn Sie ihn zusammenfassen können, dürfte das Lernziel „Mich informieren“ erreicht sein (was nur geht, wenn zuvor auch die folgende Lernvoraussetzung gegeben war: Einen längeren Text verstehen und zusammenfassen können – ansonsten müsste zunächst diese Arbeitsmethode gelernt und eingeübt werden).

Die Ergebnisse eines Lernprozesses sind von den Lernenden nicht immer in Worte fassbar oder eindeutig messbar. In der Ausbildung wird versucht, die **kognitiven** Lernerfolge mit den allseits bekannten, nicht immer beliebten Lernerfolgskontrollen zu messen: Tests, Arbeiten, Prüfungen.

Warum wollen und sollen wir lernen – und wie geht das? Dieses Arbeitsheft will darauf eine Antwort geben und viele Hilfen für das Lernen in Schule und Studium anbieten.

# 1.1 Umgebung Kennenlernen (Biologische Grundlagen des Lernens)

Lernen erfolgt in einem größeren Zusammenhang. Lernende an einer Schule würden ihn zum Beispiel in einer mind map so darstellen:



Doch auch Haustiere und Kleinkinder können schon bestimmte Verhaltensweisen lernen – ganz ohne „Klassenarbeiten“ und „Hausaufgaben-Kontrollen“. Kleinen Kindern macht es sogar riesig Spaß, das Krabbeln und Laufen zu lernen! Warum? Und wozu wollen wir „lernen“?

Lernen bringt uns voran, nicht nur als Kleinkind beim Krabbeln-Lernen. Manchmal lernen wir auch nichts dazu oder verstehen etwas falsch. Das bekommen wir dann zu spüren: Wir irren uns und werden von Anderen überholt. Es ist also wichtig, immer dazuzulernen. Wer nichts mehr dazulernt wird abgehängt. Das motiviert, auch bei Misserfolgen weiter lernen zu wollen. In der Gruppe kann man sich dabei sogar gegenseitig helfen – durch Nachahmen und im Austausch von Lerntipps zum Beispiel.

Lernen erfolgt nicht nur im Kopf. Man braucht den ganzen Körper dazu, und je mehr Sinnesorgane, desto besser. Wir lernen unsere Umgebung kennen, lernen, uns in ihr fortzubewegen und zu orientieren. Pflanzen wachsen dem Licht entgegen, Amöben streben einem Nährstoff zu oder fliehen vor einer Gefahr. Um reagieren zu können, müssen wir alle unsere Umgebung wahrnehmen (Sinnesorgane). Wir glauben, wir nehmen die Welt genau so wahr, wie sie ist, doch das ist eine Illusion. In unserem Gehirn wird das Bild von der Umgebung aus Bausteinen zusammengefügt. Lücken zwischen den Puzzlesteinen werden mit Erfahrungswissen ausgefüllt (was z.B. bei optischen Täuschungen passiert). Optische Täuschungen beruhen darauf, dass Wahrnehmung auf unvollständiger Information beruht.

Unsere Wahrnehmung wird außerdem von unseren Interessen geleitet – sie vergrößern oder verringern unsere Aufmerksamkeit. Das Gehirn macht es uns auf diese Weise möglich, schneller zu reagieren. Es füllt Wahrnehmungslücken mit Erfahrungen auf, um schneller zu einem Ergebnis zu kommen. Es erstellt ein Bild von der Welt für uns, eine „Landkarte“ unserer Umwelt. Räumliche Orientierung, zielsicheres Navigieren – das sind Leistungen unseres Gehirns. Ratten finden den Weg durch ein bereits erkundetes Labyrinth schneller – sie haben die „Karte“ schon „im Kopf“. Vögel nutzen das Erdmagnetfeld oder die Bewegungen von Sonne und Sternbildern als Orientierungshilfen. Wer sein Orientierungsvermögen nicht trainiert und z.B. immer sein Navi einschaltet statt sich auf das Gedächtnis zu verlassen, der wird sich bald nicht mehr allein orientieren können – das Gehirn legt im Kopf keine Landkarten mehr an.

## 1.2 Erinnern lernen – Nach-Denken und Gedächtnis

Das Gehirn speichert unser Wissen – von der Umgebung, vom Verhalten unserer Mitmenschen, von Gegenden, Tieren, Geräten, Themen und Zeiten. Erlernte Inhalte und Fähigkeiten werden im Gedächtnis abgelegt – zur Erinnerung, zum Nach-Denken, zum späteren Abrufen bei Bedarf. Die elektrischen Erregungsmuster unserer Nervenzellen gelangen für einige Minuten bis Stunden in das Kurzzeitgedächtnis. Über Nacht, vielleicht sogar durch das Träumen, gelangen die Eindrücke des Tages in das Langzeitgedächtnis. Hier werden sie biochemisch gespeichert, unter Umständen sogar ein Leben lang. Dabei gehen zwar Einzelheiten verloren, auch aber wenn z.B. einzelne Worte eines entscheidenden Gespräches vergessen werden, der Inhalt bleibt in Erinnerung. Die Erinnerungen sind wie Puzzleteile im Kopf, sie können verändert und umgruppiert werden (Erinnerungen sind nie perfekt, Verwechslungen sind möglich!), denn die Erlebnisse und Erinnerungen bestehen aus einzelnen Sinneseindrücken. Einige davon – die „Wichtigen“ – sind im Langzeitgedächtnis gespeichert worden, in der jeweiligen Sinnesrinde der Großhirnrinde.

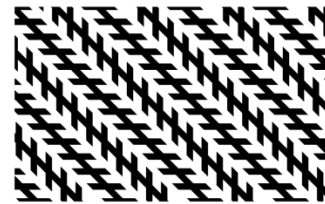
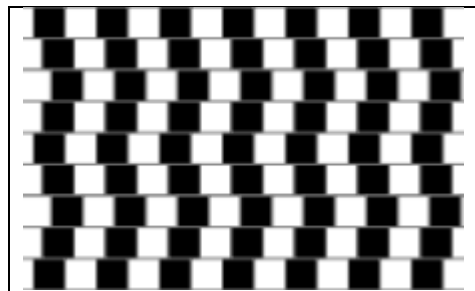


Abb. 1.1: Zwei visuelle Illusionen: Die waagerechten Linien im oberen Bild sind nicht keilförmig, sondern exakt parallel. Im unteren Bild scheinen die diagonalen Linien in ihrem Verlauf zueinander geneigt zu sein, tatsächlich aber sind sie parallel (Bild-Quelle: Fibonacci, jeweils eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1788689> und [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zollner\\_illusion.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zollner_illusion.svg))

### !!! Wichtig zu wissen

Das Gedächtnis ist die Fähigkeit der Nervensysteme von Lebewesen, aufgenommene Informationen umzuwandeln, zu speichern und wieder abzurufen.

## 1.3 Sprechen lernen

Sprache ist ein Werkzeug, um uns in der Gemeinschaft zu verständigen: Wir geben Informationen an Andere weiter, um gemeinsam Ziele erreichen zu können. Sprache ist alles, was Kommunikation ermöglicht: Gesten, Mimik, Laute, Symbole, elektrische, akustische und optische Informationen. Man kann Laut-, Körper- und Programmiersprache, natürliche und konstruierte (künstliche) Sprachen unterscheiden. Sogar im Tierreich gibt es Zeichensysteme und kommunikative Handlungen (z.B. die schwarzgelb gestreifte Tracht bestimmter Insekten als Warnzeichen für „Ich bin giftig!“). Wir Menschen lernen kommunizieren, von Anfang an: verbal (Muttersprache) und nonverbal (Körpersprache).

Laut- und Zeichensprache erlernen zu können gilt als Zeichen von Intelligenz. Wale und Delfine besitzen eine Lautsprache, Schimpansen und Bienen eine Zeichensprache („Bientanz“). Selbst künstliche Intelligenzen mit Spracherkennungssystemen sind bereits entwickelt worden, die lernen, uns zu verstehen und zunehmend genauer zu antworten – ein Zeichen von Intelligenz.



Abb. 1.2: Körpersprache, hier: Der Ausdruck von Angst (Bildquelle: Von Victor Bezrukov - Port-42, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10465998>)

## 1.4 Empathie und Soziale Intelligenz

Einfühlungsvermögen (Empathie) ist die Fähigkeit und Bereitschaft, bei einer anderen Person Gefühle, Empfindungen, Gedanken und Motive erkennen und nachempfinden zu können. Auch das ist eine Intelligenz-Leistung: Wir erkennen beim Gegenüber Gefühle und entwickeln Mitleid, Trauer, Schmerz oder Hilfsbereitschaft. Grundlage der Empathie ist auch die Selbstwahrnehmung: Je offener jemand für eigene Gefühle ist, desto treffsicherer kann er auch die Gefühle anderer deuten, ihre Absichten verstehen. Kooperieren und helfen ohne das Vergessen eigener Interessen ist ein Ausdruck von Intelligenz. Raben, Wölfe, Gorillas, Hunde – viele Tiere stellen sich einführend und hilfsbereit auf Andere ein, um so gemeinsam Ziele erreichen zu können. Künstliche Intelligenzen hingegen sind bei solch komplexen, sozial-intelligenten Verhaltensweisen schnell überfordert.

Soziale Strategien z.B. für die Teamarbeit zu entwickeln, das beansprucht die Großhirnrinde ungemein. Das Gehirn meistert dabei zwei Aufgaben: Den puren Eigennutz (z.B. auf der Suche nach einem Partner, Anerkennung oder Geld) und das Sich-Hineinversetzen in Andere (zum Einordnen in eine arbeitsteilige Gesellschaft mit Hilfe von Vertrauen, Hilfsbereitschaft, Regelkenntnissen und Mitgefühl sowie Vermutungen, die auf Grund von Annahmen gebildet werden, notfalls auch ohne Beweise vorliegen zu haben).



Abb. 1.3: Trösten können – ein Zeichen emotionaler und sozialer Intelligenz (Bildquelle: Jack House, flickr.com; über: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:There%27s\\_no\\_crying\\_in\\_baseball!\\_\(4549295140\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:There%27s_no_crying_in_baseball!_(4549295140).jpg) mit Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic Lizenz)

## 1.5 Probleme analysieren und lösen

Die Voraussetzung für Intelligenz ist die Fähigkeit zu lernen und dazulernen. Wer sein Handeln flexibel bestimmten Situationen anpassen kann, der entwickelt das problemlösende Denken. Das Benutzen eines Werkzeuges kann z.B. durch Ausprobieren gelernt werden oder durch Unterweisung (ein Lehrer „bringt etwas bei“). Andere Arten von Lernen geschehen unbewusst, so ler-

nen und wissen z.B. Kinder schon vor der Geburt, wie die Stimme der Mutter klingt – und dass sie keine Bedrohung darstellt, auf die mit Angst, Flucht oder Gegenwehr reagiert werden muss.

Wer neue Probleme durch Nach-Denken und Ausprobieren lösen kann, der wendet bekannte Strategien auf eine neue Situation an, ein neues Problem. Delfine, Kraken, Krähen und Menschenaffen benutzen z.B. Werkzeuge, und Kakadus und Schimpansen können Situationen untersuchen („analytisches Denken“) und im Vorfeld planen (Lösungen entwickeln, aus- oder nachdenken), wie man z.B. aus einem Labyrinth entweichen oder ein Schloss öffnen kann. Vorstellungskraft, Planungsvermögen und Ideen ermöglichen, sinnvoll etwas Neues zu erschaffen. Kreativität ist sozusagen ein Produkt der Evolution: Die Fähigkeit, Probleme zu lösen, war ein Überlebensvorteil bestimmter Arten und Gruppen – bis hin zum Sport.

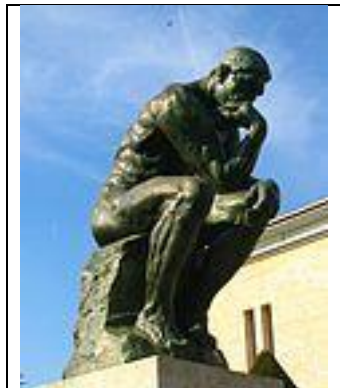


Abb. 1.4: Auguste Rodin: Der Denker (Bildquelle: Die Autorenschaft wurde nicht in einer maschinell lesbaren Form angegeben. Es wird angenommen, dass es sich um ein eigenes Werk handelt (basierend auf den Rechteinhaber-Angaben), Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=393003>)

### !!! Beispiel

Der 1997 von IBM entwickelte Schachcomputer „Deep Blue“ besiegte den Schachweltmeister Garri Kasparow, der einen IQ-Wert von 190 aufwies. Der Rechner konnte 200 Millionen Schachpositionen pro Sekunde durchrechnen und mit 700000 Zügen in seinem Speicher vergleichen. Aber er war weder denk- noch lernfähig. Er hatte auch kein künstliches Neuronales Netz und war in seinen Leistungen völlig von seinem Programmierer abhängig.

Ob künstliche Intelligenzen auch künstlerisch kreativ sein können, darüber gehen die Meinungen auseinander. Zumindest können sie Lösungsstrategien für Probleme und Aufgaben entwickeln, für die ihnen entsprechende Programme und Algorithmen eingebaut wurden.



Abb. 1.5: Schach-Spielfeld und Schachfiguren-Symbole

(Bildquellen: Links Deutscher Fernschachbund e.V. ,  
über: <http://www.bdf-fernschachbund.de/neuhier/faqfs.htm>, gemeinfrei,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=945911>, rechts: User:Monedula - en.wikipedia,  
über: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chess\\_symbols.PNG?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chess_symbols.PNG?uselang=de), gemeinfrei,)

## 1.6 Künstliche Intelligenz

In „neuromorphen Computern“ versucht man, den Aufbau von Netzwerken aus Nerven- und Gehirnzellen nachzuahmen. Diese Systeme lernen dadurch, dass sie künstliche Neurone neu verknüpfen, bestimmte Verknüpfungen verstärken und andere wieder auflösen. Die Hardware wird dadurch schrittweise immer weiter verbessert – so wie das neuronale Netz im lernenden Gehirn.

Ein System mit künstlicher Intelligenz kann sich z.B. selbständig orientieren. Ein solches System war der NASA-Marsrover „Curiosity“. Ein Funkbefehl zur Kurskorrektur des u.U. an einem Abhang vom Abrutschen bedrohten Fahrzeuges wäre schnell erforderlich. Auf Grund der astronomischen Entfernung wäre er jedoch über acht Minuten unterwegs gewesen. Also musste das Fahrzeug autonom navigieren können. Er bekam mehrere Kameras, um Bilder von der Umgebug aufnehmen zu können, eine Software zu deren Auswertung und eine weitere Software, um sich für den sichersten Weg entscheiden zu können, z.B. wenn Funkstörungen auftreten oder lange Fahrten anstehen. Curiosity kann zudem seine Gesteinsproben selbständig nach Größe und Farbe auswählen und deren Zusammensetzung über einen Lasersensor untersuchen.

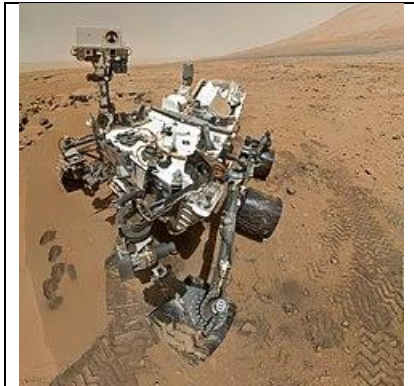


Abb. 1.6: Marsrover „Curiosity“ (Bildquelle: NASA, gemeinfrei, über: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PIA16239\\_High-Resolution\\_Self-Portrait\\_by\\_Curiosity\\_Rover\\_Arm\\_Camera\\_square.jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PIA16239_High-Resolution_Self-Portrait_by_Curiosity_Rover_Arm_Camera_square.jpg?uselang=de))

## 1.7 Verhalten steuern lernen (Bewusstes und Unbewusstes/Ich-Bewusstsein)

Ein Marsrover wird über seine Software-Programme gesteuert – Menschen weisen die Fähigkeit zu bewusstem Erleben auf (Bewusstsein). Alles was wir erleben, hat Ursachen und Wirkungen. Sie lösen dadurch ein bestimmtes Verhalten aus, mentale Zustände. Zudem gibt es das Ich- oder Selbstbewusstsein: Das Bewusstsein seiner selbst als ein Ich, Subjekt oder Individuum sowie ein Bewusstsein von den eigenen Gedanken, Emotionen oder mentalen Zuständen (Bewusstheit). Ein Ich-Bewusstsein kommt nicht nur beim Menschen vor – auch Orang-Utans, Schimpansen, Rhesus-Affen, aber auch Schweine, Delfine, Elefanten und einige Rabenarten zeigen an ihrem Verhalten, dass sie sich im Spiegel erkennen.

Das Verhalten umfasst alle Aktivitäten und körperlichen Reaktionen eines Menschen oder Tieres, die sich beobachten oder messen lassen. Auch bestimmte Körper-Reaktionen gehören zum „Verhalten“ aufgefasst (z. B. Zittern, Schwitzen) und werden von unbewussten „Reflexen“ unterschieden. Bestimmte Aspekte des Erlebens (z.B. kognitive Vorgänge) zählen ebenfalls als Verhalten. Die Steuerung des Verhaltens eines Menschen kann bewusst oder unbewusst geschehen. Unser Gehirn trifft oft Entscheidungen, ohne dass wir darüber nachdenken. „Kindchenschema“, erotische Bilder, kräftige Farben und Blinklichter können Aufmerksamkeit erregen und Gefühle erzeugen, die unser Verhalten lenken (und uns z.B. vom Lernen ablenken). Auch Wiederholungen prägen sich in unser Gedächtnis ein und werden in das Verhalten eingebaut, ohne dass man darüber nachdenkt (z.B. schlechte Gewohnheiten). Wir übernehmen ungefragt u.U. auch unsinnige Verhaltensweisen, die uns die Gruppe vormacht (z.B. Propaganda, Werbung). Das verleitet Manche dazu, sich gegen die eigenen Interessen zu entscheiden: Was Andere sagen und tun, das kann unser Verhalten lenken: Wir sind niemals absolut frei und autonom.

## 1.8 Veränderung und Anpassung

Lebensformen, die sich durch die Fortentwicklung der Arten an ihre Umwelt angepasst haben, hatten gegenüber anderen Arten einen Vorteil: Sie überlebten (Evolution durch Mutation und Selektion). Eine noch schnellere Anpassung bieten Lernvorgänge: Als einige Arten in der Eiszeit ausstarben, lernte z.B. der Mensch, das Feuer zu nutzen. Veränderung (hier: im Verhalten) kann durch aktives, bewusstes Lernen (hier: durch das Ausprobieren einer Entdeckung) schneller erfolgen als durch unbewusste Anpassung. Fühlen und Denken (also Sich-Einfühlen und Nach-Denken) gehören zum Lernen – das bringt uns voran.

„Denken“ (Kognition), das sind alle Vorgänge, mit denen wir aus einer inneren Beschäftigung mit Begriffen, Erinnerungen und Vorstellungen Erkenntnisse gewinnen wollen. Die Denkprozesse sind oft unbewusst, nur die Endprodukte des Denkens, die Gedanken, gelangen ins Bewusstsein. Unsere Gedanken beeinflussen unser körperliches Wohlbefinden, so wie umgekehrt Bewegung, gute Ernährung und positives Denken unsere Gesundheit fördern und erzeugen Glücksgefühle („psychosomatische“ Zusammenhänge). Daher gilt auch beim Lernen: Wichtig ist, dass wir darauf achten, uns wohl zu fühlen. Gefühle sind schnelle Entscheidungshilfen. Sie haben sich in der Evolution aus den Instinkten entwickelt und bewährt.

## 1.9 Kognitives Lernen

Gedanken sind Erkenntnisse. „Kognitives“ Lernen zielt auf eine Erweiterung der kognitiven Fähigkeiten eines Menschen ab. Dazu gehören seine Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, das Erinnern und Lernen, Problemlösen, Kreativität und Vorstellungskraft, das Planen und Orientieren, das Argumentieren, die Selbstbeobachtung und sogar der Wille und das Glauben (das Fürwahrhalten ohne methodische Begründung oder Beweisführung). Auch Gefühle (Emotionen) haben einen kognitiven Anteil.

Kognitives und soziales Lernen wird in der Schule durch bestimmte Arbeits- und Lernmethoden angeregt und eingeübt. Daher geht es im nächsten Abschnitt um diese Methoden: das Lernen lernen.

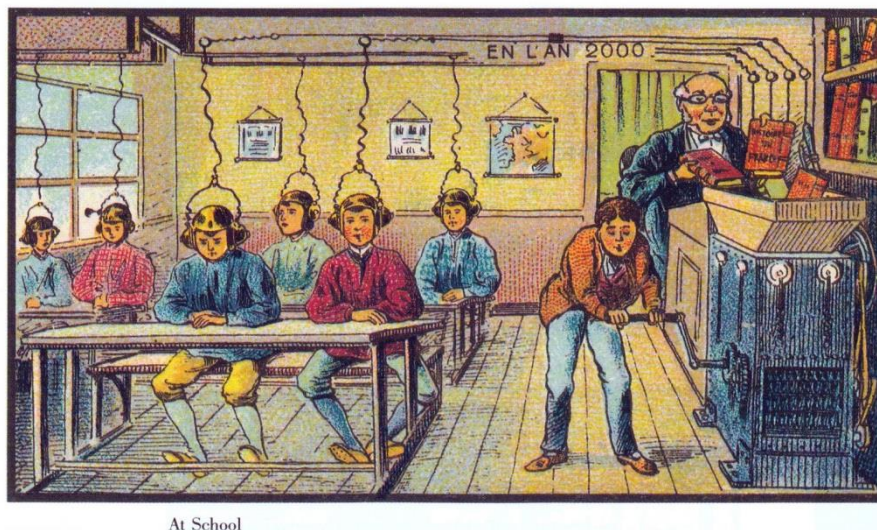


Abb. 1.7: So stellte man sich um 1900 das Lernen im 21. Jahrhundert vor

(Bildquelle: Von Jean Marc Cote (if 1901) or Villemard (if 1910), gemeinfrei, über: <http://publicdomainreview.org/2012/06/30/france-in-the-year-2000-1899-1910/> - A reproduction of the early 20th century, scan / Репродукция, скан бумажной карточки, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15852242>)



## 2 Das Lernen lernen: Arbeits- und Lernmethoden in der Schule

Kleinkinder entdecken Tag für Tag Neues, ganz ohne Anstrengung, und es macht ihnen riesigen Spaß. Sie krabbeln, untersuchen, entdecken und probieren oft bis zur Erschöpfung. In der Schule dann das Gegenteil: die Lust am Lernen ist weg, kaum jemand weiß, wie man motiviert und erfolgreich lernen soll (effektive Lerntechniken beherrschen) und die Erinnerung an Vokabeln, Fremdwörter, Fachbegriffe und „ZDF“ (Zahlen, Daten, Fakten) ist futsch. Lernen ist plötzlich Arbeit statt Spaß – das Wort „Lernspaß“ wird zum „Paradoxon“ (so nennt man widersprüchliche Aussagen wie z.B. kaltes Feuer oder trockenes Wasser).

Warum fällt das Lernen plötzlich schwer? Was kann man tun, damit das Lernen wieder Spaß macht und sich ein bleibender (!) Lernerfolg einstellt? Aus Fehlern wird man klug. Vielleicht sollte die Frage also auch lauten: Welche Fehler wurden beim Lernen gemacht, so dass das Lernen spaß- und erfolglos blieb? Wie kann man das Lernen lernen – und wie nicht?



Abb. 2.1: Einschulung 1966 (Eig. Bild)

### 2.1 Warum fällt das schulische Lernen oft schwer?

Lernen geschieht im Gehirn. Die rechte Gehirnhälfte, vereinfacht gesagt, kümmert sich um das Bildliche, die Linke um das Sprachliche. Um richtig gut lernen zu können, sollten beide Gehirnhälften beteiligt werden. Wenn die rechte Gehirnhälfte sich ein Horror-Bild davon ausmalt, wie langweilig, mühsam und erfolglos das Lernen in und für die Schule ist, dann fällt die Konzentration unendlich schwer. Wer hingegen erfolgreich lernt, kann sich selbst motivieren und die eigene Vorstellung verändern: Erfolgreich Lernen kann mich voranbringen und Spaß machen!

| Lern-Förderer – wie Lernen Spaß macht                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Lern-Killer – wie ich es mir vermiesen kann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ich muss nicht die Beste/der Beste sein. Ich möchte aber mein Bestes geben.</li> <li>• Vieles gelingt mir, wenn ich mich darum bemühe.</li> <li>• Ich gebe nicht auf.</li> <li>• Wenn ich etwas nicht verstehe, frage ich einfach nach.</li> <li>• Ich kann mein Gedächtnis trainieren.</li> <li>• Das ist eine schwierige Aufgabe, aber wenn ich mich konzentriere, habe ich eine gute Chance, die Aufgabe zu lösen.</li> <li>• Es ist nicht schlimm, wenn ich einen Fehler mache.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ich habe sowieso alles vergessen.</li> <li>• Wenn ich einen Fehler mache, bin ich ein Versager.</li> <li>• Das lerne ich nie!</li> <li>• Ich kann üben so viel ich will, ich werde doch nicht besser. Das schaffe ich sowieso nicht.</li> <li>• Es hilft nichts. Ich gebe auf.</li> <li>• Andere können alles besser als ich. Warum soll ich mich überhaupt anstrengen?</li> <li>• Das macht keinen Spaß.</li> <li>• Das mache ich morgen.</li> <li>• Ich habe Kopfschmerzen.</li> </ul> |

## 2.2 Was brauche ich zum Lernen?

Der Rektor einer Schule bescheinigte den Eltern des späteren Chemikers Justus von Liebig, er sei die Plage aller Pädagogen. Der Vater steckte ihn daher in eine Apothekerlehre und nahm ihn von der Schule. Als er mit seinem Hobby Chemie den Dachstuhl des Apothekers in die Luft gesprengt hatte, kannte sein Interesse für die Chemie keine Grenzen mehr ... Zum Lernen braucht es Motivation, Begeisterung. Wie kann ich diese erreichen?

Wenn Lernen Spaß machen, also erfolgreich sein und mich voranbringen soll, dann sollte ich dazu bzw. dabei vielleicht zunächst Folgendes versuchen:

1. Ruhe und Wohlfühlatmosphäre schaffen,
2. Positiv denken,
3. Ausgeschlafen und gesund ernährt sein,
4. meinen Lerntyp kennen,
5. einen Lernplan erstellen,
6. mich ausgiebig vorbereiten,
7. regelmäßig üben,
8. abwechslungsreich lernen und kreative Lernmethoden nutzen und
9. erfolgreich auswendig lernen.

Wenn ich also zur falschen Zeit lerne, einseitig und zu viel auf einmal („alles abschreiben“) und mich danach sofort mit Computerspielen „belohne“, dann, da kann ich sicher sein, bleibt nichts im Gedächtnis haften. Hilfreiche Maßnahmen beim Lernen sind also: ein Lernplatz zum Wohlfühlen ohne Ablenkungen durch Handy, Fernseher oder PC, feste Lernzeiten und angenehme Rituale wie z.B. die Tasse Tee oder Kakao, negative Gedanken wie „Kann ich sowieso nicht!“ austauschen gegen „Ich stelle mich der Herausforderung!“ und „ein Problem selbstständig angehen, auch wenn Fehler passieren können“. Schwierigkeiten sind Chancen! Es sollte keinen Stress geben: auf gesunden Schlaf achten, gut zu seinem Körper sein und genug Zeit fürs Lernen einplanen. Die oder der Eine lernt super mit Bildern und Grafiken, die oder der Andere besser das Gehörte – kenne ich meinen eigenen Lerntyp schon? Habe ich für mein Lernen einen Plan gemacht, um den Lernstoff zu bewältigen – mit Vorbereitung, Lern-, Wiederholungs- und Überprüfungsphase – oder versuche ich ohne Zeit und Struktur einfach nur alles „abzuschreiben“? Das, womit wir die wenigste Zeit beim Lernen verbringen, macht übrigens den größten Teil des Lernerfolges aus: die Vorbereitung!

Dann kommt das Lernen selbst: Es ist gut, die Unterlagen konzentriert durchlesen, dann den Inhalte in eigenen Worten wiederzugeben oder zu skizzieren (MindMaps regen beide Gehirnhälften an! „Mogelzettel“ sind gute Zusammenfassungen!), eigene Beispiele zum zu lernenden Thema zu erfinden und am Ende jemandem das Thema zu erklären, z.B. einer Freundin, einem Freund oder Familienmitglied. Wenn man den Lernstoff aufbereitet, bildet das Gehirn sozusagen „Trampelpfade“ – aber wenn man sie nicht nutzt, wuchern sie wieder zu und man vergisst. Was kann man dagegen tun? Man begeht die Trampelpfade immer wieder und baut sie aus. Das regelmäßige Wiederholen schafft quasi „Autobahnen im Gehirn“, direkt ins Langzeitgedächtnis. Aber Achtung: Wenn man ähnliche Inhalte direkt hintereinander lernt, kann man sie schnell wechseln. Und gegen stures „auswendig pauken“ hilft es, den Lernstoff schöpferisch zu gestalten. Man kann Wörter und Vokabeln mit Bildern verknüpfen (die beiden Gehirnhälften!). Man kann Satz für Satz oder Absatz für Absatz auswendig lernen – aber nicht alles auf einmal – und Vokabeln am besten in kleine Themenblöcke sortieren (höchstens sieben), Stoffe in Stoffgruppen und Fachbegriffe in Oberbegriffe zusammenfassen. In jedem Fall sollte das Gehirn seine Chance zum Lernen bekommen, zum Ausbauen der Trampelpfade, indem man das Gelernte regelmäßig wiederholt.

## 2.3 Wie verhindere ich schulische Lernerfolge?

Es ist ganz einfach: Wer das Lernen erfolglos gestalten will, muss es nur aufschieben, bis dass alles auf den letzten Drücker gelernt werden muss (und damit zu viel auf einmal). Ideal ist, wenn man alle 30 bis 45 Minuten eine Pause von 5 bis 15 Minuten macht und den Lernstoff am besten auf mehrere Tage aufteilt. Auch wenn man einseitig lernt, ohne es auszuprobieren, zur falschen Zeit und stumpf abschreibend statt den Text handschriftlich in eigenen Worten zusammenzufassen, dann bleibt das Lernen erfolglos. Am Besten, man „belohnt“ sich direkt nach dem Lernen noch mit einem aufregenden Film und überflutet das Gehirn mit dramatischen und emotionalen Reizen, dann werden wichtige Informationen wie Fachbegriffe, Vokabeln und Regeln gleich wieder gelöscht, neu überschrieben und am Hinübergehen ins Langzeitgedächtnis gehindert – das Nach-Denken fällt aus.

## 2.4 Welche Lerntechniken und –methoden kann ich ausprobieren?

Wir lernen immer – und das Meiste sogar unbewusst. Wir gehen, ohne dass wir den Vorgang im Einzelnen beschreiben können, und wir sprechen, ohne alle angewendeten grammatikalischen Regeln erklären zu können. Das Gehirn findet aus vielen Beispielen einfach die Regel heraus, die es dann anwendet.

Wer einen Lernenden unterweist, ihm etwas „beibringt“, der verändert ihn. Er sorgt praktisch dafür, dass sich Strukturen im Gehirn des Lernenden verändern – seine Identität. Das Gelernte prägt: Die Muttersprache kann in den ersten Lebensjahren am Besten erlernt werden – später lassen sich Versäumnisse nicht mehr ganz ausgleichen. In bestimmten Lebensphasen können (und müssen) bestimmte Inhalte sogar besonders gut erlernt werden (das nennen Wissenschaftler das Synapsenwachstum oder Blooming). Wie aber wird der „Lernstoff“ am Besten aufgenommen?

Wer etwas liest, der behält etwa 10% an Informationen, wer es hört etwa 20%. Wer etwas beobachtet, behält etwa 30%. Durch Hören UND Sehen steigt die Quote auf 70%, aber wer es selbst ausführt, behält 90%: Man sollte also möglichst viele Kanäle benutzen. Die Lerneinheiten sollten auch kurz sein und nicht zu lange am Stück (das Gehirn ist während der Pausen weiter aktiv und verarbeitet die Informationen!). Sie sollten mehrmals wiederholt werden (die Trampelpfade, s.o.!) und neue Begriffe sollten durch inhaltliche, sprachliche oder bildliche Assoziationen verbunden und emotional besetzt werden („Eselsbrücken“, Visualisierungen, eigenständiges Entwickeln von Fragen zum Lernstoff).

Das beste Training aber ist das Simulieren der Prüfungssituation. Eine veränderte Umgebung kann bewirken, dass der Lernstoff nicht mehr abgerufen werden kann, und Ängste und Druck können das Gehirn blockieren. Vielleicht lässt sich eine ähnliche Umgebung herstellen wie die, in der das Gelernte wiedergegeben werden muss? Die Prüfungssituation lässt sich sicherlich nachahmen!

Konkrete Lernmethoden sind:

- Lern(stoff)kartei (statt stumpfes Wiederholen),
- Sortieren und Zusammenfassen des Lernstoffs (Organisation und Hierarchisierung: Es erhöht den Lernerfolg, wenn Begriffe oder Fakten organisiert und bestimmten Kategorien zugeordnet sind!),
- den Lernstoff aktiv erarbeiten.

Texte kann man am Besten lernen, wenn man Übersichten über Kapitel und den Lernstoff erstellt, Lernziele und Fragen zum Einstieg mit Bezug zum vorangegangenen Kapitel / Themen formuliert und im Text Abschnitte mit Überschriften versieht (Gliederung), grafische Elemente und Abbildungen ansieht und am Ende Zusammenfassungen erstellt, Kontrollaufgaben bearbei-

tet und DANACH mit vorgegebenen Lösungen vergleicht. Wenn man einen Text nicht nur einfach liest, sondern sich währenddessen dazu aktiv Fragen stellt und beantwortet oder auch den Text anschließend selbst zusammenfasst, dann erarbeitet man sich den Stoff deutlich aktiver (SQ3R-Methode: *Survey, Question, Read, Recite and Review*):

1. Sich Überblick verschaffen
2. Fragen an den Stoff stellen
3. Lesen (und Betrachten der Grafiken, Diagramme und Abbildungen)
4. Das Gelesene wiedergeben
5. Rückblick auf den Text (Wurden meine Fragen beantwortet oder gibt es etwas, was durch die Fragen noch nicht erfasst wurde?)

Wir lernen mit Bildern. Lerninhalte sollte man so verarbeiten, dass die neuen Informationen mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft werden, denn was im Gehirn nicht mit schon bestehendem Wissen verlinkt werden kann, wird wieder vergessen.

Wir lernen am besten körperlich und konzentriert – also tief durchatmen, gerade hinsetzen und das Durcheinander ringsum möglichst gering halten.

Wir lernen am besten überlegt statt planlos und besser portionsweise statt en bloc (Wer fünfmal eine halbes Stündchen lang lernt, der behält mehr als wer einmal fünf ganze Stunden durchpaukt!). Und: das Gelernte muss sich „setzen“ (Um in Lernpausen zu entspannen möglichst kein Computerspiel machen, denn soeben Gelerntes wird nicht abgespeichert, wenn das Gehirn gleichzeitig mit aufregenderen Dingen gefüttert wird; sich nach dem erreichten Lernziel lieber mit so etwas belohnen wie mit etwas Ausgang oder Sport.). Oft spielt beim Erwerb von Können das Problemlösen eine wichtige Rolle: Ausgearbeitete Lösungsbeispielen helfen nachvollziehen zu können, wie ein anderer bei der Lösung eines Problems oder einer Aufgabe vorgegangen ist. Das Üben von Prüfungsaufgaben ist eine erfolgreiche Lernstrategie: Beim Abrufen des Wissens strukturiert sich dieses noch einmal um und man lernt die Inhalte dadurch noch besser. Wer versucht, Lehrervorträge oder Stundeninhalte mit dem Laptop Wort für Wort mitzutippen statt die Informationen in eigene Worten zu fassen, der bringt sich um diese Chance. Von Hand und somit mitdenkend mitzuschreiben, das ist wie ein Spickzettel: Man fasst zusammen und macht sich Gedanken, was das Wesentliche ist. Was man sich selbst erarbeitet, zusammengefasst und noch einmal wiederholt hat, das kann man sich besser merken – und der Spickzettel wird während der Arbeit oder Prüfung überflüssig. Begabung spielt selten die zentrale Rolle, aber wer richtig lernt, kann sehr viel erreichen. Durchhaltevermögen, Leistungsbereitschaft und gute Lerntechniken führen zum Ziel.

Aus dem Gesagten folgt, was ungut ist: Wenn der neue Lernstoff nicht in Verbindung mit bereits Bekanntem gebracht wird (Nichtssagende, fremde Fachbegriffe ohne Erklärungen und Beispiele aus dem eigenen Erfahrungsbereich), er wird zu unübersichtlich, verwirrend oder sprachlich zu kompliziert dargeboten (Der Lehrer, der seine Schüler mit einem Allzuviel an Wissen „erschlägt“ oder seinen Schülern hintereinander gleich mehrere Lösungsansätze an der Tafel vorführt, statt sie ausprobieren zu lassen).

## 2.5 Wie kann ich mir etwas besser merken? (Gedächtnistechniken)

Um sich Fakten leichter einzuprägen kann man z.B.:

- die zu lernenden Begriffe wie die Glieder einer Kette so aneinander hängen, dass die richtige Reihenfolge erhalten bleibt (Beispiel Reiseroute: Bahnhof – Park – Kirche – Café – Hotel – See),
- die zu lernenden Begriffe in eine möglichst lustige und ausgefallene Geschichte packen,
- die wichtigen Begriffe mit bestimmten Orten verbinden,
- Reime bilden („Eselsbrücken“ wie „333: bei Issos Keilerei“) oder Sachverhalte mit einer bekannten Melodie unterlegen (Lieder prägen sich leichter ein!).

## 2.6 Welche Lerntipps helfen mir weiter?

Daher abschließend noch einmal die hieraus folgenden Lerntipps:

1. Beim Lernen sollte das Moment der Entdeckung („Aha-Erlebnis“) und der Freude im Mittelpunkt stehen, denn Angst ist ein schlechter Lehrmeister.
2. Jeder hat am Tag bestimmte Leistungsspitzen – nutze sie zum Lernen.
3. Jeder Lernstoff hat einen positiven Inhalt, eine positive Verpackung oder positive Seiten und Verbindungen – suche sie.
4. Lernen ist ein Überführen und Abspeichern von Informationen ins Langzeit-Gedächtnis, indem wir den Lernstoff zunächst in Beziehung zu bereits Bekanntem setzen und dann dieses „Verknüpfen“ einige Male wiederholen, das Einsortieren einüben (Beispiel einer „Blockbildung“:  $\text{Arme} + \text{Beine} + \text{Rumpf} + \text{Kopf} = \text{Körper}$ ; der Lernstoff kann in ein schon vorhandenes Netz von Informationen hineinfallen und mit ihm verbunden werden (z.B. durch Auswahl, Vergleich, Verbinden, Miteinbeziehen, Vereinfachen, Hierarchiebildung und gedankliche Verallgemeinerung)
5. Die o.g. Blockbildung sollte bewusst eingeübt werden, denn gut strukturierter Lernstoff wird viel leichter behalten als unstrukturierter.
6. An den Lernvorgängen sollten möglichst viele Sinnesorgane / Eingangskanäle beteiligt sein.
7. Ähnliches sollte nicht direkt nacheinander gelernt werden (Verwechslungsgefahr).
8. Lernstoff sollte stressfrei und portionsweise aufgenommen statt aufgeschoben und dann am Ende schnell, unter Druck und im Ganzen hinabgewürgt werden.

## 2.7 Wie und wozu soll ich Hausaufgaben erledigen?

Im Bearbeiten der Hausaufgaben liegt also eine Fülle von Chancen:

- Übungsaufgaben können das im Unterricht erarbeitete Wissen vertiefen und festigen.
- Anwendungsaufgaben können helfen, das gelernte Wissen und die erworbenen Fähigkeiten auf neue Lernsituationen zu übertragen.
- Sie können, vor allem in den geistes- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächern, der Vorbereitung der Unterrichtsarbeit dienen.
- Sie ermöglichen, den eigenen Lernerfolg zu kontrollieren, Lücken festzustellen und diese durch Rückfragen im Unterricht oder bei Mitschülern auszufüllen.
- Sie können zu selbstständiger Arbeit hinführen und diese einüben.

Wie beim Lernen so empfehlen sich auch hier die o.g. Tipps wie z.B. das Gliedern in Aufwärm-, Konzentrations-, Lese- und Wiederholungsphase, Pausen beachten und Abwechslungen schaffen z.B. zwischen verschiedenen Stoffgebieten oder Methoden, Festen Arbeitsplatz und regelmäßige Arbeitszeiten vorsehen. Je länger die Hausaufgabenzeiten, desto länger sollten auch die Pausen werden. In den Arbeitspausen dazwischen könnte man sich körperlich entspannen (sich räkeln, Muskeln anspannen, auf der Stelle laufen...), etwas trinken und Obst essen, eine Phantasiereise machen (Augen schließen, vielleicht Musik hören, sich dabei an einen angenehmen Ort versetzen...), kurz rausgehen oder etwas malen.

Hausaufgaben lassen sich am Besten in sieben Schritten erledigen:

1. Aufgaben im Hausaufgaben-Heft („HA-Heft“) notieren
2. Ausgeruht an die Hausaufgaben gehen?
3. Vor Beginn in das HA-Heft sehen
4. Mit einer Aufgabe beginnen, die leicht fällt
5. Angefangene Aufgaben zu Ende führen und vor Beginn der nächsten Aufgabe kontrollieren
6. Erledigte Aufgabe im HA-Heft abhaken und nächste Aufgabe beginnen, ggf. nach erledigter Aufgabe kurz mit Erholungspause belohnen
7. Nach den Hausaufgaben die Schultasche für den nächsten Tag packen (Stundenplan und Hausaufgaben-Heft beachten: Habe ich an alles gedacht?)

## 2.8 Wie protokolliere ich und schreibe mit?

Es gibt drei Arten von Unterrichtsmitschriften: Verlaufsprotokoll, Ergebnisprotokoll und Stundenprotokoll. Das Verlaufsprotokoll gibt einen Vortrag oder eine wörtliche Rede nur sinngemäß und verkürzt wieder (Wichtiges von Unwichtigem unterscheiden, nicht jedes einzelne Wort des Sprechers aufschreiben, die verschiedenen Thesen und Argumente innerhalb einer Diskussion oder die einzelnen Schritte, die zur Ergebnisfindung beigetragen haben wiedergeben). Das Ergebnisprotokoll nennt das Ergebnis einer Sitzung und beschreibt von ihm aus Perspektiven für das weitere Vorgehen. Am Anfang des Protokolls muss daher die Fragestellung, die Aufgabe oder das Thema genannt werden. Um Ergebnisse schnell einsehen zu können, muss es übersichtlich gestaltet sein. Der Protokollant sollte zunächst während der Sitzung den Verlauf notieren und im Nachhinein das Wichtige herausfiltern. Ein Stundenprotokoll ist eine Mischung aus Verlaufs- und Ergebnisprotokoll. Es wird dann für die gesamte Klasse bzw. Lerngruppe verfasst, damit alle auf dem gleichen Stand sind und sich der Rest, der nicht mitschreibt, stärker auf Diskussionen während der Unterrichtsstunde konzentrieren kann.

Auch die Form des Protokolls ist wichtig. Das Ergebnisprotokoll ist sachlich und knapp, im Präsens, trägt eine Überschrift mit Art des Protokolls („Ergebnisprotokoll“) und Thema der Sitzung, den Namen des Protokollanten und bietet zu Beginn des Protokolls Rahmeninformationen (Datum, Uhrzeit bzw. Dauer der Sitzung, Informationen zu Ort und äußeren Umständen, Teilnehmer), dann eine sortierte Darstellung einzelner Ergebnisse (Tabelle, Liste, Stichpunkte oder Text mit Zwischenüberschriften) und das Endergebnis (ggf. auf zukünftige Arbeitsschritte verweisen) sowie die Unterschrift des Protokollanten. Auch das Stun-

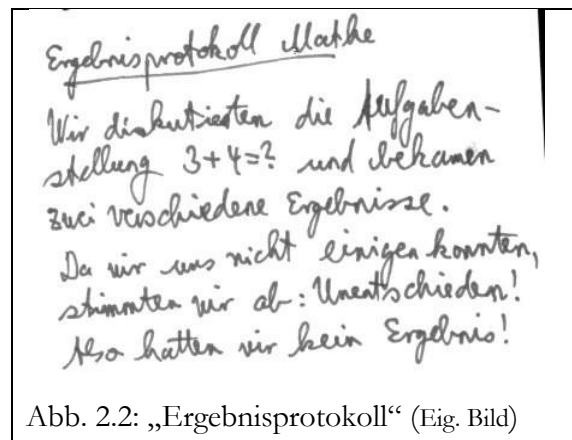


Abb. 2.2: „Ergebnisprotokoll“ (Eig. Bild)

denprotokoll trägt eine Überschrift mit Art des Protokolls („Stundenprotokoll“) und Thema der Sitzung, den Namen des Protokollanten und Rahmeninformationen zu Beginn des Protokolls (z.B. Klasse oder Lerngruppen-Bezeichnung, Lehrkraft, Datum und Dauer der Stunde oder Sitzung). Knapp und sachlich im Präsens wird eine saubere und übersichtliche Form (Schriftgröße 12, ausreichender Seitenrand, sinnvolle Absätze und Zwischenüberschriften) gewählt, eine Hinführung zum Thema oder zur Fragestellung geboten und Unterthemen in Textform (ggf. mit entsprechenden Zwischenüberschriften). Auch hier steht am Ende die Unterschrift des Protokollanten sowie ggf. Hinweise zu weiterführenden Lehrbuchseiten oder -texten (Literatur).

## 2.9 Wie sortiere ich meine Mitschriften und Protokolle?

Um Ordnung in Dokumente zu bringen können z.B. folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Auf linierte und karierte Blätter aus einem Collegeblock schreiben
- Alle beschriebenen Blätter, die Arbeitsblätter, Fotokopien usw. mit Datum und einer Überschrift versehen (Thema, Buch Seite ...) und im Rahmen der Unterrichtseinheit oder des Themas fortlaufend nummerieren
- Alle bearbeiteten Blätter am Ende der Stunde in das entsprechende Fach der Sammelmappe legen (Reihenfolge der Nummerierung beachten!)
- Am Ende einer der Unterrichtseinheit alle Blätter aus der Sammelmappe an die entsprechende Stelle im DIN A 4-Ordner heften
- Am Halbjahresende oder volle DIN A 4-Ordner aufbewahren und / oder es wird einen neuen Ordner anlegen

## 2.10 Wie kann ich Arbeiten, Klausuren und Prüfungen bestehen?

Prüfungsangst ist verständlich. Doch Prüfungen sind nichts anderes als Lernerfolgskontrollen, die man selbst schon am Ende des eigenen Lernens durchführen kann – noch bevor man sie wiederholen muss, wenn jemand anderes dabei ist. Prüfungen sind daher zwar auch Leistungskontrollen zur Leistungsbewertung, aber es gelten die gleichen Lernregeln und –tipps wie oben: Kurzfristiges „Pauken“ unmittelbar vor einer zu erwartenden Prüfung bringt selten den erhofften Erfolg. Das gute Prüfungsergebnis stellt sich genau wie Lernerfolg sonst auch besonders bei guter Vorbereitung ein: aktives Lernen, regelmäßige Arbeit im Arbeitsablauf und eine sorgfältige Anlage, Sammlung und Ordnung der Unterlagen machen sich bezahlt. Planung und Organisation helfen, Fehleinschätzungen des Zeitbedarfs, Termindruck und Stress zu vermeiden.

Für Arbeiten und Prüfungen lernen kann, wer weiß, was gelernt werden muss. Drei Punkte bei der Planung der Vorbereitung (des Lernens) führen zum Ziel:

- Die passend aufgewandte Lernzeit,
- die richtige Auswahl des für die Prüfung wichtigen Stoffes und
- die Intensität und Qualität des Lernens.

Die Lehrer, die Prüfungsordnungen und die Stoffpläne, Lehrpläne und Rahmenrichtlinien liefern hierzu die Informationen. Lehrer geben eine Eingrenzung des Prüfungsstoffes, Auskünfte früherer Prüflinge wertvolle Tipps. Am Anfang einer gezielten Prüfungsvorbereitung sollte dann zunächst eine Bestandsaufnahme stehen, die für jedes Fach zwei Fragen zu beantworten sucht:

- Welche Anforderungen (Themenbereiche) werden gestellt?
- Welche davon beherrsche ich vollständig und welche nur teilweise oder gar nicht?

Dann wird der Prüfungsablauf geübt. Zum Üben einer schriftlichen Prüfung sucht man Aufgaben, die den gleichen Umfang und Schwierigkeitsgrad wie die echten Klausur- oder Prüfungsaufgaben haben. Also fragt man Ehemalige und legt eine Aufgabensammlung an (Die Reihe „Üb(erleg)ungsaufgaben zur Chemie“ von M. Wächter ist z.B. so eine Sammlung, auch die Modellaufgaben aus den Abituranforderungen im Buchhandel helfen hier oder Aufgaben früherer Klausuren oder Abiturprüfungen). Dann bearbeitet man diese Aufgaben mit den gleichen Hilfsmitteln und im selben Zeitraum wie bei der Klausur oder Prüfung. Zur Vorbereitung und Übung einer mündlichen Prüfung versetzt man sich am besten in die Rolle des prüfenden Lehrers (am Besten den Aufgaben- oder Übungstyp in Partnerarbeit ausprobieren inklusive Prüfungskritik, Fehleranalyse und Note).

Zum Lernen sollte man den Lernstoff strukturieren, indem man ihn in übersichtliche Zusammenhänge bringt (z.B. Stoffgliederungen, graphische Darstellungen und Tabellen, tafeldähnliche Strukturierung oder Mind Maps, Lernkartei). *Variatio delectat* – Abwechslung erfreut. Es ist also ratsam, die Wissensgebiete zu wechseln und nicht länger als 30-40 Minuten bei einem Stoff zu verweilen. Und: das Leben sollte weitergehen. Seine normale Fortsetzung einschließlich der Pflege der sozialen Kontakte ist ein gutes Beruhigungsmittel gegen drohende Nervosität, Überforderung und aufkommende Prüfungsangst. Auch das Einplanen von Zeit für eine abschließende Gesamtwiederholung spätestens einen Tag vor der Prüfung ist wichtig, denn dann kann der letzte Tag vor dem Prüfungstermin der Entspannung dienen. So geht man ausgeruht und sicherer in die Prüfung. Die Zusammenschau der bisher gelernten Einzelstoffe kann ein Gefühl von Sicherheit geben – umgekehrt: Wer sich kurzfristig vor einer Prüfung einfach nur möglichst viel Wissen anlesen will, der wird verunsichert, weil es neu ist, nicht mehr mit den vorhandenen Kenntnissen verknüpft wird und das Hervorholen der

schon gelernten Kenntnisse während der Prüfung stört. Die Zeiteinteilung bei der Prüfungsvorbereitung sollte fünf Bereiche umfassen: Aufbereitung des Wissens (1/3 der Zeit), Einprägen und Einüben (1/5 der Zeit), Wiederholen zur Schaffung eines Überblicks (1/10 der Zeit), Pausen (ca 1/5 der Zeit, damit sich der Lernstoff „setzt“) und eine Zeitreserve für Unvorhergesehenes.

Während einer **schriftlichen Prüfung** ist folgendes Vorgehen hilfreich:

- Sorgfältiges Beachten der Aufgabenstellung und möglicher Hilfen
- Prüfung des Schwierigkeitsgrads der Aufgaben
- Einteilung der Bearbeitungszeit entsprechend Umfang und Schwierigkeitsgrad der Aufgaben
- Lösen der Aufgaben in der Reihenfolge, wie man sie am besten kann (Erst leichtere Aufgaben lösen, das schafft Erfolgserlebnisse und Selbstvertrauen)
- Etwas Platz nach jeder Aufgabe lassen, für spätere Ergänzungen
- Konzentration auf die Aufgabenstellung (Keine Abschweifung, knappe und genaue Formulierungen und Fachbegriffe verwenden)
- Überlegt vorgehen (nicht einfach daraufflosschreiben, Stoff vorher sammeln und gliedern)
- Prüfungszeit sinnvoll nutzen und Prüfung durchstehen
- Ergebnis prüfen (Zeit einplanen für eine abschließende Korrektur eventueller Fehler, auch bei der Rechtschreibung, Zeichensetzung, bei Unterstreichungen, Kapitelkennzeichnung usw.).

Bei einer **mündlichen Prüfung** kann Folgendes helfen:

- Abschätzen der Eigenarten, Vorlieben und Fragestellung des prüfenden Lehrers, sofern man ihn schon kennt
- Ruhig bleiben (Nervosität ist normal und wird vom Prüfer akzeptiert; er kennt feuchte Hände, leicht zitternde Knie und nervöse Gesten, allerdings darf Nervosität auch nicht als Entschuldigung für mangelhafte Leistungen vorgetäuscht werden)
- Sorgfältiges Beachten der Aufgabenstellung und eventueller Hinweise oder Hilfen
- Laut denken und dem Prüfer Gelegenheit geben, zu erkennen, wie man zu Ergebnissen kommt (so kann er korrigierend und lenkend eingreifen; die mündliche Prüfung ist ein Gespräch, es misslingt, wenn glaubt, nur fertige Ergebnisse vortragen zu dürfen)
- Die Fragestellung beachten (Zeigen, ob man die Frage gehört und verstanden hat, z.B. durch Formulierung der Aufgabe mit eigenen Worten; so kann man testen, ob die Richtung des vorgestellten Lösungsweges stimmt)
- Keinesfalls gleich aufgeben, sondern die Prüfung durchstehen (Nicht vorzeitig abbrechen! Jede Prüfung hat Teile, in denen Fragen nur teilweise oder gar nicht beantwortet werden – also besser das herausstellen, was man weiß und Lücken offen eingestehen, z.B. so: „Ich komme im Augenblick nicht auf den Fachbegriff, aber es geht um ...“ und dann den Gegenstand mit anderen Worten umschreiben)
- Die Reaktionen des Prüfers beachten (Er reagiert auf falsche oder zutreffende Antworten z. B. mit zustimmenden oder ablehnenden Gesten oder Gebärden. Das kann Hinweise geben, ob man auf der richtigen oder falschen Spur ist)
- Nicht zu kompliziert denken (Am Anfang einer Prüfung versuchen Prüfer durch einfache Fragen, dem Prüfling den Gesprächsbeginn zu erleichtern und Sicherheit zu geben)
- Eigene Kenntnisse und Fähigkeiten nicht verstecken (den Prüfenden geschickt und zurückhaltend durch geschickte „Lenkung“ veranlassen, auf deine Hinweise einzugehen)

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Klassenarbeits-Strategien</b> |
|----------------------------------|

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ich lasse mich nicht nervös machen: ich weiß, ich habe mich gut vorbereitet!</li><li>2. Ich lese erst einmal in Ruhe alle Aufgaben vollständig durch.</li><li>3. Ich löse erst einmal eine leichte Aufgabe</li><li>4. Ich sage mir "Geschafft! Weiter so!" und nicht nervös, wenn ich eine Aufgabe nicht sofort verstehe: Ich kann mich konzentrieren, sie noch einmal lesen und überdenken. Ansonsten stelle ich sie zurück, wenn ich sie immer noch nicht lösen kann.</li><li>5. jeder Aufgabe lege ich den Stift kurz hin und atme einmal ruhig ein und aus</li><li>6. In den letzten 10 Minuten bleibe ich ruhig und überlege: "Was kann ich noch schaffen? Was muss ich noch kontrollieren?"</li><li>7. Ich kontrolliere und verbessere, wenn ich es für erforderlich halte. Wenn ich zweifle, verändere ich lieber nichts. Und dann gebe ich die Arbeit ab: Ich habe mein Möglichstes getan.</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

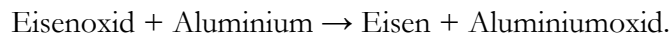


## 3 Naturwissenschaftlich-mathematische Methoden

### 3.1 Beispiel für ein Lernvorgang:

#### Das Rechnen mit Stoffmengen und -umsätzen

Das kognitive Lernen und Einüben (Anwenden) von Regeln lässt sich an einem Beispiel aus dem Bereich Rechnen (Fachrechnen Chemie) aufzeigen. Hier geht es darum, dass ein Gemisch aus Eisenoxid und Aluminiumpulver umgesetzt wird in Aluminiumoxid und Eisen. Bei dieser Stoffumwandlung entsteht so viel Hitze, dass das Reaktionsprodukt Eisen flüssig wird:



Zu den Lernvoraussetzungen gehört hier, dass man diesen Vorgang in Formeln ausdrücken und die Stoffmengen in Mol und Gramm berechnen kann (Grundlagenwissen im chemischen Fachrechnen: Rechnen mit molaren Größen). Das wird im folgenden Beispiel näher erklärt (und ausführlicher in der Reihe „Üb(er)legungsaufgaben Chemie“, auch von Michael Wächter).

#### !!! Wichtig zu wissen

Aus einem Reaktionsschema lässt sich berechnen, welche Massen  $m$  und Stoffmengen  $n$  bei einer vollständig verlaufenden chemischen Reaktion umgesetzt werden (Ausbeute-/ Umsatzberechnung, das Fachrechnen in Chemie heißt „Stöchiometrie“):

1. Man stellt die Reaktionsgleichung auf und kontrolliert es auf Richtigkeit.
2. Man ermittelt die molare Masse  $M$  der Reaktionsteilnehmer (Tabelle, Berechnung aus relativen Atommassen RAM der Elemente).
3. Man informiert sich in der Aufgabenstellung über die gesuchten und gegebenen Massen.
4. Man setzt die Massen  $m$  sowie die Stoffmengen  $n$ , die Koeffizienten und molaren Massen  $M$  für den gesuchten und die bekannten Stoffe in die folgende Formel ein:

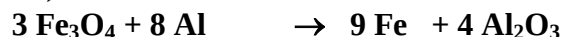
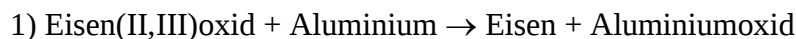
$$m_{\text{gesucht}} = (n_{\text{gesucht}} \cdot M_{\text{gesucht}} \cdot m_{\text{gegeben}}) / (n_{\text{gegeben}} \cdot M_{\text{gegeben}}).$$

#### !!! Beispiel

Erzeugung von einem Pfund flüssigem Eisen durch die Thermitreaktion:

Wieviel Eisen-II,III-oxid  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  benötigt man, um mit Hilfe von Aluminiumpulver 500g Eisen sowie Aluminiumoxid herzustellen?

Rechnung:



3 mol Eisen(II,III)oxid + 8 mol Aluminium  $\rightarrow$  9 mol Eisen + 4 mol Aluminiumoxid

2)  $M_{\text{Al}} = 26,98 \text{ g/mol}$ ,  $M_{\text{Fe}} = 55,85 \text{ g/mol}$ ,  $M_{\text{O}} = 15,99 \text{ g/mol}$

$$M_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 3 \cdot 55,85 + 4 \cdot 15,99 = 231,55 \text{ g/mol}, M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 101,96 \text{ g/mol}$$

3)  $m_{\text{gegeben}} = 500 \text{ g Eisen}$ ,  $m_{\text{gesucht}} = x \text{ g Eisenoxid}$

$$4) m_{\text{gesucht}} = (n_{\text{gesucht}} \cdot M_{\text{gesucht}} \cdot m_{\text{gegeben}}) / (n_{\text{gegeben}} \cdot M_{\text{gegeben}})$$

$$= (3 \text{ mol} \cdot 231,55 \text{ g/mol} \cdot 500 \text{g}) / (9 \text{ mol} \cdot 55,85 \text{ g/mol}) = 691,0 \text{ g Eisenoxid}.$$

Lösung: Man benötigt bei verlustfreier Umsetzung 691g Eisen(II,III)oxid, um 500g Eisen zu gewinnen (und 8 mol 214,7g Aluminiumpulver).

## 3.2 Beispiel für Lernmethode „Lernzusammenfassung“

Zunächst versucht man, das neu Kennengelernte zusammenzufassen:

### !!! Noch einmal in Kürze

Aus einem Reaktionsschema lässt sich berechnen, welche Massen und Stoffmengen bei einer vollständig verlaufenden chemischen Reaktion umgesetzt werden (Ausbeute-/ Umsatzberechnung): Reaktionsgleichung erstellen, molare Massen ermitteln, gesuchte und gegebene Mengen bzw. Größen notieren, die Massen  $m$  sowie die Stoffmengen, stöchiometrische Koeffizienten und molare Massen für den gesuchten und die bekannten Stoffe einsetzen:

$$m_{\text{gesucht}} = (n_{\text{gesucht}} \cdot M_{\text{gesucht}} \cdot m_{\text{gegeben}}) / (n_{\text{gegeben}} \cdot M_{\text{gegeben}}).$$

Benötigte Stoffmengen  $n$  werden gegebenenfalls aus Gehaltsangaben errechnet.

Wenn das Lösen der vorausgegangenen Üb(erleg)ungsaufgaben nicht gelungen ist, muss es nochmals trainiert werden. Eine weitere Lernhilfe ist der Vergleich der eigenen Lösungsversuche mit den folgenden Lösungshinweisen und Lösungen zu diesem Thema (Lernerfolgskontrolle).

## 3.3 Beispiel für Lernmethode „Lernerfolgskontrolle“

*Try and error:* Die Übertragung der gelernten Regeln auf ein neues Anwendungsfeld ist eine Lernerfolgskontrolle. In Bezug auf das obige Beispiel wäre das eine andere, neue Aufgabe, zu deren Lösung man die zuvor kennengelernten und eingeübten Regeln / Lösungsstrategien anwendet:

### !!! Wissen testen

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1 (□■) Übungsaufgaben einer Stöchiometrieklausur:

Wieviel Gramm Eisensulfat  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ , müssen für 250,0g einer Lösung,  $w(\text{FeSO}_4)=4,00$  Masse-% eingewogen werden?  $M(\text{FeSO}_4)=152\text{g/mol}$ ;  $M(\text{H}_2\text{O})=18\text{g/mol}$

Wenn das versucht wurde, wird das Ergebnis überprüft, z.B. am angegebenen Vergleichsbeispiel. Dadurch wird erkannt, ob die Regeln richtig angewendet wurden (**Erfolgskontrolle!**) oder ob ein *error* vorliegt. Letzteres erfordert ein variierendes Wiederholen in drei Schritten:

- 1) Variation: Methode leicht ändern,
- 2) Lösungsversuch (Berechnung) mit leicht geänderter Methode wiederholen,
- 3) neue Erfolgskontrolle (Prüfen, ob der Fehler nun behoben wurde):

### !!! Richtig gelöst

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1:

1)  $m(\text{Lsg}) = 250,0\text{g}$ ;  $w = 4\%$ ;  $M = 278\text{g/mol} \Rightarrow M(\text{FeSO}_4) = 152 \text{ g/mol}$

$$\frac{m \cdot w}{M} = \frac{m \cdot w}{M}$$

$$m = \frac{250\text{g} \cdot 0,04 \cdot 278\text{g/mol}}{152\text{g/mol}}$$

$$\underline{\underline{m = 18,29\text{g}}}$$

## 4 Textanalytische Methoden und Memorieren

Um Klausuren, mündliche Prüfungen (Kolloquien), Examina und Tests zu bestehen, muss man sich Wissen aneignen und es anwenden können – also Aufgaben erfolgreich lösen können. Die hierzu anzuwendenden Methoden lassen sich erlernen und einüben – wie das Lernen selbst. Wer Methoden beherrscht, der ist kompetent – wer sie routiniert und erfolgreich anwendet, der ist professionell. Dieses Trainingsbuch Chemie beginnt deshalb mit einem (Lern-)Methodentraining, welches das Üben und Trainieren in der „Hirnsportart Chemie“ vorbereitet.

Lernen in Form von sturem Auswendig-Pauken vieler Daten und Details ist ineffektiv und demotivierend – wesentlich erfolgsversprechender ist es, sich einen Überblick zu verschaffen, Regeln zu lernen und deren Anwendung einzuüben. Das ist nicht nur effektiver: Erfolgserlebnisse nach jeder gelungener Anwendung werden dann motivieren, weiter zu trainieren, bis das Trainingsziel erreicht ist: Prüfung bestanden!

### !!! Beispiel

Ein Auswendiglernen der chemischen Formeln z. B. von allen Schwermetallsulfaten oder Halogenalkanen – das ist mühsam und macht bestimmt keinen Spaß. Wenn man nach Recherche, Vergleich und Sortieren von Informationen Regeln entdeckt, wie die Oxidationszahlen von Schwermetallen oder Positionen und Substitutionsmöglichkeiten in Alkanmolekülen gefunden werden können, dann lässt sich Ordnung im vermeintlichen Chaos erkennen – und wer die eingeübten Regeln anwenden kann wird sich darüber freuen und hat ein mühsames, stures Auswendiglernen nicht mehr nötig.

„Die Guten ins Töpfchen, die Schlechten ins Kröpfchen!“, warum nicht diese Methode zum Informationen sortieren, auswerten und zusammenfassen an einem Text über lernmethodische Tipps ausprobieren und üben? Hier ist er!

### !!! Wissen testen

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1 (Schwierigkeitsgrad: □□■) *Lernmethodische Tipps:*

Aufgabe: Fassen Sie den folgenden Text für sich in einige, wenige Merksätzen zusammen: Welche Informationen aus dem folgenden Text sind die, die am Prägnantesten wiedergeben, was Lernen ist und wie man es am Erfolgreichsten bewerkstelligen kann?

Text: Was ist „Lernen“ – wie macht man das eigentlich **mit** Erfolg?

Geht das auch in der Chemie mit ihren „trockenen“ Formeln und „theoretischen“ Rechnungen?

Kleinkinder lernen krabbeln und laufen, Schulkinder schreiben und rechnen, Jugendliche lernen Autofahren und Berufe ausüben. Selbst Erwachsene, ja, auch Greise sogar lernen noch neu hinzu – sei es nun Schachspielen, Internetsurfen oder ein Studium im Alter. Man lernt immer noch dazu – nicht nur in der Chemie. Und doch bleiben Lernerfolge auch aus, scheitern Prüfungen und Klassenarbeiten, gehen kurz vor Abgabeschluss fertiggestellte Aufsätze und Referate daneben. Und manche Vokabeln oder Formeln werden immer wieder vergessen, obwohl man sie sich damals doch noch extra aufgeschrieben und eingeprägt hatte.

Wie funktioniert „Lernen“ am Besten – und kann es auch Spaß machen? Wie bekomme ich das in meinen Kopf? Wie trainiere ich meine Mitarbeit und mein Gedächtnis, verschaffe mir mit möglichst wenig Aufwand ein möglichst großes, anwendbares Wissen? Wie fertige ich Mitschriften, Aufsätze, Referate, Klassenarbeiten und Hausaufgaben an, merke mir Regeln, Formeln und Vokabeln? Wie schaffe ich die Prüfung?

Lernhilfen, Lerntechniken, Tipps und Regeln zu einem erfolgreicherem Lernen – in dieser kurzen Einführung in Lernmethoden („Das Lernen lernen“) sollen ebenso wie in der Reihe Üb(er)legungsaufgaben zur Chemie allgemeine sowie fachspezifische Trainingshilfen gegeben werden, vom einfachen Rätsel (für Anfänger in der Chemie) bis hin zu Prüfungs- und Examensfragen (für Zwischen-, Abitur- und Abschlussprüfungen – an Schulen, Unis und in der Berufsausbildung).

Dauerhaft erfolgreiches Lernen ist jedenfalls kein Einpauken, Eintrichtern und Vollstopfen mit bedeutungslosen Informationen, wie man vielleicht früher dachte. Erfolgreich gelernt, im Langzeitgedächtnis dauerhaft gespeichert und verfügbar gemacht, das hat man sich nur bei dem, was man sich mit Spaß an der Sache selbst angeeignet und vertraut gemacht hat.

*Freudlos hastiges Einpauken nach der Lehrer-Lempel-Methode von früher nimmt uns die gute Laune und macht mutlos. **Erfolgserlebnisse** aber können zu **Schlüsselerlebnissen** werden, die das ganze Leben prägen und bereichern. Was man mit sich selbst mit **Erfolg** erarbeitet hat, davon kann man immer profitieren.*

Beispiel Justus von Liebig: Sein Vater nahm ihn, diese „Plage aller Pädagogen“, vorzeitig und frustriert von der Schule und steckte ihn in eine Apothekerlehre. Dort sprengte er dann erfolgreich den Dachstuhl der Apotheke in die Luft und merkte so, dass systematisches, intensives Lernen (bei ihm: aus Chemiebüchern) Erfolge bringt und Spaß macht (auch wenn es wohl erst mit dem Vater Ärger gab): Mit 21 Jahren wurde Justus von Liebig Professor, später Freiherr, Vorsitzender der Wissenschaftsakademie, weltberühmter Erfinder und Chemiker und reicher Handelsmann. Erfolgserlebnisse können zu Schlüsselerlebnissen werden.

Lernen sollte möglichst einfach, besser, sogar begeisternd werden, das heißt:

- konzentrierter,
- leichter,
- erfolgreicher und somit
- frei von Frust!

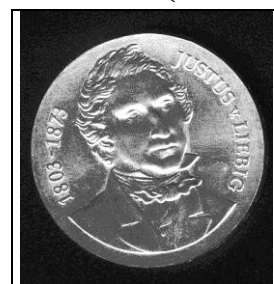


Abb. 4.1: von Liebig

LERNEN LÄSST SICH LERNEN! Und es kann sogar Spaß machen und Erfolg bringen! Wer also schwer bei der Sache bleiben kann, oft auf den letzten Drücker lernt, in manchen Schulfächern trotz Büffels und Nachhilfe einfach nicht weiterkommt oder einfach nur wissen will, wie man effektiver lernt, der suche sich Tipps und Tricks auch allgemeiner Art zum Lernvorgang. Misserfolge nämlich machen pessimistisch, kratzen am Selbstvertrauen und schwächen die Persönlichkeit – kleine Erfolge aber können optimistisch machen, das Selbstbewusstsein bis hin zur Begeisterung stärken, so dass Erfolge immer häufiger werden können! Der Weg vom Loser (Verlierer) in der Schule hin zum Winner (Gewinner) in Sachen Lernen könnte so aussehen:

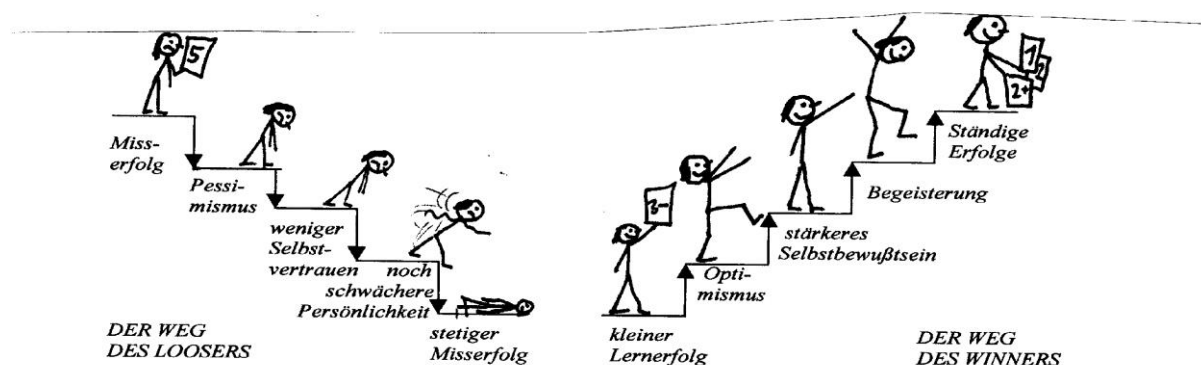


Abb. 4.2: Der Weg vom Loser- zum Winner-Lerntyp

Für eine **Verbesserung des Lernens** ist es also wichtig, dass man nicht gleich Alles auf einmal erreichen will, sondern sich zunächst **ein kleines, erreichbares Ziel** setzt. Ein kleiner Lernerfolg kann dann Freude machen und das Selbstbewusstsein stärken („Motivation“!). Wenn man dann noch bestimmte **Lerntechniken** einübt und weiß, was man für ein **Lerntyp** ist, dann werden auch mehrere **Lernerfolge** möglich!

Wenn etwas neu verstanden wurde, so steigert das die Lust am Lernen, regt sie an und erhält sie. Das ist **Motivation**. Der oder die Lehrende kann diese bewusst fördern (Belohnung durch Lob, Anerkennung, Zuwendung, Hinweis auf motivierende Rollen von Eltern, Mitschüler/innen oder anderen Menschen und Beispielen, Ermutigung und Annahme des Gegenüber statt Ablehnung und Entmutigung – sozusagen Schatzsuche statt Fehlerfahndung im Lernenden betreiben). Das Gefühl des Lernenden kann so „JA!“ zum Lernen sagen – stellt sich Erfolg beim Lernen ein, so lernt der Lernende mit **Lust**! Lernen ist keine sachlich-neutrale Datenfütterung, kein „Eintrichtern“ oder Programmieren, es ist als Kunst des Auslösen von Aha-Erlebnissen zu begreifen.

Das „**Aha-Erlebnis**“ einer erfolgreichen Verknüpfung neuer Informationen im vorhandenen Wissen kann bei Speicherung desselben im Langzeitgedächtnis und erfolgreicher Anwendung desselben so zum Erfolgserlebnis auch bei neuen Lernvorgängen werden. Aha-Erlebnisse können durch persönliche Zuwendung ausgelöst werden, durch das Medium (man interessiert oder begeistert sich für das, was man lernen will, sucht Interessantes daran durch Ausprobieren, in Büchern, Internet, Filmen, Musik) und durch Optimismus.

Der Lernforscher Frederik Vester veröffentlichte in seinem Buch Denken, Lernen, Vergessen 1975 in der Deutschen Verlags-Anstalt (Stuttgart) einen Test, mit dem man herausfinden kann, was für ein Lerntyp man ist und ob der **Lernstoff** für die eigenen **Lernbedürfnisse** richtig aufbereitet wurde. Dieser – hier leicht abgewandelte– Test zeigt auf, zu welchem der folgenden Lerntypen man gehört; da gibt es:

- A) den **leseorientierten** Lerntyp (er oder sie lernt über das Lesegedächtnis, „kognitiv-abstraktes“ Wissen in Form von Theorien, Worten, Gedankenmodellen und Begriffs-Verknüpfungen),
- B) den **hörorientierten** Typ (er oder sie lernt auditiv, über das Hör-Gedächtnis),
- C) den **sehorientierten** Typ (er oder sie lernt visuell, über Anblicke, Sehen, Ansichten),
- D) den **gefühlorientierten** Typ (er oder sie lernt „haptisch“ und „kinästhetisch“, das heißt über Gefühle, Erinnerungen, Stimmungen, emotionale Verknüpfungen, Erfahrungen wie Erfolg und Misserfolg, Freude und Frust),
- E) den kombinatorischen Lerntyp (er oder sie lernt über mehrere der unter A-D beschriebenen Sinne bzw. Lernwege).

Wenn man dann über die passenden Lernkanäle lernt (je nach Lerntyp) und zu den passenden Tageszeiten (je nach Bio- und Tagesrhythmus), dann kann beim Denken und Lernen das Körperlich-Materielle und das Geistig-Immaterielle zusammenwirken. Im Körper geschieht das im limbischen System, der Stelle im Gehirn, wo das Vorder- oder Großhirn und das Klein- und Stammhirn sich berühren (am „Limbus“):

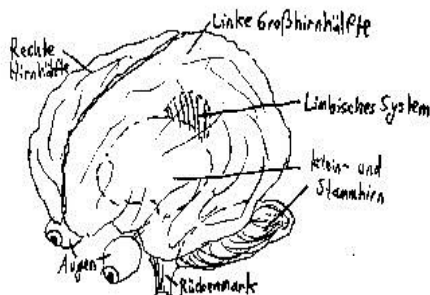


Abb. 4.3: Das Limbische System

#### Rechte Hirnhälfte:

Lörper- und Bildersprache, Intuition, Gefühl, Kreativität, Spontaneität, Sprunghaftigkeit, Kunst, Tanz, Musik, Raumpfinden, ganzheitliche Zusammenhänge

#### Linke Hirnhälfte:

Lesen, Sprache, Rechnen, Logik, Verstand, Regeln, Gesetze, Begriffe, Konzentration auf die Sache, Einzelheiten, Zeitempfinden, Wissenschaft, schrittweise Gliederung, Detailwissen, Analysefähigkeit, Ratio (Vernunft)

Hier ist die Nahtstelle zwischen den körperlich-vegetativen Vorgängen (zum Beispiel der Weiterleitung von Sinnesreizen und -eindrücken) und dem Seelisch-Affektiven (zum Beispiel Stimmungen wie Frust und Enttäuschung oder Freude am erzielten Erfolg). Das limbische System „befindet“ darüber, welche Reize es für wichtig genug hält, sie in das Gehirn weiterzuleiten und mit positiven Gefühlen zu verstärken (lustvoll-hormonelle Einfärbung der Reize), so dass sie sich im Gedächtnis verankern. Informationen hingegen, die es mit Unlust einfärbt, haben es schwer, im Gedächtnis zu bleiben – der Erfolg lustlosen „Paukens“ ist deshalb so gering.

*Jeder Lernstoff sollte darum – wenn er im Gedächtnis haften bleiben soll – einen gefühlsmäßig positiven Inhalt oder ein positives Feld von Verknüpfungen haben.*

Und für den Weg gilt:

*„Variatio delectat“ – die Abwechslung erfreut: Lernen kann man über alle Sinne: Sehen, Hören, Tasten (Fühlen), sogar über das Schmecken und Riechen.*

**Lernen ist eine stufenweise Abspeicherung von Informationen.** Es läuft in folgenden Schritten ab:

- Eine Information erreicht uns in Form eines Reizes – über das Auge (visuell, Informationsgehalt bis 20 Millionen Bits pro Sekunde), das Ohr (auditiv), den Tastsinn (haptisch), den Geruchssinn (olfaktorisch, bis zu 20 Bits pro Sekunde) oder den Geschmackssinn (gustatorischer Reiz).
- Er erreicht eine Sinneszelle und wird von ihr als elektrischer Erregungsimpuls („Spike“) an eine Nervenzelle geleitet. Diese gibt ihn über die Nervenfaserverbindungen („Synapsen“) weiter („Ultra-kurzzeitgedächtnis“, sensorisches Gedächtnis, maximal 2-3 Sekunden).
- Der elektrische Erregungsimpuls kreist zwischen den Synapsen verschiedener Nervenzellen („Kurzzeitgedächtnis“, maximal 1 Tag) in bestimmten, sich wiederholenden Bahnen im Nervenzellen-Netzwerk des Gehirns. Dabei hinterlässt er Molekülspuren, die sich biochemisch im Gehirn einprägen.
- Dabei verfestigen sich noch nicht zusammengeschaltete Nervenbahnen zu festen Verbindungen (den „Engrammen“). Diese Engramme stellen unser Langzeitgedächtnis dar: Die so aufgenommene Information wird dauerhaft gespeichert und nicht mehr vergessen (es sei denn, man benötigt und verfügt über sie jahrelang nicht mehr, so dass sie in Bedeutungslosigkeit versinkt).

Das Überführen und Abspeichern von Informationen in das Langzeitgedächtnis geschieht durch Wiederholen (z.B. einer manuellen Tätigkeit) UND indem man den Lernstoff in Beziehung zu etwas Bekanntem setzt – verstreute Einzelinformationen werden einsortiert, zu qualitativ höherstehenden Erkenntnissen verpackt (Beispiel: Die Einzelinformationen Räder und Karosserie mit Motor und Elektrik ergeben zusammen die Gesamtinformation Auto, - die entstehende Gesamtsumme „Auto“ benötigt im Gehirn daher weniger Speicherplatz als die Einzelabspeicherung aller Einzelelemente).

Solche höher stehenden **Erkenntnisse** gewinnt man aus Einzelinformationen durch **geistige Anstrengungen** (problemlösendes Denken, Analyse, Transfer usw.) wie z.B.:

- Auswählen (Selektion),
- Vergleichen (Komparation),
- Verbinden und Abstimmen (Koordination),
- Zurückführen auf Wesentliches (Reduktion),
- Miteinbeziehung von Bekanntem (Integration),
- Übertragung von Bekanntem auf Neues (Transfer),
- Aufbau eines inneren Beziehungs- und Ordnungssystems (Hierarchisierung) und
- gedankliche Verallgemeinerung zu Begriffen (Abstraktion).

Die Aufnahme eines neuen Lernstoffes sollte Ihrem Lerntyp entsprechen. Hier gibt es ja nach Vester, wie bereits oben erwähnt:

A) den **leseorientierten** Lerntyp,

B) den **hörorientierten** Typ (auditiv),

C) den **sehorientierten** Typ (visuell),

D) den **gefühlsorientierten** Typ

(haptisch, olfaktorisch, gustatorisch – also über Tast-, Geruchs- und Geschmackssinn), und

E) den kombinatorischen Lerntyp

(er oder sie lernt über mehrere der unter A-D beschriebenen Sinne bzw. Lernwege, z.B. audiovisuell).

Weitere Lerntypen sind z. B. der sinn- oder **einsichts**anstrebende Typ (er oder sie will unbedingt den Grund von etwas verstehen oder etwas beweisen können), den **personenorientierten** Typ (er oder sie will über die Lernleistung das Lob oder die Sympathie des oder der Lehrenden erreichen), der **medi-**  
**umorientierte** Typ (er oder sie kann sich die Formel am Besten beim eigenen Ausprobieren am PC einprägen) oder den **abstrakt-verbal denkenden** Typ (ihm oder ihr genügt das Lernen der Formel, Vokabel oder Begriffsdefinition).

Lösungsbeispiel und Lernzusammenfassung zum vorausgegangenen Text (Fazit):

### !!! **Richtig gelöst**

Neuer Lernstoff sollte – wenn man Lernerfolge erreichen will – neu geordnet, strukturiert und mit schon vorhandenem Wissen verknüpft werden („einsortieren“)!

Und damit der Lernerfolg dauerhaft bleibt: Jeder neu aufgenommene Lernstoff sollte darum – wenn er im Gedächtnis haften bleiben soll – öfters bewusst erinnert, angewendet und wiederholt werden!

Für dieses Trainieren (auch mit den Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“) empfiehlt sich zur besseren Aufnahme des Lernstoffes daher, einen Notizblock oder ein Heft bereitzulegen und die Ergebnisse der Bearbeitung der Üb(erleg)ungs-Aufgaben nicht nur zu notieren, sondern auch nach dem anschließenden Nachschlagen der Lösungen im Anhang und der Lektüre der Lernzusammenfassungen am Kapitelende ein erneutes Lösen der Aufgaben zu versuchen, die noch nicht erfolgreich gelöst wurden: Übung macht den Meister.

Man sollte auch wissen, welchem Lerntyp das eigene Gedächtnis am ehesten entspricht. Hier hilft der folgende Test:

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.2** (□□■) *Der Lerntyp-Test (in Anlehnung an F. Vester):*

Suchen Sie sich eine(n) Partner(in) und testen Sie durch folgende Aufgaben A-E, über welchen Sinnesreiz Informationen bei ihr oder ihm im Gedächtnis am Besten abgespeichert werden (Dauer ca. 30 Minuten, Hilfsmittel: Uhr, Stift und 20 Karteikarten sowie 20 Haushaltsgegenstände, eine Augenbinde und ein Zettel für den/die Tester/in zum Notieren erreichter Punktezahlen in den Gedächtnisaufgabe A bis E dieses Tests):

**A) Lese Gedächtnis:** *Geben Sie der Person folgende, auf je einer Karteikarte notierte Wörter zu lesen: Mantel, Rasen, Kamin, Löffel, CD, Bleistift, Apfel, Buch, Waschlappen, Tasse. Sie darf sich jede Karte genau 2 Sekunden lang anschauen. Sofort anschließend werden ihr 30 Sekunden lang Rechenaufgaben wie z.B. die Folgenden gestellt:*

$4 \cdot 2 =$ ,  $3 + 5 =$ ,  $3 \cdot 5 =$ ,  $2 + 17 =$ ,  $6 - 2 =$ ,  $6 + 2 =$ ,  $4 \cdot 4 =$ ,  $16 - 5 =$ ,  $9 + 3 =$ ,  $9 - 3 =$ ,  
 $8 \cdot 7 =$ ,  $8 \cdot 4 =$ ,  $4 - 2 =$ ,  $4 + 2 =$ ,  $4 \cdot 2 =$ ,  $3 \cdot 7 =$ ,  $9 : 3 =$ ,  $16 : 4 =$ ,  $16 : 2 =$ ,  $16 - 2 =$ ,  
 $11 - 4 =$ ,  $35 - 6 =$ ,  $35 + 6 =$ ,  $35 : 7 =$ ,  $5 \cdot 2 =$ ,  $15 \cdot 3 =$ ,  $15 : 3 =$ ,  $7 \cdot 2 =$ ,  $8 \cdot 3 =$ ,  $32 : 4 =$

*Direkt danach geben Sie der Testperson 20 Sekunden Zeit, sich an die 10 Wörter zu erinnern. Notieren Sie die Anzahl der erinnerten Wörter unter A).*

**B) Hör Gedächtnis:** *Lesen Sie der Testperson langsam, laut und deutlich im Abstand von jeweils 2 Sekunden folgende 10 Worte vor: Handtuch, Klavier, Fingerhut, Deckel, Griff, Ofen, Fenster, Dose, Pantoffel, Lampe. Anschließend stellen Sie ihr oder ihm wieder 30 Sekunden lang die oben angegebenen Rechenaufgaben und geben ihm oder ihr danach 20 Sekunden Zeit, sich an die 10 Worte unter B) zu erinnern. Notieren Sie die Zahl der erinnerten Worte unter B).*

**C) Seh Gedächtnis:** *Sammeln Sie in einer Schüssel oder einem Korb folgende 10 Haushaltsgegenstände: Apfel, Löffel, Buch, Knopf, Kugelschreiber, Schlüssel, Schwamm, Kleingeldstück, Radiergummi, Bleistift. Legen Sie sie der Testperson im Abstand von jeweils 2 Sekunden auf den Tisch. Lassen Sie die Testperson danach erneut 30 Sekunden lang die oben angegebenen Kopfrechenaufgaben lösen, sich danach 20 Sekunden lang an die gesehenen Gegenstände erinnern und notieren Sie die Anzahl der erinnerten Gegenstände unter C).*

**D) Tastsinn Gedächtnis:** *Sammeln Sie die 10 Haushaltsgegenstände wieder ein, tauschen Sie einige davon aus (z.B. gegen: Sonnenbrille, Gabel, Zahnbürste, Flasche, Armbanduhr, Kerze, Schere, Schuh, Glas, Banane...), verbinden Sie der Testperson die Augen und lassen Sie sie durch Befühlen jeweils 2-3 Sekunden lang 10 dargereichte Gegenstände erkennen. Anschließend sind wieder 30 Sekunden fürs Kopfrechnen:*

$11 - 4 =$ ,  $35 - 6 =$ ,  $35 + 6 =$ ,  $35 : 7 =$ ,  $5 \cdot 2 =$ ,  $15 \cdot 3 =$ ,  $15 : 3 =$ ,  $7 \cdot 2 =$ ,  $8 \cdot 3 =$ ,  $32 : 4 =$   
 $8 \cdot 7 =$ ,  $8 \cdot 4 =$ ,  $4 - 2 =$ ,  $4 + 2 =$ ,  $4 \cdot 2 =$ ,  $3 \cdot 7 =$ ,  $9 : 3 =$ ,  $16 : 4 =$ ,  $16 : 2 =$ ,  $16 - 2 =$ ,  
 $4 \cdot 2 =$ ,  $3 + 5 =$ ,  $3 \cdot 5 =$ ,  $2 + 17 =$ ,  $6 - 2 =$ ,  $6 + 2 =$ ,  $4 \cdot 4 =$ ,  $16 - 5 =$ ,  $9 + 3 =$ ,  $9 - 3 =$ ,

*- und danach 20 Sekunden Zeit zum Erinnern der Gegenstände – Anzahl unter D) notieren!*

**E) Kombinatorisches Gedächtnis:** *Dieses Mal darf die Testperson die Gegenstände sehen, hören, lesen und befühlen. Sammeln Sie also 10 Gegenstände ein, schreiben Sie deren Namen auf Karteikarten, legen Sie dem/der Partner/in alle Gegenstände für jeweils 2 Sekunden vor. Legen Sie ihr/ihm dabei gleichzeitig den Zettel mit dem Namen vor und lesen Sie ihn laut und deutlich vor. Anschließend sind wieder 30 Sekunden Kopfrechnen angesagt und 20 Sekunden Zeit zum Erinnern. Die Anzahl erinnelter Gegenstände unter E) notieren!*

Das Ergebnis wird ausgewertet wie folgt:

### !!! Richtig gelöst

#### Auswertung:

Getestet wurde: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_ Geschlecht: \_\_\_\_\_ Tester(in): \_\_\_\_\_  
 Erreichte Punkte/Gedächtnisleistung: A) \_\_\_\_\_ B) \_\_\_\_\_ C) \_\_\_\_\_ D) \_\_\_\_\_ E) \_\_\_\_\_

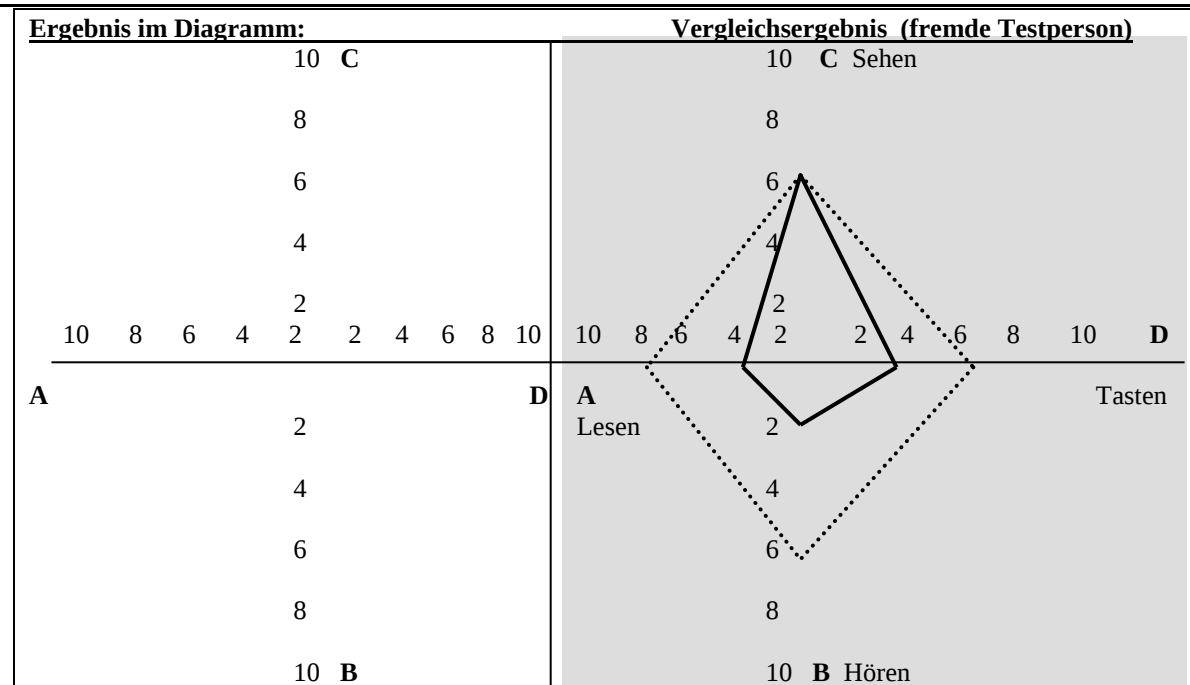


Abb. 4.4: Ergebnisauswertung Lerntypstest (Auswertungsbogen)

Markieren Sie zur Auswertung die in den Testaufgaben erreichten Punktzahlen (Gedächtnisleistungen) aus A) bis D) im Diagramm links (das Diagramm rechts ist eine beliebige, fremde Vergleichsperson). Verbinden Sie die vier Punkte zu einem Viereck (wurde im Vergleichsdiagramm rechts in dicker, durchgezogener, blauer Linie markiert) und umgeben Sie dieses Viereck durch die in Aufgabe E) erreichte Punktzahl, indem Sie auch diese im Diagramm auf den Skalen A) bis D) markieren und diese Punkte zu einem Viereck verbinden (im Vergleichsdiagramm rechts rot und gestrichelt eingezeichnet). Die Form des inneren Dreieckes zeigt, welchem Lerngedächtnistyp die Testperson angehört: Je größer es ist, umso besser funktioniert das Gedächtnis in dieser Richtung (Bevorzugung bestimmter Eingangsrichtungen, Ausprägung bestimmter Lerngedächtnistypen). Je gleichmäßiger sich das innere Viereck ausbreitet, desto gleichwertiger sind die Sinnesreizarten und „Eingangskanäle“ im Lerntyp bzw. Gehirn der Testperson. A steht für den verbal-abstrakten Lerntyp (Lese Gedächtnis), B für den auditiven, C für den visuellen und D für den haptischen Lerngedächtnis-Typ. Die Vergleichsperson (Diagramm rechts) hat ein sehr gutes visuelles Gedächtnis und lernt auch gut durch Anfassen und Befühlen (praktisch-handwerklicher Typ), aber schwer durch Lesen und Hören. Das Lernen aus Schulbüchern dürfte ihm oder ihr daher schwer fallen, besonders wenn der Lernstoff nicht in Bildern und anschaulichen Darstellungen dargeboten wird.

### !!! Wissen testen

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.3 (□□■ bis □■□)

Erstellen Sie sich erneut eine kurze Lernzusammenfassung (Merksatz, Lernmethoden- statt Mogelzettel): Wie sollte man lernen?

### !!! Richtig gelöst

Lernen geschieht über verschiedene Eingangswege, am effektivsten über möglichst viele Sinne gemeinsam. Der Lernstoff muss daher dem Lerntyp entsprechend aufgenommen, „einsortiert“, mit Bekanntem verknüpft und regelmäßig wiederholt oder angewendet werden, so dass er dauerhaft im Langzeitgedächtnis verfügbar bleibt.

Lerntechniken in Schule, Studium und Beruf sowie Tipps für ein erfolgreiches Lernen umfassen u.a. das Einprägen (Memorien) von Fakten und Regeln, zu deren Anwendung und Übertragung z.B. auf die Analyse von Sachtexten. Sie werden abgeleitet aus dem im Kapitel „Lernen lernen“ Gesagten:

### !!! Wichtig zu wissen

1) Beim Mitschreiben in Unterricht, Seminar, Labor und Vorlesung sollte man sich **übersichtliche Notizen** machen und beim Zuhören sortieren, was man für wichtig hält (nicht ALLES mitschreiben wollen, aber auch nicht alles vorbeirauschen lassen, ohne überhaupt etwas zu notieren!). Man fertige sich also mindestens stichwortartige, aber keinesfalls wörtlich mitgeschriebene **Stundenprotokolle** zum Abheften und Einsortieren an (Datum, Stundenthema, Tafelanschrift, Gliederung, Hausaufgaben, eigene Bemerkungen sowie Korrektur eigener Fehler!) oder auch **Lernkarteien** und **mind-maps** (zusammenhängende Stichwörter stammbaum- oder landkartenartig durch Gedankenstriche verbinden. Man ist so aktiv am Lerngeschehen beteiligt statt nur auf das Ende der Unterrichtsstunde zu warten.

2) Beim Mitarbeiten im Unterricht empfiehlt sich das **TQ3L-Verfahren**: Positive **Einstimmung** auf die Stunde (Tune-in), neugierig zum Thema **Fragen** stellen (Questions), den/die Lehrer/in **ansehen**, um hervorhebende Gesten mitzubekommen (Looking), gut **hinhören** (Listening) und das Gehörte von Zeit zu Zeit **überdenken** (Look-over). Durch Tuning, Questioning, Looking, Listening und Look-over lernt man, Wichtiges von Unwichtigem zu unterscheiden, denn das Wichtige will man sich schließlich merken können – nicht das Unwichtige!

3) Beim häuslichen Lernen (Hausaufgaben, Vokabeln usw.) sind ebenfalls Lernkarteien eine große Hilfe. Auf Karteikarten notiere man sich Fragen zum Lernstoff, auf der Rückseite Antworten dazu (z. B. Formeln, Begriffserklärungen, Vokabeln usw.). Diese werden dann täglich zuhause geübt (sich selbst „abfragen“) und – je nachdem wie gut man sie kann – in Fächer sortiert (neu/1 Tag alt/bis 1 Woche alt/bis 1 Monat alt/über 6 Monate alt). Diese sieht man alle paar Tage durch – was vergessen wurde, kommt wieder in das Dach „neu“ zurück („Wiederholendes Lernen“).

4) Beim Begriffe-Lernen helfen „Eselsbrücken. Ein Beispiel: In der Astronomie gibt es für Sterne die Spektralklassen O,B,A,F,G,K,M,P. Diese umständliche Buchstabenfolge kann man sich viel leichter in Form eines Merksatzes einprägen: **Oh, be a fine girl, kiss me please!** Warum also bei der Englisch-Vokabel „flash“ für Blitz nicht einfach an eine Flasche denken – oder bei der Französisch-Vokabel „savoir“ für Wissen nicht an Saftladen?

5) Beim Regeln-Lernen ist Auswendiglernen sinnlos. Hier sollte man die Regel mit eigenen Worten und an eigenen Beispielen anwenden oder erklären können. Dazu ist es gut, sich zu überlegen, wie eine Regel aufgebaut ist, wie man sie jemandem erläutern könnte, dem sie neu ist, indem man selbst Lehrer/in spielt. Und zur Vermeidung von Verwechslungen sollte man nie versuchen, mehrere Regeln gleichzeitig zu lernen. Besser, man benutzt mehrere Sinne und spricht oder singt sich eine Regel vor oder man versucht, sie durch Arme und Hände (Gestik), mit Gesichtsspiel (Mimik) oder Körpersprache auszudrücken, fast genau so, wie man z.B. im Alltag Wiedersehensfreude mit der Freundin ausdrückt, indem man sie anlächelt, „Hallo, Bianca!“ sagt und die Arme freudig ausbreitet.

6) Beim Texte-Bearbeiten und Aufsatz-Schreiben hilft es, in bestimmten Schritten vorzugehen, z.B. Ideen und Informationen sammeln (Brainstorming, Mindmapping, Literatursuche), das Thema auswählen und formulieren, Ideen und Informationen ordnen und sortieren (Gliederung z.B. nach Einleitung/Höhepunkt/Schluss), inhaltlich prüfen (stimmen die Argumente? Passt das zu dem, was ich sagen will?), sprachlich prüfen (aussagekräftige Wörter, möglichst wenig Wortwiederholungen, anschaulich beschreiben, Rechtschreibung prüfen) und erst dann den Aufsatz „ins Reine“ schreiben (Endfassung). Ebenso in der Erarbeitung fremder Texte: Sich zunächst einen Überblick verschaffen (Worum geht es?), Leseabschnitte einteilen (Gliederung), Unbekanntes Nachschlagen (Lexikon, Internet), Wichtiges unterstreichen oder herausschreiben und mit eigenen Worten wiederholend zusammenfassen, beschreiben, skizzieren (mind map, Schema, Bild).

7) Das Einprägen von Fakten kann mithilfe verschiedener Techniken geschehen: Man hängt Begriffe in bestimmte Reihenfolgen (Kettenmethode: „Reiseroute“ Jugendherberge-Supermarkt-Sportplatz-Schwimmbad-Schnellimbiss-Jugendherberge), packt sie in eine selbst erfundene Geschichte, um sie sich zu merken (Geschichtenmethode), merkt sie sich mithilfe von Eselsbrücken, Reimen (Geschichte: „333 – bei Issos Keilerei!“), sortiert sie sich alphabetisch, ordnet sie Merkwörtern, Gegenständen oder Orten zu oder auch Zahlen („Codes“).

8) Beim Referate halten (Vortragen, Referieren, Erzählen) überlege man sich einen interessanten Einstieg, statt nur einen Aufsatz vorlesen zu wollen, formuliert man sich Merksätze, denkt sich erklärende Beispiele aus und zeichnet sich als Gedächtnisstütze mind-maps oder macht sich Stichwortzettel. Man übe das laute Sprechen notfalls, überlege sich den Einsatz von möglichst vielen Verstehenshilfen (Tafel, Dias, Folien, Fotokopien, Tabellen, Zeichnungen) und vermerke sie im Stichwortzettel. Erstmals erklärte Begriffe sollten erklärt werden – am Ende ist eine Schlusszusammenfassung hilfreich! Man überlege sich auch, wie der/die Lehrende das Referat beurteilen könnte – er oder sie fragt sich: War der/die Vortragende gut informiert? Waren die Informationen verständlich und genau? Konnte das Referat Interesse wecken und half es den Anderen weiter?

9) Gegen Prüfungsangst hilft es, wenn man sich vorher über die Bedeutung, den Ablauf (die Form) und das Thema der Prüfung informiert. Nicht die kurzfristige Prüfungsvorbereitung bringt den großen Erfolg („Lernen auf den letzten Drücker“), sondern frühzeitiges, aktives und regelmäßiges Arbeiten mit sorgfältiger Anlage, Ordnung und Sammlung von Unterlagen zum Prüfungsstoff. In der Endphase vor dem Prüfungstermin kann man dann auf der Basis des Gelernten den Prüfungsablauf üben (am Besten in der Gruppe!) – statt nun erst schnell noch mit dem „Einpauken“ von Neuem beginnen zu wollen. Stoffgliederungen, Lernkarteien, mind maps, Tabellieren und gliedernd Sortieren hilft dabei – auch miteingeplante Erholungspausen und das „normale“ Leben sollte man vor wichtigen Prüfungen nie vergessen. Eine Gewaltanstrengung von drei 16-Stunden-Tagen kurz vor der Prüfung ist sinnlos! Am letzten Tag vor einer Abschlussprüfung sollte man möglichst nur noch entspannen – kurzfristig angelegtes Wissen lässt sich jetzt garantiert nicht mehr erfolgreich mit bereits vorhandenem Wissen verknüpfen!

Empfohlene Zeitplanung für Prüfungsvorbereitungen:

- 1/3 der Prüfungs-Vorbereitungszeit zum Aufbereiten des Wissens (Lernstoff in sinnvolle Zusammenhänge bringen),
- 1/5 zum Einprägen (Wiederholen, Einordnen, Anwenmögliche den, Prüfungsfragen erstellen),
- 1/10 der Zeit zum Wiederholen und
- ca. 1/5 zum Erholen vor der Prüfung (Lernstoff „setzen“ lassen) und als Zeitreserve (für Unvorhergesehenes).

10) „Alles Denken ... ist entweder praktisch oder herstellend oder theoretisch“ (*Aristoteles*, 384-322 v.Chr.). Fakten-, Anwendungs- und Handlungswissen wird als Informations-Wissen im sensorischen Gedächtnis, im Kurz- und Langzeitgedächtnis gespeichert (Schritte: Wissenszuwachs, Feinabstimmung, Umstrukturierung und Integration in vorhandenes Wissen).

Obwohl das „Pauken“ unbeliebt ist: Auch das Einprägen von trockenen Fakten in das Gedächtnis ist eine wichtige Lerntechnik, die eingeübt und beherrscht werden sollte, zumindest dort, wo andere Lerntechniken (wie z. B. das Regeln-Lernen) nicht weiterhelfen. Manchmal behilft man sich daher mit Assoziationen zu weniger trockenen, alltäglicheren oder anregenderen Themen:

### !!! **Beispiel**

Ein Auswendiglernen der Benennung der *n*-Alkanen ist dem/der Anfänger/in in Chemie kaum zu ersparen. Regeln, von denen sich ableiten oder mit denen sich erklären lässt, warum die ersten Elemente im Periodensystem die Symbole H, He, Li, Be, B usw. heißen, gibt es nicht.

**Ausweg:** Man kann sich aushilfsweise die lateinischen Bezeichnungen einprägen (Hydrogenium für Wasserstoff, Carboneum für Kohlenstoff usw.), wenn die Buchstabenfolge nicht in's Gedächtnis geht, oder aber man benutzt „Eselsbrücken“, die den abstrakten Lernstoff (Buchstabenfolge) mit einprägsamen Inhalten verknüpfen, also etwa „Merksätze“ wie zum Periodensystem: „Hallo! **Hey Lisa! Bernd bräuchte charmante Nebenfrauen ohne finanzielle Nebenabsichten. Natürlich mag Albert silberhaarige Profis sehr. Clara argwöhnt, Karl calcu- liere ganz gerne: Asiatinnen sehen seine braune Krawatte. Ruben stört in seinen selbstge- machten Tellergerichten Insekten mit X-Beinen...**“ (ohne Nebengruppen-Metalle).

Mehrfaches Wiederholen hilft, beim „Einspeichern“ der Fakten vom Kurz- zum Langzeitge- dächtnis zu gelangen. Es gibt sozusagen einen Zusammenhang zwischen Memorieren (Lerntech- nik) und Marmorieren, denn das Memorieren ist wie ein „Marmorieren“ des Gedächtnisses: Das Gedächtnis wird dauerhaft mit einem sich oft wiederholenden Muster durchzogen – wie Marmor.

Als eine Lerntechnik, die motiviert und das Selbstvertrauen stärkt (und somit entsprechend er- folgreich ist), empfiehlt es sich, für etwaige Wiederholungen von Übungen den eigenen Lerner- folg zu messen und kurz nach Kenntnisnahme der richtigen Lösungen sich der bewältigten Lern- aufgabe erneut zu stellen. Die mehrmalige Wiederholung verankert das Gelernte im Langzeitge- dächtnis, da es in regelmäßigen Abständen immer wieder gebraucht wird. Auch ein Marathonläu- fer beginnt, wiederholt zunächst immer wieder kleine Strecken zu laufen und seine Zeit und Kondition zu messen – um dann festzustellen, dass er sich langsam, aber sicher in seiner Leistung steigert. Wenn man sich eine Lern- und Trainingsmethode wie das systematische Wiederholen und Üben so aneignet, wie es die folgende Aufgabe exemplarisch vorgibt, ist der Lernerfolg si- cher(er) (s. Abb. 1.2: „Vom Looser- zum Winner-Lerntyp“).

### !!! Wichtig zu wissen

Die sechs Arbeitsschritte bei der Lerntechnik des „Memorierens“ sind:

- Erstmalige Bearbeitung der Aufgabe / des Problems.
- Erste Lernerfolgskontrolle: Wie lautet die richtige Lösung und wie viel % der Teilaufga- ben oder Teilschritte der Problembearbeitung habe ich erfolgreich bearbeitet (ohne „er- ror“)?
- Erneute Bearbeitung der gleichen Aufgabe.
- Erneute Lernerfolgskontrolle und Vergleich mit dem im 1. Schritt erzielten Lernerfolg.
- Wiederholte Aufgabenbearbeitung (Wiederum nach dem Prinzip „try and error“)
- Wiederholte Lernerfolgskontrolle

Im Hinblick auf dauerhaftes Memorieren und Speichern im Langzeitgedächtnis empfehlen sich nach Auffassung der Lernforschung übrigens Wiederholungen in etwa in folgenden Zeit- abständen: 10 Minuten, 90 Minuten, 1 Tag, 4 Tage.

Die Prüfungs- und Klausur-Aufgaben sind dann die abschließende Lernerfolgskontrolle. Sie kommen verschiedenen Formen vor: offene und geschlossene Fragen, Ankreuz- und Zuord- nungs-, Rätsel- und Übertragungsaufgaben. Dementsprechend werden unterschiedliche Lösungs- strategien benötigt.

Zuordnungs-Aufgaben fordern z. B., dass Begriffe bestimmten Werten, Definitionen oder eben Antworten zugeordnet werden. Sie können auch in Form von Ankreuzaufgaben oder als multi- ple-choice-Aufgaben gestellt werden. Wegen der Auswahlmöglichkeit zwischen vorgegebenen Antwortmöglichkeiten sind diese Art von Tests relativ leicht zu lösen – wenn die Aufgabe nicht zu schwierig gestellt oder die Auswahlantworten zu ähnlich formuliert werden.

Offene Fragen bieten keine Auswahlantworten an. Quizfragen z. B. in Fernsehsendungen sind in: Sie in Wettbewerbssituationen zu lösen ist lehrreich und unterhaltsam. Es sind gebundene Auf-

gaben – mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten. Dennoch: Sie können in sehr unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden gestellt werden, einfach oder knifflig, aber eben auch scherzhaft oder hinterlistig.

Schul- und Lehrbücher werden – wie Klausuren und Prüfungen auch – viele multiple-choice- und auch Quizfragen bieten, auch mit höheren Schwierigkeitsgraden. Zum Aufwärmen zunächst einige einfachere Beispiele aus der Chemie zum Aufwärmen und Knobeln in unterschiedlichsten Formen – z. B. als Kreuzworträtsel und Quiz, auch in multiple-choice-Form, mit geringem Schwierigkeitsgrad, aber nicht unbedingt geringem Unterhaltungswert:

## !!! Wissen testen

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.4 (□□■) (Fach-)Begriffe suchen – z. B. im Kreuzworträtsel

Übernehmen Sie folgendes Raster (ggf. fotokopieren) und tragen Sie Ihre Lösungen in das Raster ein. Als Lösungswort des Rätsels ergeben sich in den grauen Feldern der Tabellenspalten a bis n von oben nach unten gelesen:

c) Die Abwesenheit von Wärmeenergie, e) das engl. Wort für „an“ sowie ein junges Tier, f) das engl. Wort für „schlank“, g) der Name eines radioaktiven Elementes in Aussprache mit stark chinesischem Akzent, h) die Bezeichnung einer Stoffgruppe reaktionsträger, glänzender Elemente hoher Wärmeleitfähigkeit, k) ein Synonym für eine kleine Furche oder Ritze auf einer Schallplatten-Oberfläche (5 Buchstaben) sowie ein Nahrungsmittel (zwei Buchstaben) und in Spalte l) wiederum ein Tier, dieses Mal jedoch flugfähig und nachtaktiv:

| Von links nach rechts einzusetzen: ↓                                                                                                       |    | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Wichtiges Element in der Chemie und Biochemie                                                                                            | 1  | ■ | ■ | ■ | K |   |   |   |   |   |   |   |   | F | F |
| 2 Was die Ordnungszahl in der Chemie angibt                                                                                                | 2  | ■ | K |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ |
| 3 Name einer Hauptgruppe im Periodensystem der chemischen Elemente (PSE)                                                                   | 3  | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ |
| 4 Mineral zur Gewinnung von Flüssigmetall                                                                                                  | 4  | Q |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Z |
| 5 Gebrauchsmetall für Folien                                                                                                               | 5  | ■ | ■ | ■ | ■ | A |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ |
| 6 Name einer Hauptgruppe im PSE                                                                                                            | 6  |   |   |   | A |   |   |   |   |   | A | L |   |   | ■ |
| 7 Gruppenbezeichnung für Elemente wie Silizium, Germanium und Tellur im Mittelbereich des PSE                                              | 7  | ■ |   | A |   |   |   |   |   | A |   | L |   | ■ | ■ |
| 8. Beleuchtung mit Hilfe eines Elementes                                                                                                   | 8  | ■ |   |   |   |   |   |   | A |   |   | E | ■ | ■ | ■ |
| 9. Verbindung eines Elementes der 7. Hauptgruppe mit einem gebräuchlichen Schwermetall                                                     | 9  |   |   |   |   |   |   | A | L | O |   | E |   |   |   |
| 10. Chlorverbindung eines Leichtmetalles aus den Nebengruppen (aus der Pigmentproduktion)                                                  | 10 |   |   |   |   | N |   |   | L | O |   |   |   | ■ | ■ |
| 11. Teilchen in der Atomhülle eines unter besonderen Bedingungen recht leuchtkräftigen Elementes in der rechten Hälfte des Periodensystems | 11 | ■ |   |   |   | N |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ |
| Lösungsworte:                                                                                                                              |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.5 (□□■ bis □■□)

Übernehmen Sie folgendes Kreuzworträtsel (z. B. Fotokopie, vergrößern) und füllen Sie es aus:

|    | 1 | 2   | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1  |   | C H |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 4  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 5  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 6  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 7  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 8  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 9  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 10 |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 11 |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 12 |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 13 |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 14 |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

Einzutragen sind:

a) Waagerecht: 1) Element (beginnend mit einem Zischlaut, 2. Feld = ch), Phthalsäureanhydrid,

2) Wasserstoff, Halogen, Chemikalie für eine Stoffumwandlung (allg. Bezeichnung)

3) Mengenangabe (nicht quantitativ), radioaktives Element, Element, Chalkogen (Symbol)

4) Chalkogen, Symbol für Energie, kristallwasserhaltig, Halogen

5) Funktionelle Gruppe, Halogen, Ausbildung der Ausbilder (Kursus-Kürzel, berufl. Ausbildung)

6) Chemikalie, Wellenlängenbereich im EM-Spektrum (warm, etwas oberhalb sichtbaren Lichtes)

7) Überschweres Isotop eines sehr leichten Gases, Abkürzung für Rest, Element

8) Eisen-III-oxidhydroxid, Abkürzung für Radius, Komplexe mit CO ohne „Carbon“

9) Nährstoff im Petriglas eines Mikrobiologielabors, Nomenklatur-Vorsilbe (Präfix) für drei

10) Radius, Element unter Iod, Element über Phosphor, gasförmiges Element (die Nr. 1)

11) englischer Chemiker und „Entdecker“ der Atome, Anion einer Säure (anorganisch)

12) Abkürzung eines Schutzschalters (Sicherung), Masse-Symbol, Halogenmolekül, Fläche

13) Metall, Hilfsmittel für ein Stofftrennverfahren bei Dispersionen (auch im Haushalt)

b) Senkrecht: 1) ein Chalkogen, Element der 5. Hauptgruppe, Element der 5. Hauptgruppe (erneut), Metall, schwerer Wasserstoff, Chalkogen (zitronengelb und erneut wie oben),

2) analytisch nutzbares Stofftrennverfahren (vergleicht Wanderungsgeschwindigkeiten)

3) Metall, Halogen, Abkürzung für: „in Lage“, Kfz-Kennzeichen: Republik Südafrika, Farbton

4) Schwermetallsalz einer organischen Säure, Element Nr. 5 (Symbol)

5) Halogen, Kürzel für Extinktion, engl.: Gast, kleines Teilchen (Plural)

6) Element, Element, Atomisotop (Kürzel), Abkürzung für Erdschwerkraft, Element, Radius

7) schweres Metall (engl.), Energie-Symbol, radioaktives Metall, Elementsymbol

8) Leichtmetall, Rest, ein Element der 3. Hauptgruppe, nochmals ein Element der 3. Hauptgruppe

9) Abkürzung für Erdschwerkraft, Aktivität (Kürzel), Radius, wichtiger Chemie-Rohstoff (engl.)

10) organische Verbindung (verzweigt, Trivialname, mit Vorsilbe für „fünf“), Kürzel: Radius

11) Schwermetall, Iodwasserstoffsäure (deuteriert), Längsrichtung (Kürzel), erster Buchstabe im Alphabet, Bestreben zum „Heranziehen“ bindender Elektronenpaare (Kürzel)

12) Stickstoffhaltiges und organisches Farbmittel, Halogen, mögliche Anzeige auf einer Waage

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.6 (□□■ bis □■●) *Multiple-choice*

Geben Sie für die folgenden Quizfragen zur Chemie die jeweils richtige Lösung an (jeweils nur eine Antwortmöglichkeit ist richtig):

- 1) Welcher Kolben liefert oft eine erste Beobachtung?  
a) LötKolben, b) Messkolben, c) Riechkolben, d) Erlenmeyerkolben, e) Motorkolben
- 2) Was sorgt für eine homogene Reaktionsmischung?  
a) Schraubenmutter, b) Rührfisch, c) Knetmasse, d) Schüttelsieb, e) Presskolben
- 3) Was wird nach der chemischen Reaktion erst nach Kühlung feucht?  
a) Blitzeis, b) Donnerstein, c) Sturmflut, d) Knallgas, e) Regenwasser
- 4) Wie hieß der Methylalkohol im Mittelalter?  
a) Salmiakgeist, b) Holzgeist, c) Weingeist, d) Totengeist, e) Heiliger Geist
- 5) Was braucht ein kleiner Chemiker zum Auffüllen der Bürette?  
a) Löwenmähne, b) Krokodilsträne, c) Elefantenfuß, d) Adlauge, e) Storchene, f) Froschschenkel
- 6) Wo sollte der Umschlag erfolgen?  
a) Auf der Kalibriergrade, b) Am Äquivalenzpunkt, c) Im Wendekreis, d) In der Eichkurve, e) Unter dem Spannungsdreieck, f) Über der Heizspirale
- 7) Welche Farbstoff kann umschlagen?  
a) Russisch Rot, b) Berliner Bleu, c) Schweinfurter Grün, d) Kongorot, e) Schneeweiß
- 8) Wobei wird ein Elektronenpaar gerecht geteilt?  
a) Analyse, b) Elektrolyse, c) Protolyse, d) Homolyse, e) Katalyse, f) Heterolyse
- 9) Welches der folgenden chemischen Elemente wurde nicht nach einem Land oder Erdteil benannt?  
a) Americium, b) Gallium, c) Francium, d) Germanium, e) Indium, f) Europium, g) Ruthenium, h) Scandium
- 10) Was kennzeichnet Probiotika wie sie z. B. in probiotischen Joghurts zu finden sind?  
a) laktosefreier Traubenzucker, b) lebende Mikroorganismen, c) aufbereitete Tierfette, d) linksdrehende Hefepilze, e) rechtsdrehende Aminosäuren
- 11) Wo Alfred Nobel eine Sprengstofffabrik baute und das Dynamit erfand, steht heute ...  
a) Das Atomium, b) Das Wembleystadion, c) Das Kernkraftwerk Krümmel, d) Das Europaparlament
- 12) Welches der folgenden chemischen Elemente wurde nicht nach einem Himmelskörper benannt?  
a) Cer, b) Helium, c) Uran, d) Neptunium, e) Plutonium, f) Palladium, g) Selen, h) Niob
- 13) Was konnte man aus Stahl erzeugen?  
a) Americium, b) Actinium, c) Ammonium, d) Atomium, e) Europium, f) Provisorium, g) Hydronium, h) Tritium, i) Helium
- 14) Wie nennt der Chemiker einen Stoff, den er „herausgezogen“ hat?  
a) Extrakt, b) Kontrakt, c) Kontakt, d) Viertakt, e) Katarakt, f) Akt
- 15) Welche(s) Kohlenhydrat(e) kann/können kein(e) Reinstoff(e) sein?  
a) Hexose, b) Aldose, c) Ketose, d) Keksdose, e) Xylose, f) Pentose
- 16) Welcher Begriff ist dem organisch-präparativ arbeitenden Chemiker am ehesten vertraut?  
a) Vatersalz, b) Schwagerpulver, c) Basenkorn, d) Brudersäure, e) Mutterlauge
- 17) Eine Analysenwaage zeigt 250 mg an.  $\frac{1}{4}$  ist also ...  
a) scheck Betrug, b) dieb Stahl, c) bank Raub, d) ein Bruch, e) durch Marsch

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.7 (■●●) *Ungebundene Fragen und Aufgaben*

Extrem schwierig hingegen können ungebundene Fragen sein – die Antwort ist selber zu finden.

Hier ein anspruchsvolleres, zweiteiliges Frage-Beispiel (sofern Actinium und Protactinium keine „Böhmischen Dörfer“ für Sie sind):

- a) Welches schwedische Dorf ist vier Mal im Periodensystem vertreten?
  - b) Was kennzeichnet Probiotika wie sie z. B. in probiotischen Joghurts zu finden sind?
- (Gedächtnistraining: Für eine der beiden Fragen wurde oben bereits eine mögliche, korrekte Antwort angeboten – haben Sie sie sich merken können?)

Zum Rätsel-Raten gehört neben Glück auch der (Lern-)Erfolg, das Unbekannte, Gefragte mit bereits Bekanntem verknüpfen zu können. Bei einer Klausur oder in einer anderen Prüfungssituation sollte es trotzdem nicht beim Rätselraten bleiben: Schwierigkeitsgrad und Form der Aufgabe sollten erfasst werden, um sie strategisch-methodisch anzugehen.

Es gibt grundsätzlich drei Schwierigkeitsgrade, die eine Aufgabe aufweisen kann:

- Die einfachste Art der Aufgabenstellung in Prüfungssituationen ist die Wiedergabe von Gelerntem (Repetition). Neben Fragestellungen mit oder ohne vorgegebene Antwortmöglichkeiten kann die Wiedergabe von Gelerntem auch gefordert werden, indem die Aufgabe mit „Geben Sie an, ...“ oder „Zählen Sie auf, ...“ formuliert wird.
- Anspruchsvoller sind Aufgaben mit der Formulierung „Erklären Sie..“, „Beschreiben Sie, ...“ oder „Erläutern Sie ...“, denn zusätzlich zur Wiedergabe einer gelernten Definition oder Formel soll hier ein Sachverhalt so in eigenen Worten beschrieben werden, dass ein Dritter ihn verstehen kann (das ist das Ziel einer Erklärung sowie jeder Lehrtätigkeit). Hier wäre also z. B. ein Beispiel zu bringen, das den erfragten Sachverhalt oder Begriff veranschaulicht. Dieser Schwierigkeitsgrad entspricht also dem „Transfer“: Bereits Gelerntes wird übertragen, angewendet auf einen neuen Sachverhalt.
- Den höchsten Schwierigkeitsgrad weisen Aufgaben auf, die problemlösendes Denken verlangen. Ein dem Lernenden präsentiertes Problem ist für ihn neu, er muss es zunächst analysieren, dann Strategien zur Lösung der Aufgabe oder des Problems entwickeln und schließlich sogar mindestens eine der geplanten Strategien erfolgreich auf das ihm neue, analysierte Problem anwenden.

Für diese drei Schwierigkeitsgrade folgen nun kurze, sehr einfache Beispiele, bevor dann anspruchsvollere Beispiele aus der Berufspraxis eines Chemikers folgen.

### !!! Wissen testen

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.8** (□□■) *Anforderungsstufe 1: Wiedergabe von Gelerntem (Abfragen von Faktenwissen)*

Definieren Sie folgende Begriffe: a) Chemische Verbindung, b) Stoffgemisch, c) Chemische Reaktion.

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.9** (□□■ bis □■■) *Anforderungsstufe 2: Übertragung von Gelerntem (Transferleistung)*

Erklären Sie den Unterschied zwischen einer chemischen Verbindung und einem Stoffgemisch!

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.10** (□■■) *Anforderungsstufe 3: Problemlösendes Denken (Mehrteilige Aufgabenstellung)*

Eisen- und Schwefelpulver werden im Mörser gemischt und ein Teil des Gemisches entzündet. Erklären Sie die hier ablaufenden chemischen und physikalischen Vorgänge und bezeichnen Sie die jeweils vor und nach Zündung des Gemisches vorliegenden Zubereitungen.

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.11** (□□■ bis □■■) *Fehlertext*

Lückentexte fordern heraus: Man will das Fehlende unbedingt Ersetzen und sich oder auch Anderen, dass man es kann. Noch motivierender können Druckfehler in einem Chemiebuch sein – Fehlertexte wie z. B. der folgende Fehlertext: Finden Sie im folgenden Text die Fehler und geben Sie eine korrigierte (korrekte) Version an!

Schwefel und Eisen sind zwei Reinstoffe – das Pulvergemisch (ein Stoffgemisch, jedoch nur in bestimmten, ganzzahligen Mengenverhältnissen aus Eisen- und Schwefelpulver herstellbar) ist nach dem Mörsern physikalisch wieder in die zwei Reinstoffe auftrennbar (z. B. durch Filtration).

Stoffgemische haben je nach Art der Einzelkomponenten unterschiedliche Stoffeigenschaften (Farbe je nach Mengenanteil des Schwefelpulvers, Magnetisierbarkeit und elektrische Leitfähigkeit des Eisens gehen in schwefelreichen Pulvergemischen verloren, die Löslichkeit des Schwefels in Wasser ebenfalls).

Beim Zünden reagieren Eisen und Schwefel in beliebigen Massenverhältnissen zum Stoffgemisch Eisen-II-sulfid (Gesetz der variablen Massenverhältnisse), die vorherigen Stoffeigenschaften der Elemente setzen sich durch und gehen über auf die neu entstandene Verbindung (z. B. schwarzgraue Farbe des Eisens, Sprödigkeit der Schwefelkristalle usw.).

Der neu entstandene Stoff (das Reaktionsprodukt) ist physikalisch wieder auftrennbar.

Neben der Erfassung des Schwierigkeitsgrades sind die Form der Aufgabe zu beachten sowie die Lernvoraussetzungen: Was muss inhaltlich und methodisch bekannt sein, um die Aufgabe lösen zu können?

Ein Beispiel aus der Chemie: Zur Laborpraxis gehören z. B. Stofftrennverfahren (Separationstechniken, Reinigung und Aufbereitung von Stoffen), Verfahren zur Stoffherstellung (Synthese, präparative Chemie) und –zerlegung (Analyse) sowie Mess- und Prüfmethoden. Man muss die gängigen Laborgeräte kennen, Labortechnik beherrschen und die zur Wahrung der Arbeitssicherheit erforderlichen Maßnahmen wissen und treffen können. Die folgenden Aufgaben umfassen diese Themenbereiche, beginnend mit Stofftrennverfahren über Labor- und Produktionsverfahren bis hin zu Fragen der Arbeitssicherheit:

### !!! Wissen testen

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe 12** (□■) *Zuordnungsaufgabe zur Laborpraxis*

Geben Sie an, welche der folgenden Definitionen (Nr. 1-6) zu den Fachbegriffen A-F passen:

Fachbegriffe: A) Exsikkator, B) Porzellanfritte, C) Extraktionshülse,  
D) Nernst'scher Verteilungssatz, E) Adsorptionsmittel, F) Impfkristall;

Definitionen:

- 1) Filtrationshilfe zur Saugfiltration mit sehr kleinen Filterporen
- 2) Trennmittel, das abzutrennende Stoffe an der Oberfläche bindet
- 3) Feststoffpartikel, der in übersättigte Lösungen gegeben wird
- 4) Glasgerät zur Aufbewahrung von Trockengut über Trocknungsmitteln
- 5) Gefäß für feste Stoffgemische, aus denen etwas herausgelöst werden soll
- 6) Gesetzmäßigkeit für zwischen zwei Phasen verteiltes Extraktionsgut

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe 13** (□■) *Grundbegriffe der Chemie I*

*Teilaufgabe 1:* Definieren Sie folgende Grundbegriffe der Chemie in je einem kurzen Satz:

- a) Chemie, b) Chemische Verbindung, c) Chemisches Element, d) Chemische Reaktion.

*Teilaufgabe 2:* Geben Sie die folgenden Begriffe in chemischen Fachbegriffen wieder:

- a) Aufschlammung, b) Ablagerung, c) Abgießen, d) Schwimmaufbereitung,  
e) Auszug, f) Fein verteiltes Zweiphasengemisch

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe 14** (□■) *Methodenwissen – Stofftrennverfahren*

Nennen Sie sechs physikalische Stoffeigenschaften, die für mechanische Trennverfahren genutzt werden. Geben Sie in Klammern das jeweils zugehörige Trennverfahren mit an.

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe 15** (□■) *Zusammenhänge nennen können – Stoffeigenschaften*

Geben Sie an, welche Stoffeigenschaften bei folgenden Stofftrennverfahren genutzt werden:

- a) Trennung mit Hilfe von Scheidetrichter / Flotation, b) Magnetscheiden, c) Schwimmaufbereitung (Schwimmscheiden), d) Chromatographie, e) Filtration bzw. Sieben, f) Sedimentation mit Dekantation bzw. Filtration

**Üb(erleg)ungsaufgabe 16** (□■■ bis ■■■) *Aufzählen und Einsortieren – Arbeitsverfahren im Labor:*

- a) Welches der fünf folgenden Verfahren ist KEIN Aufschlussverfahren (zur Überführung unlöslicher Proben in lösliche Proben): der Schmelzaufschluss, der Nassaufschluss, die Trockenveraschung, das Verbrennungsverfahren oder das Vakuumtrocknungsverfahren?  
b) Zählen Sie acht Arbeitsschritte auf, die bei der Herstellung eines Laborpräparates erfolgen sollten.  
c) Beantworten Sie folgende Aufgaben zu Stoffgemischen und Stofftrennverfahren:

- 1) Nennen Sie je ein Beispiel für grob-, kolloid- und molekulardisperse Systeme und geben Sie die etwaige Teilchengröße an.
- 2) Welche der folgenden Stoffgemische sind homogen?  
a) Eisenpulver in Schwefelpulver, b) Seifenschaum, c) Bronze, d) Salzwasser, e) Rauch, f) Ethanol in Wasser, g) trockene Luft, h) neblig-feuchte Luft, i) nebliger Rauch, j) Milch, k) Bimsstein, l) Styropor, m) Schlamm, n) Messing
- 3) Welche der unter Nr. 2 genannten Gemische sind gasförmig in fest?
- 4) Welche der unter Nr. 2 genannten Gemische sind fest in fest?
- 5) Welche der unter Nr. 2 genannten Gemische sind flüssig in flüssig?
- 6) Welche der unter Nr. 2 genannten Gemische sind Aerosole?
- 7) Welchen Wägebereich und welche Genauigkeit haben Analysenwaagen im Allgemeinen?
- 8) In welchem Temperaturbereich kann man Ethanol-Thermometer einsetzen?
- 9) Welches der folgenden Laborgeräte dient NICHT der Volumenmessung:  
a) Becherglas, b) Erlenmeyerkolben, c) Peleusball, d) Bürette, e) Mikroliterpipette, f) Multichannelpipette, g) Dispenser, h) Messpipette, i) Vollpipette, j) Messzylinder, k) Messkolben, l) Kolbenprober, m) Gasmaus, n) Aräometer, o) Pyknometer?
- 10) Welches der unter Nr. 9 genannten Geräte dient der Dichtemessung?
- 11) Welches der unter Nr. 9 genannten Geräte dient der Abmessung von Gasvolumina?
- 12) Welcher der folgenden Filter läuft am schnellsten durch:  
a) grobporige Filter, b) mittelporige Filter, c) feinporige Filter?
- 13) Welche der unter Nr. 12 genannten Filtertypen sind für flockige Niederschläge am besten geeignet?
- 14) Welche Porenweite sollte ein Filter für eine Bakterien- oder Sterilfiltration aufweisen?
- 15) Welche Porenweite genügt für die Filtration eine Sand-Wasser-Dispersion?

**Lernhinweis:** Nähere Informationen zur Berufspraxis in der Chemie sowie Daten über und für die Laborpraxis (inkl. Betriebsanalytik) finden sich in Lehr- oder Nachschlagebüchern wie z. B.:

- M. Wächter: Chemielabor. Eine Einführung in die Laborpraxis, wiley-VCH 2011, ISBN 978-3-527-32996-0,
- Eckhardt, S., Gottwald, W., Stieglitz, B.: 1 x 1 der Laborpraxis. Prozessorientierte Labortechnik für Studium und Berufsbildung, wiley-VCH 2007, ISBN 978-3-527-31657-1,
- M. Wächter: Tabellenbuch der Chemie. Daten zur Analytik, Laborpraxis und Theorie, wiley-VCH 2012, ISBN 978-3-527-32960-1,

oder auch im Internet wie z. B.:

- in den entsprechenden Lexikon-Artikeln des Internetlexikons [www.de.wikipedia.org](http://www.de.wikipedia.org) sowie
- in den entsprechenden Praktikums-Vorschriften und wikibooks unter <http://de.wikibooks.org/wiki/Regal:Chemie>.

**Üb(erleg)ungsaufgabe 17** (□■■ bis ■■■) *Laborgeräte:*

Laborgeräte können folgenden Zwecken dienen:

- a) als Gefäße, b) zum Stofftransport, c) der Durchführung von Reaktionen, d) zur Auftrennung, Reinigung oder Trocknung von Stoffgemischen, e) dem Heizen und Kühlen von Stoffportionen oder f) einer Messung.

Geben Sie an, welchem dieser sechs Zwecke folgende 36 Glasgeräte dienen:

- 1) Uhr-, Reagenz-, Präparate- und Bechergläser, 2) Saugflasche, 3) Quarzrohr, 4) Analysen- und Scheidetrichter, 5) Messzylinder und -kolben, 6) Claisen-, Rückfluss- und Liebig-Kühler, 7) Dewar-Gefäß, 8) Tropftrichter, 9) Reaktionsrohr, 10) Exsikkator, 11) Bürette, 12) Kühlfalle, 13) Kolben (Rund-, Spitz-, Stand-, Erlenmeyer-, Mehrhals-), 14) Standzylinder, 15) Destillierbrücke, 16) Soxhlet-Extraktor, 17) Kolbenprober, 18) Kühlfinger, 19) Petrischale, 20) Pneumatische Wanne, 21) Pipette, 22) Glasdose, 23) Vorstoß, 24) U-Rohr, 25) Tropftrichter, 26) Pulver- und Glastrichter, 27) Glashähne und -ventile, 28) Trockenrohr, 29) Zentrifugengläschen, 30) Glasstab, 31) Glastrichter, 32) Küvette, 33) (Schliff-)Thermometer, 34) Gasmaus, 35) Kobaltglas, 36) Voll- und Messpipette.

**Üb(erleg)ungsaufgabe 18** (□■■ bis ■■■) *Übliche Kürzel kennen – für Laborgeräte und -methoden*

Geben Sie an, welche Abkürzungen man für folgende Methoden und Geräte verwendet:

- a) Hochdruckflüssigkeitschromatographie,

- b) Messzelle oder –gerät zur Messung der Änderung der Wärmeleitfähigkeit,
- c) Analysegerät zur Auftrennung von Stoffgemischen durch Transport- und Anlagerungsprozesse mit anschließender Zertrümmerung der Moleküle zwecks Untersuchung der Größe und Häufigkeit der Molekülbruchstücke,
- d) Analysemethode zur Bestrahlung einer Probe mit Röntgenlicht zwecks Untersuchung deren Fähigkeit zur Fluoreszenz,
- e) Methode zur Untersuchung eines Lichtspektrums, welches von durch Hitze angeregten Atomen ausgestrahlt wird.

**Üb(erleg)ungsaufgabe 19** (□■ ■) *Multiple-choice-Prüfungsfragen – großtechnisch produzierte Stoffe:*  
Geben Sie die jeweils richtige Lösung für folgende multiple-choice-Aufgaben an:

- 1) Welche der folgenden Chemikalien ist die Meistproduzierteste:  
a) Benzol, b) Schwefelsäure, c) Butadien, d) Natriumhydroxid, e) Salzsäure?
- 2) Welche der fünf folgenden Chemikalien ist hier die Meistproduzierteste:  
a) Schwefel, b) Chlor, c) Salpetersäure, d) Methanol, e) Titanweiß?
- 3) Welches der folgenden Metalle ist das Meistproduzierteste:  
a) Nickel, b) Mangan, c) Zink, d) Magnesium, e) Chrom?

**Üb(erleg)ungsaufgabe 20** (□■ ■ bis ■■ ■) *Zuordnungsaufgabe – großtechnischen Produktionsverfahren:*

Ordnen Sie den Produkten a) bis t) die unten genannten Produktionsverfahren Nr. 1 bis 13 zu:

Produkte: a) Schwefelsäure, b) Salpetersäure, c) Ammoniak, d) Chlor, e) Wasserstoff, f) Soda (Natriumcarbonat), g) Ätznatron (Natriumhydroxid), h) Schwefel, i) Mittelölfraction, j) Glycerin (Propantriol), k) Eth(yl)en, l) Bioethanol, m) Essigsäure, n) Methanol, o) Roheisen, p) Phenol, q) Polyester, r) Sauerstoff, s) Magnesium, t) Edelstahl

Verfahren: 1) Polykondensation, 2) Tieftemperaturdestillation, 3) Aufblasverfahren (Konvertierung), 4) Erdöldestillation, 5) Clausverfahren, 6) Solvayverfahren, 8) Haber-Bosch-Verfahren, 9) Ostwaldverfahren, 10) Kontaktverfahren, 11) Fettverseifung, 12) Erdgas-Pyrolyse, 13) Kohlehydrate-Vergärung, 14) Fischer-Tropsch-Synthese, 15) Carbothermische Reduktion im Hochofen, 16) Kohleverschwelung (Trockendestillation in der Kokerei), Schmelzflusselektrolyse



## 5 Naturwissenschaftlich-mathematische Methoden

### 5.1 Schätzungen und Statistik

Schätzen statt rätseln – Wahrscheinlichkeits- und Konzentrationsberechnungen sind eine wichtige Arbeitsmethode in den Naturwissenschaften, auch in der Chemie. Messergebnisse müssen **beurteilt** werden (Validierung von Methoden), oft sind auch Reaktionsmöglichkeiten und –geschwindigkeiten anzugeben. Hierzu sind mathematische Methoden erforderlich.

#### !!! Beispiel

Wenn Sie zwei Elektroden in eine Kochsalzlösung tauchen und Gleichstrom anlegen, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Elektrolyse an einer der beiden Elektroden Chlorgas entweicht genau 1:1 (50%, am Pluspol, der Anode), ebenso wie wenn Sie eine Münze werfen (Adler oder Zahl). Wenn Sie würfeln, so ist die Wahrscheinlichkeit eine Sechs zu würfeln, genau  $1/6$  bzw. 0,16667.

Ist die Wahrscheinlichkeit, zwei Mal nacheinander eine Sechs zu würfeln eigentlich größer als die Wahrscheinlichkeit, fünf Mal nacheinander beim Münzenwerfen eine Zahl zu erhalten?

Solche Wahrscheinlichkeitsrechnungen sind im Alltagsleben wie auch in der Chemie oft hilfreich wenn es gilt, Chancen oder Ereignis-Wahrscheinlichkeiten, Mess- und Versuchsergebnisse abzuschätzen (Übrigens beträgt sind die Wahrscheinlichkeiten, fünf Mal „Zahl“ zu werfen bzw. auf zwei Sechser:

$$W(5 \times \text{Zahl}) = \frac{1}{2} \bullet \frac{1}{2} \bullet \frac{1}{2} \bullet \frac{1}{2} \bullet \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 0,03125 \text{ und}$$

$$W(2 \times \text{Sechser}) = \frac{1}{6} \bullet \frac{1}{6} = \left(\frac{1}{6}\right)^2 = 0,02778.$$

Wenn Sie auf die Trefferwahrscheinlichkeiten dieses Laplace-Experimentes eine Wette abschließen, dann wäre zu empfehlen, dass Sie auf „fünf Mal nacheinander Zahl“ setzen statt auf „zwei Sechser nacheinander“).

Voneinander unabhängige Zufalls-Experimente mit Zweierwahrscheinlichkeiten (Beispiel Münze, Junge/Mädchen-Geburt oder Treffer/Niete-Losziehung), die wiederholt werden („Ketten“ von Ereignissen), bezeichnet man als *Bernoulli*-Ketten. Solche Ketten mit der Länge  $n$  werden über Binominalverteilungen berechnet (Wahrscheinlichkeitsmaße, Stochastik). Auch wenn es um Sachverhalte in der Chemie geht, z. B. um die Interpretation von Messergebnissen, wird die Methode angewendet, die der Mathematiker *Gauss* hierzu entwickelt hat.

Wahrscheinlichkeiten werden umso schwieriger zu berechnen, je mehr Faktoren und Möglichkeiten im Spiel sind. Wenn Sie geboren werden, liegt die statistische Lebenserwartung in Deutschland bei etwa 83 Jahren – je nach Art der Lebensführung in den nächsten Jahren und Jahrzehnten kann sie sich verkleinern oder auch vergrößern. Wenn Sie sich z. B. das Rauchen angewöhnen, so dürfte sie sich verringern – wenn Ihnen dann z. B. deshalb ein Lungentumor, Typ Pleuramesotheliom, diagnostiziert wird, dann sind es statistisch gesehen noch 7 bis 16 Monate.

Ob es im Sport um die Wurfweite beim Kugelstoßen geht oder die Zeitdauer eines 100m-Laufs oder in der Chemie um den Aufenthaltsort bzw. Kernabstand eines Elektrons (Orbitalmodell), um die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung von Gasmolekülen oder um „Peaks“ in der Chromatographie – stets sind Zufallsfaktoren im Spiel. Zu deren statistischer Berechnung wird die Gauss-Funktion herangezogen (die „Glockenkurve“):

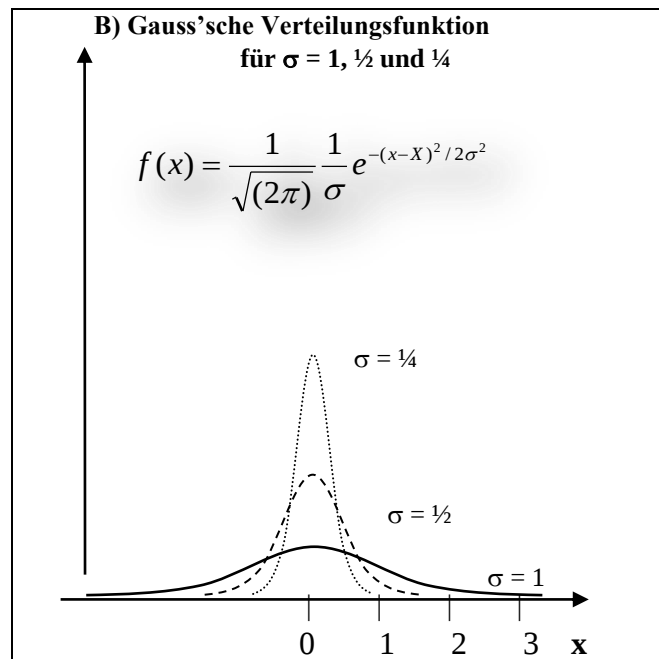


Abb. 5.1: Gaussfunktion

Das Bearbeiten der folgenden Üb(erleg)ungsaufgaben trainiert das Abschätzen und Berechnen von Größenordnungen, Messergebnissen und Wahrscheinlichkeiten.

### !!! Wissen testen

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1 (Schwierigkeitsgrad: □■●) *Größenordnungen abschätzen*

Können Sie Größenordnungen abschätzen? Diese für Chemiker nicht unwichtige Fähigkeit testet die folgende Schätz-Aufgabe mit Potenzen und Wahrscheinlichkeiten:

Esau (Edom) bat Jakob um ein Linsengericht und Jakob gab es ihm im Tausch für das Erstgeborenerecht, so erzählt die Bibel (Genesis 25,29-34). Schätzen Sie mit Hilfe der folgenden Zahlen- und Wahrscheinlichkeits-Angaben ab, wie viele Moleküle aus jenem Liter Linseneintopf, den Esau gegessen hat, in einem Liter Mineralwasser stecken, den Sie an einem der letzten Sommertage getrunken haben mögen.

Gehen Sie dabei davon aus, dass

- die Wassermenge in jenem Linseneintopf ebenfalls 1 Liter betrug,
- dass 1 mol eines Stoffes aus rund  $6 \cdot 10^{23}$  Teilchen besteht,
- dass die Menge an Wasser, die es insgesamt auf der Erde gibt, bei  $1,4 \cdot 10^{18}$  t liegt, und
- dass sich der Liter Wasser, den Esau mit dem Linseneintopf zu sich genommen hat, nach seiner Wiederausscheidung aus dem Körper Esaus mit Wind und Wetter gleichmäßig über den gesamten Globus verteilt hat.

Wie groß in etwa ist Ihrer Schätzung nach die Chance, dass ein Molekül in einem beliebigen Liter heutigen Mineralwassers aus dem damaligen Linsengericht Jakobs stammt?

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.2 (□■● bis ■■■) *Genauigkeit von Angaben und Werten:*

Größenordnungen und Genauigkeit: Wie genau sollte die Angabe eines Ergebnisses wie im folgenden Beispiel nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung erfolgen?

Schülerin X wiegt ein Kupferblechstück vier Mal und erhält folgende Messergebnisse  $x_1$  bis  $x_4$ :

21,18 g, 21,14g, 21,04g, 21,26g.

Sie möchte hierzu für ihr Versuchsprotokoll im Laborjournal folgende Größen berechnen:

den Mittelwert AM, die Standardabweichung s und den Variationskoeffizienten  $s_r = s / AM$ .

Sie findet in einem Lehrbuch zur Wahrscheinlichkeitsrechnung hierzu folgende Formeln:

$$s = \pm \sqrt{\frac{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + \dots + f_n^2}{n-1}} \quad \text{oder auch:} \quad s = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i^2}{n-1}}$$

$f_i$  ist die Abweichung der Messung  $x_i$  vom Mittelwert  $\bar{AM}$  und  $n$  die Anzahl der Messungen. Wie lautet ihr Ergebnis (Vollständige Angabe) und wie hoch ist ihr Variationskoeffizient  $s_r$ ?

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.3** (□□■ bis □■●) *Beurteilung von Messergebnissen:*

Ein Laborant macht neun Wägeversuche und erhält folgende Messergebnisse  $x_1$  bis  $x_9$ :

16,613 mg, 16,624 mg, 16,633mg, 16,628 mg, 16,620 mg,  
16,618 mg, 16,624 mg, 16,622 mg, 16,615 mg.

Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert  $\bar{AM}$  („Bestwert“), den Standardfehler  $\sigma_m$  des Mittelwertes, den Standardfehler  $\sigma$  der jeweiligen Einzelmessung (die Standardabweichung als Wurzel des mittleren Fehlerquadrates) und geben Sie das erzielte Messergebnis in korrekter Schreibweise ( $n \pm m$ ) mg an.

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.4** (□□■) *Bestwerte im Laboralltag:*

Eine Laborantin nimmt für eine Wasserprobe in einem Aquarium vier Volumenmessungen vor.

Sie erhält 80,3853 L, 80,3846 L, 80,3847 L und 80,3849 L.

Wie lautet das korrekte Ergebnis (der Bestwert)?

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.5** (□□■ bis □■●) *Messgenauigkeit, Mittelwert und Standardabweichung*

Eine zweiteilige Aufgabe zu sinnvollen Angaben der Messgenauigkeit und zur überlegten Anwendung von Ernst Peters Formel für die Standardabweichung  $\sigma_m$  des Mittelwertes  $\sigma_m \approx (5/4) \cdot [r / (n-1)]^{1/2}$  bzw. (vereinfacht bei unter 4 Messwerten) als  $\sigma_m \approx r$ :

- Student A misst das Gewicht einer Salzlösung in einem Becherglas vier Mal nach und erhält jedes Mal den Wert 325 mg. Student B misst 6 mal nach und erhält 5 mal den Wert 325 mg, einmal den Wert 325,5 mg. Die Waage hat eine maximale Genauigkeit von 1 mg. Wie lautet das Ergebnis (Mittelwert mit Standardabweichung)?
- Schüler C wiederholt das Experiment, misst jedoch folgende vier Werte: 362,3 mg, 361,9 mg, 363,6 mg und 398,9 mg. Welches Ergebnis ergibt sich hier – und wie groß ist sein systematischer Fehler, falls der Mittelwert  $\bar{AM}$  der Studenten A und B zufällig dem wahren Wert  $X$  entsprechen sollte?

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.6** (□■● bis ■■■) *Gewichtung der Genauigkeit von Messwerten:*

Nach Squires, Messergebnisse und ihre Auswertung (de Gruyter, 1971) gab es 1965 (gemäß Cohen und DuMond) vier Messergebnisse aus Versuchen zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Diese betrugen:

| Nr. | Experimentator          | Messergebnis in km/s<br>(mit Standardfehler) |
|-----|-------------------------|----------------------------------------------|
| A   | 1951, <i>Bergstrand</i> | $c = 299793,1 \pm 0,3$                       |
| B   | 1954, <i>Froome</i>     | $c = 299793,0 \pm 0,3$                       |
| C   | 1957, <i>Bergstrand</i> | $c = 299792,85 \pm 0,16$                     |
| D   | 1958, <i>Froome</i>     | $c = 299792,50 \pm 0,10$                     |

Nehmen Sie eine Gewichtung der Genauigkeit der Ergebnisse vor. Berechnen Sie den gewogenen Mittelwert und seinen Standardfehler, wobei Sie das Gewicht jeden Wertes über das reziproke Quadrat seines Standardfehlers  $AM = \sum wx / \sum w$  nehmen (z. B. in folgende Tabellenspalten, in deren Zeilen die Rechen-Ergebnisse einzutragen wären):

| $x$  | $\Delta x$ | $w = 1 / (\Delta x)^2$ | $wx$ |
|------|------------|------------------------|------|
| .... |            |                        |      |

## 5.2 Naturwissenschaftliche Methoden

Naturwissenschaftler müssen experimentieren und kombinieren können – Neues mit Bekanntem. Auch das ist Lernen. Sie müssen Größen abschätzen, überprüfbare Vermutungen entwickeln (Hypothesen) und Problemlösungsstrategien entwickeln können (Experimente zur Hypothesen-Überprüfung).

Die folgenden, allgemeinen Üb(erleg)ungsaufgaben mit recht unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad geben Anreize, diese Fähigkeiten zu trainieren.

### !!! Wissen testen

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1 (□□■) *Logische Grundlagen:*

- Schüler Steffan Stoff sieht auf einer Klassenfahrt im Zoo von Münster, wie einen Tierpfleger Elefantendung auf Medikamentenrückstände hin untersucht. Nachdenklich fragt er seine Lehrerin: „Wie und wozu untersuchen die Wissenschaftler die Natur überhaupt?“ Seien Sie die Lehrerin: Antworten Sie dem Abiturienten in einem kurzen, korrekten Satz und erwähnen Sie in einem zweiten Satz mit, auf welcher Basis die Methoden der Naturwissenschaften beruhen!
- Die Schulklasse wandert weiter zum benachbarten Aasee. Eine Mitschülerin behauptet beim Anblick des Sees, alle Schwäne seien weiß. Als zwei Schwäne dort balzen und hintereinander herfliegen, wird in einer Diskussion über das Geschlecht der beiden Schwäne von einem frommen Klassenkameraden behauptet, Homosexualität sei naturwidrig, während sein Freund erzählt, ein berühmter Schwan in Münster habe sogar mal ein Tretboot „geliebt“. Geben Sie zwei mögliche Beispiele an, mit denen die beiden hier geäußerten Behauptungen naturwissenschaftlich „falsifiziert“ werden könnten.

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.2 (□□■ bis ■■■) *Philosophische Grundlagen:*

Welche der folgenden Annahmen sind zwingende Voraussetzungen dafür, dass man Naturwissenschaft überhaupt betreiben kann?

- Die Annahme, dass die Natur existiert,
- Die Annahme, dass natürliche Vorgänge gesetzmäßig ablaufen,
- Die Annahme, dass ein Lernen im Sinne von systematischem Schaffen von Wissen über die Natur möglich ist
- Die Annahme, dass dem lernenden Wissenschaftler Experimente stets gelingen
- Die Annahme, dass die Hypothesen des forschenden Wissenschaftlers nicht widerlegbar sind (Falsifikation)

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.3: (□■■) *Methodische Grundlagen und Grundbegriffe:*

Welche der folgenden Begriffe oder Begriffspaare sind keine Methoden, die in den Naturwissenschaften angewendet werden?

- Experiment und Empirie, b) Induktion und Deduktion, c) Verifikation und Falsifikation, d) Reduktion und Komplikation, e) Hypothesen und Theoriebildung, f) Naturgesetze und Naturkonstanten

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.4 (□■■) *Probleme analysieren und lösen*

- Aristoteles behauptete, dass alle Körper mit gleichbleibender Geschwindigkeit fallen würden (Hypothese der konstanten Fallgeschwindigkeit), zum Beispiel also eine Stahlkugel und eine Feder. Beschreiben Sie, wie man seine Hypothese widerlegen könnte.
- Stellen Sie eine Vermutung an, wie Boyle 1659 die Hypothese deduktiv überprüft hat, nach der der Unterschied in der Fallgeschwindigkeit einer Feder zu der eines Steines von der Luftreibung abhängen könnte.
- Geben Sie an, wie man die Überprüfung der Hypothese aus Teilaufgabe b auch bei Fallhöhen über 100 km vornehmen könnte, und erklären Sie, was Voraussagen einer kommenden Sonnenfinsternis oder des nächsten Wahlergebnisses mit Extrapolation und Interpolation zu tun haben (Hinweis: Es geht nicht um Interpol!).

- d) Wie nennt man das Treffen einer Aussage über den Zustand eines Systems, das nicht direkt untersucht wurde, aber im Bereich des schon bekannten Verhaltens des Systems liegt?
- e) Und Naturwissenschaftler wie z. B. Astronomen (Sternforscher) sind keine Propheten oder Wahrsager wie z. B. Astrologen (Sterndeuter): was bezeichnet man als „Vorhersagbarkeit“ in den Naturwissenschaften?

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.5** (□□■ bis □■■) *Experimente Überprüfung als Methode:*

Überlegen und diskutieren Sie, ob und wie folgende Behauptungen **naturwissenschaftlich** überprüfbar sind.

- a) Die Erde ist eine Scheibe (bzw. die Gegenbehauptung: Sie ist rund)
- b) Jericho ist die älteste Stadt der Welt,
- c) Übermorgen wird es in Berlin regnen,
- d) Herr A liebt seine Ehefrau,
- e) im 1. Jahrhundert christlicher Zeitrechnung starb ein gewisser Jesus von Nazareth in Palästina,
- f) die im Sternbild Zwillinge Geborenen haben eine gesplante Persönlichkeit,
- g) Gott erschuf das Universum und alle Atome darin vor etwa 15 Milliarden Jahren.
- h) Welche Naturwissenschaft wäre für welche der o. g. Behauptungen a)-g) zuständig ?

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.6** (□□■ bis □■■) *Fachbegriffe definieren, erklären und anwenden:*

Erklären Sie in je einem Satz folgende Begriffe und nennen Sie einige Arbeitsbereiche bzw. Kennzeichen:

- a) Biologie, b) Astrologie, c) Mechanik, d) Volumen, e) verifizierte Hypothese, f) experimentelle Forschung.

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.7** (□□■ bis □■■) *Hypothese und Spekulation differenzieren:*

Welche der folgenden Aussagen sind unwissenschaftliche Vermutungen, welche sind wissenschaftlich überprüfbare Hypothesen?

- a) Anton liebt seine Freundin; b) Gott existiert; c) Aluminium hat eine höhere Dichte als Blei; d) außerhalb des Universums existieren 13 Parallel-Welten; e) in der Milchstraße gibt es Wasserstoff-Wolken; f) schon im Jahre 60 n. Chr. gab es in Rom Christen).

(Beschreiben Sie auch den Unterschied zwischen einer bloßen, unwissenschaftlichen Vermutung und einer wissenschaftlichen Hypothese. Erklären Sie auch die Begriffe „Axiom“ und „Theorie“.)

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.8** (□■■ bis ■■■) *Verifikation – Überprüfbarkeit:*

Welcher der folgenden Sätze ist - nach Ihrer Meinung - empirisch, also rechnerisch oder experimentell überprüfbar? Wie könnte ein entsprechendes Experiment durchgeführt werden? Begründen Sie Ihre Antwort und rechnen Sie ggf. genannte Werte mit Hilfe der Tabelle Nr.1 „Messeinheiten“ im Anhang nach!

- a) Affe und Mensch haben einen gemeinsamen, bereits ausgestorbenen Vorfahren gehabt,
- b) Am 7.10.2135 wird in Westfalen eine Sonnenfinsternis zu beobachten sein,
- c) Zur Beschleunigung eines Körpers der Masse  $m = 4 \text{ kg}$  von fünf auf zehn km/h ist eine Kraft von etwa 5,74 N erforderlich,
- d) Julius Cäsar wurde im Jahr 44 v. Chr. Brutal ermordet,
- e) Das Licht sich mit fast Lichtgeschwindigkeit von uns entfernender Galaxien verliert an Energie („Rotverschiebung“ im Spektrum),
- f) der „Luftdruck“ an der Marsoberfläche beträgt etwa ein Promill des irdischen Luftdruckes,
- g) Die Arbeitsleistung eines menschlichen Herzens pro Sekunde (2,237 Ws) übertrifft die bei Verbrennung von 2 mmol Methangas ( $\text{CH}_4$ ) freiwerdende Wärmeenergie  $E$  um 693 Joule.

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.9** (□■■ bis ■■■) *Begriffsdefinition:*

(Er)klären Sie den Begriff „Naturkonstante“: Können Größen wie die Lichtgeschwindigkeit, der Luftdruck in Meereshöhe oder der absolute Nullpunkt eigentlich solche allgemein gültige Bezugsgrößen oder Natur-konstanten darstellen?

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.10:** (□□■ bis □■■) *Messgrößen:*

- a) Zählen Sie die SI-Grundeinheiten der sieben Basisgrößen des m-kg-s-Systems auf.

b) Nennen Sie auch vier abgeleitete Messgrößen.

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.11:** (□□■) *Multiple-choice-Aufgaben –spontane Entscheidung gefragt:*  
Wie nennt man die naturwissenschaftliche Untersuchung unbekannter Proben?

a) Analyse, b) Elektrolyse, c) Photolyse, d) Protolyse

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.12:** (□□■)

Wie heißt das Messinstrument, mit dem man den Säure- oder Basegehalt einer Lösung testen kann?

a) Thermometer, b) Manometer, c) Zunge, d) Indikatorpapier

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.13** (□■■)

Was ist eine naturwissenschaftliche „Kreuzprobe“?

a) Der Nachweis von Ammoniumsalzen unter anderem mit gekreuztem Indikatorpapier auf Uhrgläsern  
b) Der Frömmigkeitstest für Chemiker in kirchlichem Auftrag an staatlichen Untersuchungsämtern?  
c) Der bakteriologische Nachweis von Grippe-Erregern in Getränken  
d) Der Versuch, biologisch aktive Organismen mit organischen Riesenmolekülen zu kreuzen

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.14** (□■■)

Vier gleichartige Bindungen oder Orbitale an einem Atom nehmen einen möglichst großen Abstand zueinander ein. Welche hypothetische Form haben demzufolge in einem Komplex-Molekül die vier  $sp^2$ -Hybridorbitale um ein Zentralatom?

a) oktaedrisch, b) quadratisch, c) trigonal, d) rhomboedrisch

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.15** (□■■ bis ■■■)

Boltzmann und Planck stellten Untersuchungen auf dem Gebiet der statistischen Mechanik an und entdeckten, wie man die durchschnittliche, kinetische Energie eines Gasteilchens bei einer bestimmten Temperatur berechnet. Was genau wird demzufolge mit Hilfe der Naturkonstante von Boltzmann berechenbar?

a) Die Brownsche Molekularbewegung  
b) Die elektrolytische Dissoziationskonstante  
c) Die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung  
d) Die van-der-Waals'schen Anziehungskräfte

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.16** (□■■ bis ■■■) *Eine Hypothese auf und zu Papier bringen:*

Wie lang wäre eine Kette aus allen Cellulosemolekülen einer DIN-A-5-Buchseite?

a) 500 Meter, b) Vier Erddurchmesser,  
c) Drei Mal die Strecke Erde-Mond, d) 100.000 mal die Strecke Erde-Sonne

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.17** (□□■) *Wissensfragen unüberlegt und schnell beantworten:*

- 1) Was erhofften sich Alchimisten vom Stein der Weisen?  
a) Einen Jungbrunnen, b) Ein Rezept zur Goldherstellung,  
c) Eine Wunderwaffe gegen Kreuzritter, d) Einen Supersprengstoff
- 2) Warum heißt Schwarzpulver Schwarzpulver?  
a) Der Entdecker hieß Bertold Schwarz, b) Es besteht aus schwarzem Kohlenstoff,  
c) Nach der Zündung wird einem schwarz vor Augen, d) Es wird zu Zwecken schwarzen Humors benutzt
- 3) Welcher Geist beißt in der Nase?  
a) Weingeist, b) Salmiakgeist, c) Holzgeist, d) Poltergeist
- 4) Welcher der folgenden Stoffe gelingt bei Raumtemperatur am leichtesten in die Nase?  
a) Aromastoff, b) Kunststoff, c) Nährstoff, d) Farbstoff
- 5) Wie heißt das Messinstrument, mit dem man den Säure- oder Basegehalt einer Lösung testen kann?  
a) Thermometer, b) Manometer, c) Zunge, d) Indikatorpapier

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.18** (□□■ bis □■■) *Memorieren – Gedächtniswirksames einüben, eine lernmethodisch ausgerichtete Trainingsaufgabe:*

a) Bearbeiten Sie (ggf. erneut) z. B. folgende Aufgaben: Kap. 1.1, Aufg. Nr. 6, 12, 16 und 19.  
b) Notieren Sie zwecks Lernerfolgskontrolle anschließend jedes Mal, wie viele der Teilaufgaben (oder % der Aufgaben) Sie richtig gelöst haben (Lösungen sie am Kapitelende):

- c) Wiederholen Sie nach Kenntnisnahme der jeweils richtigen Lösungen spätestens nach 10 Minuten die gleichen Aufgaben erneut.
- d) Notieren Sie zwecks Lernerfolgskontrolle anschließend auch hier jedes Mal, wie viele der Teilaufgaben (oder % der Aufgaben) Sie richtig gelöst haben.
- e) Berechnen Sie, um wie viel % sich Ihr Lernerfolg gesteigert hat.
- f) Wiederholen Sie Teilaufgabe b+c erneut nach spätestens 2 Stunden. Wie groß ist Ihre Lernerfolgssteigerung in % dieses Mal?

### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.19** (□□■ bis □■□) „*Learning by doing*“:

Verfassen Sie für den Eigengebrauch (oder auch zur Wiedergabe in Ihrer Lerngruppe) eine Lernzusammenfassung (z. B. in Form von Merksätzen) zu den Themen „Lernen mit Methode“ und „Arbeitsmethoden in der Chemie und in den Naturwissenschaften allgemein“.

Als Vergleichs- bzw. Lösungsbeispiel zu Aufgabe 19 folgt hier eine Lernzusammenfassung (ein kurzer einführender Überblick) über und in Lernmethoden und die Forschungsbereiche und Disziplinen der Naturwissenschaften. Zu den anderen Aufgaben – auch in den folgenden Kapiteln – finden Sie die Lösungen sowie viele Lernhilfen und Lösungshinweise am Ende des jeweiligen Kapitels.

## 5.3 Lernzusammenfassung zu den bisherigen Kapiteln

### **!!! Noch einmal in Kürze**

- Lernen mit Methode: Neuer Lernstoff sollte – wenn man Lernerfolge erreichen will – neu geordnet, strukturiert und mit schon vorhandenem Wissen verknüpft werden („einsortieren“)! Wenn er im Gedächtnis haften bleiben soll, sollte er zudem öfters bewusst erinnert, angewendet und wiederholt werden.
- Aufgaben lösen mit Methode: Es gibt grundsätzlich drei Schwierigkeitsgrade, die eine Aufgabe aufweisen kann, die RPT-Grade: Repetition (Wiederholung, Wiedergabe), Transfer (Übertragen, Regeln anwenden) und Problemlösung.
- Mathematische Methoden: Zahlen- und mengenmäßig erfassbare Daten (wie z. B. Messergebnisse) werden mit mathematischen Methoden erfasst und ausgewertet. Wenn es um Sachverhalte in der Chemie geht, in denen Zufallsergebnisse ablaufen, werden Methoden aus der Statistik angewendet, die der Mathematiker *Gauss* entwickelt hat.
- Naturwissenschaftliche Methoden: Die Naturwissenschaften untersuchen die belebte und unbelebte Natur (wie z. B. alle empirisch zugänglichen Erscheinungen von Materie und Energie) durch Beobachten, Messen und Analysieren (mit mathematischen Methoden), um sie in Form allgemeiner Naturgesetze beschreiben und vorhersagen zu können (erklären und nutzbar machen). Die Erkenntnisse werden gewonnen, indem Hypothesen formuliert und experimentell überprüft werden.

### **Gebiete und Methoden der Naturwissenschaften:**

Die Naturwissenschaften stellen die Lehre von den Erkenntnissen über die Natur um uns herum dar (vom Wissen und der Erkenntnisgewinnung über unsere Umwelt). Klassisch unterteilt man sie in Physik (Lehre von den Erscheinungen in der unbelebten Natur), Chemie (Lehre der Stoffe und Stoffumwandlungen) und Biologie (Lehre von der belebten Natur, dem Leben). Und man grenzt sie von den Geisteswissenschaften ab (wie Philosophie, Theologie, Mathematik) und von der Technik (anwendungsorientierte, zumeist auf Maschinen orientierte Handwerkskunst und Verfahrenslehre).

Ihre Erkenntnisse gewinnen die Naturwissenschaften durch kritisches Beobachten, Messen und Experimentieren, wobei sie sich nur auf be-/erwiesene Theorien und Modelle stützen bzw. nur von mess- und im Experiment

überprüfbareren Fakten ausgehen („Positivismus“), statt zu spekulieren (wie in der Philosophie) oder die Existenz unbeweisbarer, übernatürlicher Mächte und Gewalten vorauszusetzen (wie in den Religionen).

Die Naturwissenschaften beschreiben, ordnen und vergleichen Naturerscheinungen und ermitteln zwischen ihnen bestehende Beziehungen zur Ableitung von Gesetzmäßigkeiten und Regeln. Sie können unterteilt werden in die exakten (messenden) Disziplinen und Naturwissenschaften (Biologie, Physik, Chemie) und die eher beschreibenden Naturwissenschaften (Geographie, Geologie, Mineralogie), jeweils unterteilt in Grundlagenforschung (zweckfrei) und angewandte Forschung (z. B. Technik, Medizin usw.), die durch Naturerkenntnis Naturbeeinflussung oder gar –beherrschung erlangen will. Jede Naturwissenschaft lässt sich je nach Forschungsgebiet und –ziel daher in Teil- und Überschneidungsbereiche untergliedern, die so genannten Disziplinen:

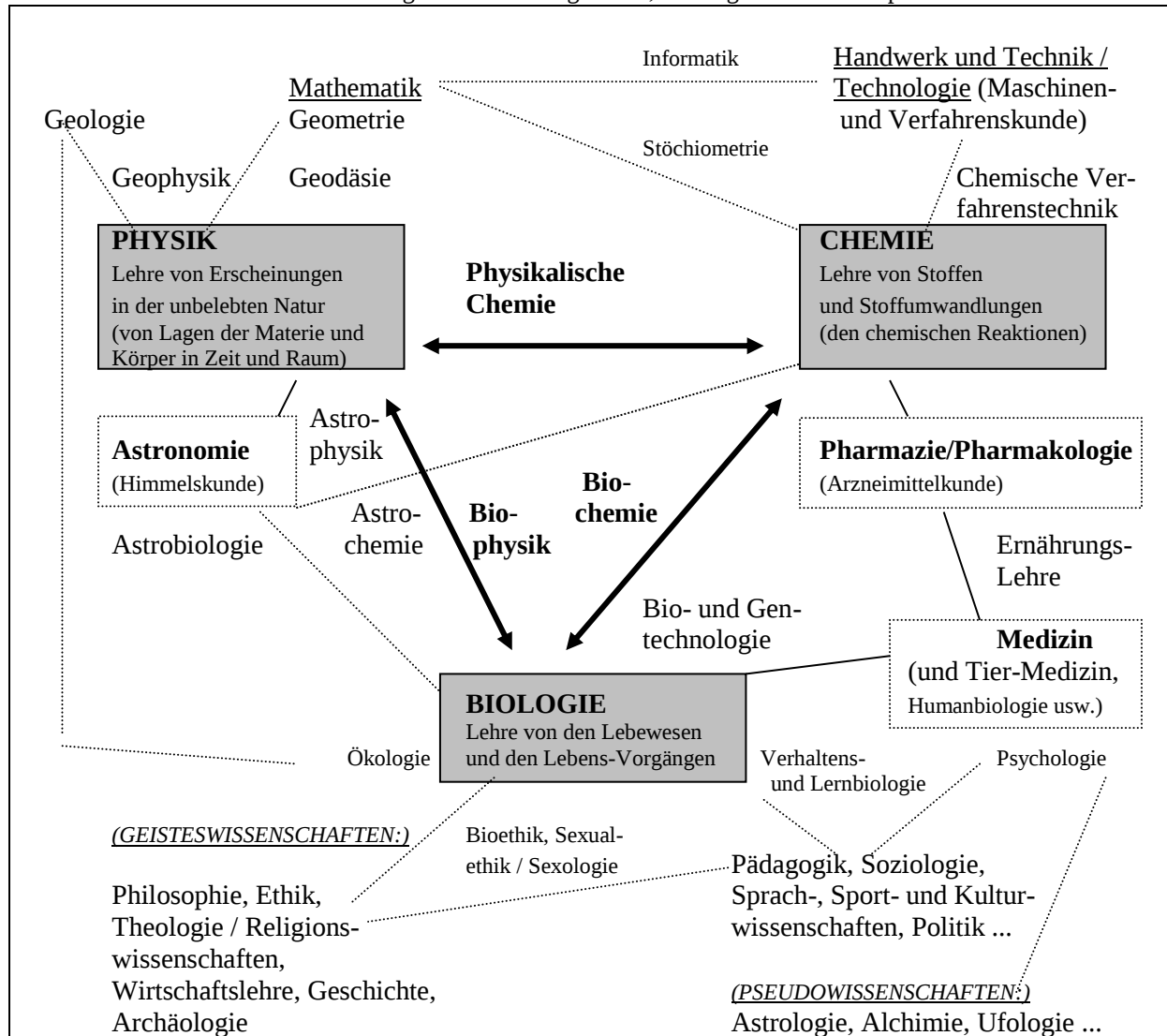


Abb. 1.6: Teilgebiete der Naturwissenschaften und ihrer Grenzgebiete

In einigen Teilbereichen gibt es auch Beziehungen der Naturwissenschaften zu Bereichen der so genannten Geisteswissenschaften, die sich mehr mit der geschichtlich-gesellschaftlichen Wirklichkeit befassen. Sie arbeiten nicht messend und beobachtend, sondern mehr sinnverstehend und nacherlebend - das erkennende Subjekt steht hier keinem gegenständlich-materiellen Objekt gegenüber, sondern gehört dem zu untersuchenden Zusammenhang selbst an. Es sucht nach einem Verständnis von Sinn- und Lebenszusammenhängen („Hermeneutik“).

Zu den Geisteswissenschaften zählen z.B. Philosophie, Ethik, Theologie und Religionswissenschaften, die Erziehungs-, Sprach-, Sport-, Theater-, Film-, Medien-, Kultur-, Gesellschafts-, Politik-, Wirtschafts- und Geschichtswissenschaften sowie die Mathematik. Naturwissenschaftlich-geisteswissenschaftliche Grenz- und Überschneidungsbereiche wären z.B. die Bioethik und Bereiche der Ökologie (Naturschutz usw.), die Kriminologie, Arbeitsmedizin, Sexologie, Hauswirtschaft und Ernährungslehre usw.

Die Chemie befasst sich mit Stoffen und Stoffumwandlungen.

## 6 Lernhilfen und Lösungen zu Kap. 4 und 5

Lernhilfen und -hinweis: Wenn das Lösen der vorausgegangenen Üb(erleg)ungsaufgaben in diesem Kapitel so nicht gelungen ist, kann es mit Hilfe der Lernzusammenfassung nochmals trainiert werden (Wiederholung). Eine weitere, anschließende Lernhilfe ist der Vergleich der eigenen Lösungsversuche mit den folgenden Lösungshinweisen und Lösungen zum jeweiligen Kapitel (Anwendung, Lernerfolgskontrolle).

### 6.1 Hinweise und Lösungen zu Kap. 4

Hier stehen die Lösungen zu den Aufgaben Nr. 1 bis 3 noch im Einführungs-Text. Weitere mögliche Ergebnisse (und Lösungswege) sind:

**!!! Richtig gelöst**

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.4:** Das vollständig ausgefüllte Raster ist:

| Von links nach rechts einzusetzen: ↓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    | Spalte: →                                                                                | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Wichtiges Element<br>2 Was die Ordnungszahl angibt<br>3 Hauptgruppe im PSE<br>4 Mineral zur Gewinnung von Flüssigmetall<br>5 Gebrauchsmetall für Folien<br>6 Hauptgruppe im PSE<br>7 Gruppenbezeichnung für Elemente wie Silizium, Germanium und Tellur im Mittelbereich des PSE<br>8. Beleuchtung mit Hilfe eines Elementes<br>9. Verbindung eines Elementes der 7. Hauptgruppe mit einem gebräuchlichen Schwermetall<br>10. Chlorverbindung eines Leichtmetalles der Nebengruppen<br>11. Teilchen in der Atomhülle eines leuchtkräftigen Elementes rechts im PSE | 1  |                                                                                          | - | - | - | K | O | H | L | E | N | S | T | O | F | F |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2  |                                                                                          | - | K | E | R | N | L | A | D | U | N | G | - | - | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3  |                                                                                          | - | - | - | - | - | E | D | E | L | G | A | S | E | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4  |                                                                                          | Q | U | E | C | K | S | I | L | B | E | R | E | R | Z |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5  |                                                                                          | - | - | - | - | A | L | U | M | I | N | I | U | M | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6  |                                                                                          | A | L | K | A | L | I | M | E | T | A | L | L | E | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 7  |                                                                                          | - | H | A | L | B | M | E | T | A | L | L | E | - | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8  |                                                                                          | - | X | E | N | O | N | L | A | M | P | E | - | - | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 9  |                                                                                          |   | B | L | E | I | H | A | L | O | G | E | N | I | D |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 10 |                                                                                          | T | I | T | A | N | C | H | L | O | R | I | D | - | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 11 |                                                                                          | - | N | E | O | N | E | L | E | K | T | R | O | N | - |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    | Lösungsworte: Kälte, on, Kalb, slim, Ladium (statt Radium), Edelmetalle, Rille, Ei, Eule |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.5:** Kreuzworträtsel, vollständig ausgefüllt:

|    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1  | S | C | H | W | E | F | E | L | N | P  | S  | A  |
| 2  |   | H |   | I |   | R | E | A | G | E  | N  | Z  |
| 3  | P | R | I | S | E |   | A | T |   | N  |    | O  |
| 4  |   | O |   | E | H | Y | D | R | A | T  |    | F  |
| 5  | A | M | I | N | O |   |   | I |   | A  | D  | A  |
| 6  | S | A | L | Z | S | A | E | U | R | E  | I  | R  |
| 7  |   | T | R | I | T | I | U | M |   | R  |    | B  |
| 8  | R | O | S | T |   |   | R |   |   | Y  | L  | E  |
| 9  | A | G | A | R | A | G | A | R |   | T  | R  | I  |
| 10 |   | R |   | A | T |   | N |   |   | H  |    |    |
| 11 | D | A | L | T | O | N |   | B | O | R  | A  | T  |
| 12 |   | F | I |   | M |   |   |   | I | I  |    | A  |
| 13 | S | I | L | B | E | R | F | I | L | T  | E  | R  |
| 14 |   | E | A |   |   |   | R | N |   | R  | N  | A  |

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.6:** 1c, 2b, 3d, 4b, 5c, 6b, 7d (Kongorot ist ein Indikator!), 8d, 9e (nach dem Farbstoff Indigo, da es die Flamme indigoblau färbt), 10b, 11c, 12h [die Himmelskörper, nach denen die Elemente benannt wurden, sind: a) Cer (Planetoid Ceres), b) Helium (Sonne), c) Uran(us), d) Neptunium, e) Plutonium, f) Palladium (nach Pallas), g) Selen (griech. Selene heißt Mond)], 13d (Das Atomium ist ein Bauwerk(Denkmal einer Expo in Brüssel), 14a, 15d, 16e, 17d

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.7:** Ytterby – nach diesem Ort wurden folgende Elemente benannt: Erbium, Terbium, Yttrium und Ytterbium

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.8:**

a) Ein chemisch zerlegbarer Reinstoff, b) Ein physikalisch auftrennbares Gemenge aus mindestens zwei Stoffen, c) ein Vorgang, bei dem mindestens ein neuer Stoff entsteht (Stoffumwandlung)

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.9:**

Eine chemische Verbindung ist ein Reinstoff und somit physikalisch nicht auftrennbar, ein Stoffgemisch ist physikalisch in mind. 2 Reinstoffe auftrennbar (Stofftrennverfahren, Separation). Zudem sind chemische Verbindungen aus Elementen nur in bestimmten Massenverhältnissen zusammengesetzt und haben als Reinstoffe immer gleiche, charakteristische Stoffeigenschaften. Stoffgemische hingegen haben je nach Art und Menge der Einzelkomponenten unterschiedliche Stoffeigenschaften und in der Regel sind die Komponenten auch beliebig mischbar (keine konstanten Massenverhältnisse).

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.10:**

Auf die Aufgabenstellung achten! Diese (Klausur-)Aufgabe ist zweiteilig formuliert:

- a) Erklären Sie die hier ablaufenden chemischen und physikalischen Vorgänge und
- b) bezeichnen Sie die jeweils vor und nach Zündung des Gemisches vorliegenden Zubereitungen.

Die Antwort sollte ebenfalls zweigliedrig sowie gut formuliert erfolgen und könnte lauten:

- a) Das Verreiben im Mörser ist ein physikalischer Vorgang (Mischverfahren mit Zerkleinerung), das Zünden löst einen chemischen Vorgang aus (Reaktionsstart durch Zuführen von Aktivierungsenergie, Erklärung s.u.).
- b) Vor Zündung des Gemisches liegt ein Schwefelpulver/Eisenpulver-Stoffgemisch vor, nach der Zündung die chemische Verbindung Eisen-II-sulfid (und ggf. Reste der Ausgangsstoffe).

**Erläuterung:** Schwefel und Eisen sind zwei Reinstoffe – das Pulvergemisch (ein Stoffgemisch, in beliebigen Mengenverhältnissen aus Eisen- und Schwefelpulver herstellbar) ist nach dem Mörsern physikalisch wieder in die zwei Reinstoffe auftrennbar (Magnetscheiden). Stoffgemische haben je nach Art und Menge der Einzelkomponenten unterschiedliche Stoffeigenschaften (Farbe je nach Mengenanteil des Schwefelpulvers, Magnetisierbarkeit und elektr. Leitfähigkeit des Eisens bleibt erhalten, Löslichkeit des Schwefels in Schwefelkohlenstoff oder Benzol ebenfalls). Beim Zünden reagieren Eisen und Schwefel nur in bestimmten Massenverhältnissen zur chemischen Verbindung Eisen-II-sulfid (Gesetz der konstante Massenverhältnisse), die vorherigen Stoffeigenschaften der Elemente verschwinden und die der neu entstandenen Verbindung zeigen sich (z. B. schwarze Farbe, Sprödigkeit des Feststoffes usw.). Der neu entstandene Stoff (das Reaktionsprodukt) ist physikalisch nicht mehr auftrennbar.

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.11:**

Der korrekte Text findet sich oben unter „Erläuterung“ (Lösung zu Aufgabe 10)!

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.12:** 1B, 2E, 3F, 4A, 5C, 6D

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.13:**

**Teilaufgabe 1:** Siehe Schlusszusammenfassung von Kap. 2!

**Teilaufgabe 2:** a) Suspension, b) Sediment(ation), c) Dekantieren, d) Flotation, e) Extrakt, f) Dispersion (auch: Emulsion)

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.14:**

Dichte (im Scheidetrichter), Partikelgröße (beim Filtrieren und Sieben), Magnetisierbarkeit (beim Magnetscheiden), Löslichkeit (bei Filtration und Extraktion), Benetzbarkeit (beim Schwimmscheiden, der Flotation), Teilchenbeweglichkeit (bei der Chromatographie)

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.15:**

a) Dichte, b) Magnetisierbarkeit, c) Benetzbarkeit, d) Teilchenbeweglichkeit, e) Teilchengröße, f) Löslichkeit

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.16:**

- a) Das Vakuumtrocknungsverfahren; b) Die acht präparativen Arbeitsschritte sind im Allgemeinen:
- 1) Lektüre der Versuchsvorschrift und Erstellung der Betriebsanweisung gemäß GefStoffVO, 2) Planung des Versuchsaufbaus und der Versuchsdurchführung (der konkreten Synthese-Operation und -Apparatur), 3) Planung der Produktaufbereitung (Isolation und Reinigung des Präparates) und -verwendung oder -entsorgung, 4) Aufbau der Labor-Apparatur, 5) Durchführung der Synthese, 6) Qualitätskontrolle (Analyse) des Rohpräparates, 7) Reinigung und Isolation des Präparates, 8) Qualitätskontrolle (Analyse) des Endpräparates [nach: M. Wächter, Tabellenbuch der Chemie. Daten zur Analytik, Laborpraxis und Theorie, Wiley-VCH, S. 426 (Kap. 10.3), ISBN: 978-3-527-32960-1. Mehrere Beispiele inkl. Versuchsvorschriften zur präparativen Chemie finden sich z. B. im Organikum oder auch bei: M. Wächter, Chemielabor. Einführung in die Laborpraxis, Wiley-VCH, S. 343 (Kap. 6), ISBN: 978-3-527-32996-0].
- c) Die Lösungen sind:
- 1) Milch/Eiweißlösung/Kochsalzlösung, mit:  $> 10^{-6} \text{ m} / 10^{-9}$  bis  $10^{-6} \text{ m} / < 10^{-6} \text{ m}$ ,
  - 2) c, d, e, i, k l, m; 3) k + l; 4) a, c, n; 5) f, j; 6) e, i; 7) 100-200g / 0,01-1,0 mg 8) -100°C bis +78°C;
  - 9) c, n, o; 10) n, o; 11) l, m 12) a; 13) a;
  - 14) Sterilfiltration: Porenweite max. 1 bis 1,7  $\mu\text{m}$  (Porosität 5), Schlammfiltration Porenweite 150 bis 200  $\mu\text{m}$  (Porosität 0).

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.17:

- a) 1, 7, 13, 14, 19 bis 22, 24, 25; b) 2, 8, 15, 23, 26, 27; c) 3, 9;  
d) 4, 10, 16, 28 bis 31; e) 5, 11, 17, 32 bis 36; f) 6, 12, 18.

[vgl. Kataloge für Laborbedarf und Glasgeräte, hier angegeben nach: M. Wächter, Tabellenbuch der Chemie. Daten zur Analytik, Laborpraxis und Theorie, Wiley-VCH, S. 426]

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.18:

- a) HPLC, b) WLD, c) GC-MS, d) RFA, e) AES (Flammen-AES, Photometrie)

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.19:

- 1) b (über 100 Mio. t/a), 2) a (60 Mio. t/a, an Chlor wird 48,46 Mio. t/a produziert),  
3) Cr (9 Mio. t/a, an Ni wird 7 Mio. t/a produziert).

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.20:

a10, b9, c8, d6, 36, f7, g6, h5 (Erdölentschwefelung), i4, j11, k12, l13, m13, n14, o15, p16, q1, r2, s17, t3

## 6.2 Hinweise und Lösungen zu Kap. 5.1

### !!! Richtig gelöst

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1:

1 Mol Wasser sind rund  $6 \cdot 10^{23}$  Teilchen (also 18 mL bzw. 18g).

Der 1-L-Eintopf, den Jakob dem Esau gab, enthielt  $1000 \text{ mL} / 18 \text{ mL/mol} = 55,55 \text{ mol}$  Wasser,

das sind  $55,55 \cdot 6 \cdot 10^{23}$  Wassermoleküle =  $333 \cdot 10^{23}$  Teilchen ( $3 \cdot 10^{25}$ ).

Der Weltvorrat an Wasser beträgt, wie angegeben,  $1,4 \cdot 10^{18} \text{ t}$  bzw.  $1,8 \cdot 10^{24} \text{ g}$ . Gerundet sind diese  $10^{21} \text{ kg}$  also  $55,55 \cdot 10^{21} \text{ Mol}$  Wasser bzw.  $55,55 \cdot 10^{21} \cdot 6 \cdot 10^{23}$  Wassermoleküle, also rund  $3 \cdot 10^{46}$  Moleküle.

$3 \cdot 10^{25}$  von diesen  $3 \cdot 10^{46}$  Molekülen sind also aus jenem Eintopf, die Chance, dass ein einzelnes Molekül aus dem Eintopf stammt, ist somit  $10^{25}$  zu  $10^{46}$  bzw.  $1 : 10^{19}$ .

Wenn man nun 1 L Mineralwasser trinkt (jene  $3 \cdot 10^{25}$  Wassermoleküle, so sind darunter  $3 \cdot 10^{25} : 10^{19} = 3 \cdot 10^6$  Wassermoleküle (3 Millionen!), die ursprünglich in jenem Eintopf waren.

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.2:

Die Schülerin X erhält folgende Werte:

| $x_i$                       | $f_i$            | $f_i^2$              | Rechnung                                                             |
|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 21,18 mL                    | +0,02            | $(+0,02)^2 = 0,0004$ | $\sum_{i=1}^4 f_i^2 = 0,0252 \text{ mL}^2$                           |
| 21,14 mL                    | -0,02            | $(-0,02)^2 = 0,0004$ |                                                                      |
| 21,04 mL                    | -0,12            | $(-0,12)^2 = 0,0144$ |                                                                      |
| 21,26 mL                    | +0,10            | $(+0,10)^2 = 0,0100$ |                                                                      |
| $\Sigma = 84,62 \text{ mL}$ | $\Sigma = -0,02$ | $\Sigma = 0,0252$    | $s = \pm \sqrt{\frac{0,0252 \text{ mL}^2}{3}} = \pm 0,09 \text{ mL}$ |

Ihr Ergebnis lautet:  $\text{AM} = 21,16 \text{ mL}$ ,  $s = \pm 0,09 \text{ mL}$ ,  $n = 4$  und  $s_r = \pm 0,09 \text{ mL} / 21,16 \text{ mL} = \pm 0,004 = \pm 0,4\%$   
(Beispielaufgabe aus: Hübschmann/Links, Einführung in das chemische Rechnen, Handwerk und Technik 8.Aufl., S. 28)

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.3:

Die neun Messergebnisse  $x_1$  bis  $x_9$  mit den Werten 16,613 mg, 16,624 mg, 16,633mg, 16,628 mg, 16,620 mg, 16,618 mg, 16,624 mg, 16,622 mg und 16,615 mg ergeben einen Mittelwert von  $AM = 16,622$  mg.

Die Standardfehler des Mittelwertes beträgt  $\sigma_m = 0,002$  mg, die Standardabweichung als Wurzel des mittleren Fehlerquadrates (der Standardfehler der Einzelmessung) beträgt  $\sigma = 0,006$  mg.

Das Messergebnis lautet also  $x = (16,622 \pm 0,002)$  mg.

Bei statistischen Berechnungen von Messergebnissen werden allgemein folgende Größen verwendet:

| Größe, Gesetz                                                                                                                                                | Symbol                                | Rechenformel, Größengleichung*                                                                                                                              | Definitionen, Anmerkungen                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Messwert Nr. 1,2,3 ... n                                                                                                                                     | $x_{1,2,3...n}$                       | - (Messbereich z: $z = x \pm n \sigma$ )                                                                                                                    | $x_i$ Messwert der Messung i                                                                                                                                                                                   |
| Anzahl der Messungen                                                                                                                                         | $N, n$                                |                                                                                                                                                             | $N, n$ Anzahl der Messungen, Proben, ...                                                                                                                                                                       |
| Arithmetischer Mittelwert                                                                                                                                    | $\bar{X}$ , auch: $AM, \mu$           | $AM = 1/n \sum x_i$ , auch: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$                                                                                        | $\bar{X}$ , $AM$ Mittelwert der Messungen (auch: $\mu$ )                                                                                                                                                       |
| Relativer Fehler                                                                                                                                             | $F_{Rel}$                             | $F_{Rel} = x_i - \bar{X}$                                                                                                                                   | $x_i$ Messwert Messung i                                                                                                                                                                                       |
| Quadratischer Fehler, Mittlerer quadratischer Fehler                                                                                                         | $F_{Rel}^2$ , auch: $\sigma^2, s_x^2$ | $F_{Rel}^2 = (x_i - \bar{X})^2$ bzw. $s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$                                                                 | $\bar{X}$ , $AM$ Mittelwert<br>Ähnlich: <b>Streubereich</b> um $AM$ , Angabe als ein Vielfaches (Faktor $t$ ) von $\sigma$ : $\bar{x} \pm t \cdot \sigma$                                                      |
| Mittlere Abweichung (einer Stichprobe $x$ )                                                                                                                  | $r$ , $\Delta x$                      | $r = \frac{1}{n} \sum (x_i - AM)$                                                                                                                           | Ähnlich: Relative mittlere Abweichung $\Delta x\%$ (prozentual)                                                                                                                                                |
| Streubreite (der Messwerte)                                                                                                                                  | $x_{SB}$                              | $x_{SB} = x_{max} - x_{min}$                                                                                                                                | $x_{max}$ Größter Messwert<br>$x_{min}$ Kleinster Messwert                                                                                                                                                     |
| (absoluter) Fehler der $i$ -ten Ablesung                                                                                                                     | $e_i, F_{abs}$                        | $e_i = x_i - X$                                                                                                                                             | $X$ Wahrer Wert (unbekannte Größe)                                                                                                                                                                             |
| Fehler des Mittelwertes                                                                                                                                      | $E$                                   | $E = AM - X$                                                                                                                                                | Bereich z: $z = \bar{X} \pm n \cdot \sigma$                                                                                                                                                                    |
| Standardabweichung <i>standard deviation</i> , Wiederholstandardabweichung, mittlerer Fehler (Streuung der Werte einer Zufallsvariablen um ihren Mittelwert) | $\sigma, s_x, s$                      | $s = [\frac{1}{2} \sum (x_i - AM)^2]^{-1/2}$ bzw. $\sqrt{Var(X)} = \sigma$ , Schreibweise auch: $s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ | $d$ Residuum $d = x_i - AM$<br>$s_x$ Schätzer für die Standardabweichung $\sigma_x$ der Grundgesamtheit<br>$N$ Stichprobenumfang<br>$x_i$ Merkmalsausprägungen am $i$ -ten Element der Stichprobe              |
| Streumaß, Varianz, Relative Standardabweichung                                                                                                               | $s^2, \sigma^2, Var(X)$               | $Var(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2 \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx = \sigma^2$                   | Maß für die relative, zufällige Abweichung der Einzelwerte $x_i$ vom Mittelwert $\bar{X}$<br>(Prozentual: Symbol auch $s\%$ , Berechnung: $s\% = \sigma \cdot 100\%$ bzw. $VK = (s_x / \bar{X}) \cdot 100\%$ ) |
| Variationskoeffizient                                                                                                                                        | $VK, VarK(X)$                         | $VarK(X) = \sigma/\mu$ , $VK = s_x / \bar{X}$                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                |
| Lineare Progression, Steigung                                                                                                                                | $a$                                   | $a = (y-b) / x$                                                                                                                                             | Für $y = a \cdot x + b$<br>Achsenabschnitt: $b = y - a \cdot x$                                                                                                                                                |
| Streubereich um den Mittelwert                                                                                                                               | $SB$                                  | $SB = \bar{x} \pm t \cdot \sigma$                                                                                                                           | Angabe als ein Vielfaches ( <i>Student-Faktor</i> $t$ ) von $\sigma$                                                                                                                                           |
| Vertrauensbereich (als Intervall um den Mittelwert zwischen dessen $VG_u$ und $VG_o$ )                                                                       | $VB$                                  | $VB = \bar{x} \pm \frac{t(P, f) \cdot s_x}{\sqrt{n}}$<br>$VB = \text{Bereich } \bar{X} \pm \Delta VG$ , innerhalb dessen sich $X$ mit $P$ (in %) befindet   | $P$ statistische Sicherheit (in %), gewählt<br>$VG_u$ untere Vertrauensgrenze<br>$VG_o$ obere Vertrauensgrenze<br>$t$ Student-Faktor ( $\bar{x} \pm t \cdot \sigma$ )<br>$f$ Freiheitsgrad ( $n-1$ )           |

Tabelle aus: M. Wächter, Tabellenbuch der Chemie. Daten zur Analytik, Laborpraxis und Theorie, Wiley-VCH, S. 443f, ISBN: 978-3-527-32960-1.

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.4:

Es ergibt sich  $V = (80,3849 \pm 0,0003)$  L.

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.5:

a) Die Ergebnisse  $325 \pm 0$  mg für A und  $325 \pm 0,08$  mg für B sind wegen der ungenauen Waage unsinnig – äußerste Möglichkeit ist (ohne Berechnung mit der Formel!) die Angabe  $(325 \pm 0,5)$  mg.

b) Das Ergebnis des Schülers wäre der Mittelwert 362,6 mg, da der Wert 398,9 mg offensichtlich auf einem hohen, zufälligen Fehler beruht („Ausreißer“). Die Differenz zum Student-Ergebnis 325 beträgt 37,6 mg. Das

entspricht dem systematischen Fehler, der dem Schüler im Text unterstellt wird – obgleich seine Waage, den Messergebnissen zufolge, eine Genauigkeit von 0,1 mg zu haben scheint.

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.6:**

Es ergibt sich:

| Nr. | x    | $\Delta x$ | $w = 1 / (\Delta x)^2$ | wx                  |
|-----|------|------------|------------------------|---------------------|
| A   | 3,1  | 0,3        | 11                     | 34,1                |
| B   | 3,0  | 0,3        | 11                     | 33,0                |
| C   | 2,85 | 0,16       | 39                     | 111,2               |
| D   | 2,50 | 0,10       | 100                    | 250,0               |
|     |      |            | $\Sigma w = 161$       | $\Sigma wx = 428,3$ |

$$AM = \Sigma wx / \Sigma w = 428,3 : 161 = 2,66$$

Gewicht von 100  $\approx$  Fehler von 0,10

Gewicht von 161  $\approx$  Fehler von 0,10  $\bullet \sqrt{(100:161)} = 0,08$ .

Das Ergebnis ist somit anzugeben als  $c = (299792,66 \pm 0,08) \text{ km/s}$

(Beispiele in Aufg. 4 bis 6 aus: Squires, Messergebnisse und ihre Auswertung, de Gruyter, 1971).

## 6.3 Hinweise und Lösungen zu Kap. 5.2

### **!!! Richtig gelöst**

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.1:**

a) Methoden der Naturwissenschaftlichen: Siehe Merksatz in der Lernzusammenfassung Kap. 5.3! Ihre Methoden basieren auf Mathematik, Logik, Erkenntnistheorie und kulturell geprägten methodischen und ontologischen Prämissen (Vorannahmen) aus naturphilosophischen Reflexionen.

b) Beweis und Widerlegung/Gegenbeweis; mögliche Beispiele:

- 1) Alle Schwäne sind weiß – konkret falsifiziert z. B. durch das Gegenbeispiel des Trauerschwanes Petra am Aasee in Münster (der sich in ein schwanenförmiges Tretboot „verliebte“) – oder eben durch Trauerschwäne allgemein;
- 2) Homosexualität ist naturwidrig – konkret falsifiziert zum Beispiel durch das Gegenbeispiel eines Pinguinmännchens im Münsteraner Zoo, das sich in ein weiteres Pinguinmännchen „verliebte“ – oder eben durch andere Beispiele gleichgeschlechtlicher Zuneigung, die im Tierreich beobachtet werden konnten.

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.2:**

Naturwissenschaft setzt voraus, dass a) die Natur existiert (metaphysische Grundannahme), b) natürliche Vorgänge gesetzmäßig ablaufen, c) systematisches Schaffen von Wissen über die Natur möglich ist (innerhalb bestimmter Grenzen, erkenntnistheoretische Prämisse).

#### **Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.3:**

Naturwissenschaft wendet folgende Methoden an:

- a) Experiment und Empirie (Beobachtung und Dokumentation von Vorgängen oder Durchführung von reproduzierbaren, zumeist messenden Versuchen für eine quantitativen Analyse, mit möglichst genauen, zuverlässigen Messergebnissen)
- b) Induktion und Deduktion (Schluss von der Untersuchung eines Phänomens auf allgemeine Regeln und Erkenntnisse bzw. von einer als wahr angenommenen Hypothese auf eine empirisch überprüfbares Phänomen durch logische Schlussfolgerung)
- c) Verifikation und Falsifikation (Beweis und Widerlegung/Gegenbeweis; Beispiel: Alle Schwäne sind weiß – falsifiziert durch das Gegenbeispiel des Trauerschwanes Petra am Aasee in Münster, der sich in ein schwanenförmiges Tretboot „verliebte“; Homosexualität ist naturwidrig – falsifiziert durch das Gegenbeispiel eines Pinguinmännchens im Münsteraner Zoo, das sich in ein weiteres Pinguinmännchen „verliebte“). Theorien sollen stattdessen nie als endgültig angesehen, sondern immer hinterfragt werden, wobei sie sich entweder bewährt halten oder zuletzt doch falsifiziert werden (Popper)
- d) Reduktion (Sind mehrere Gesetzmäßigkeiten über Vorgänge in der Natur bekannt, kann angenommen werden, dass sie voneinander abhängig sind, beispielsweise eine gemeinsame Ursache haben und auf ein allgemeines Prinzip reduziert werden können; eine wachsende Anzahl an Sachverhalten wird auf einfache Mechanismen oder Gesetze zurückgeführt, Beispiel: Die Schwerkraft, die den Fall eines Steines auf den Boden bewirkt, kann mit genau demselben Gesetz beschrieben werden, wie die Anziehungskraft zwischen Sonne und Erde oder auch wie das Phänomen der Gezeiten (Ebbe und Flut), Gravitationsgesetz von Isaac Newton: Zwei Körper üben auf sich gegenseitig eine Kraft aus, die von ihren Massen und ihrem Abstand abhängt)

- Komplikation hingegen ist keine Methode der Naturwissenschaft: Nichts sollte unnötig verkompliziert werden (was Komplexe hervorrufen könnte!). Das Gegenmittel zu unnötigen Komplikationen wird in der Didaktik übrigens als „didaktische Reduktion“ bezeichnet: Dinge möglichst einfach erklären, indem man von dem ausgeht, was der / die Angesprochene bereits kennt.

e) Hypothesen und Theoriebildung (Erkenntnisgewinn: Von der allgemeinen Theorie wird durch Deduktion auf einen empirischen Spezialfall geschlossen, aus der speziellen Empirie durch Induktion auf die allgemeine Theorie – beruhend auf fundamentalen Grundlagen, den Postulaten bzw. Axiomen).

f) Naturgesetze und Naturkonstanten sind keine naturwissenschaftlichen Methoden, sondern Ergebnisse aus Hypothesen und Theoriebildungen. Unterscheidung von Naturgesetz und Naturkonstante:

- Naturgesetz: gut belegte und zentrale Aussagen einer bewährten Theorie in der Physik

- Naturkonstante: wichtige Messwerte, die sich räumlich und zeitlich nicht verändern (in mathematisch formulierten Naturgesetzen)

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.4:

a) Eine Stahlkugel, die in einer ersten Zeiteinheit 1 mm fällt, fällt in der Zweiten zwei, dann neun, 16, 25, 36, 49, 64, 81 und 100 mm. Hieraus kann man folgern, dass die Geschwindigkeit des fallenden Körpers direkt proportional zu seiner Fallzeit ist – mathematisch: dass die zurückgelegte Strecke des Körpers quadratisch mit der Zeit zunimmt (Die **Hypothese** einer konstanten Fallgeschwindigkeit von Aristoteles wird somit **widerlegt**).

b) Eine Feder fällt langsamer als die Stahlkugel, was zu der Hypothese führt, dass das auf die Luftreibung zurückzuführen ist. Um diese Hypothese deduktiv zu prüfen, lässt man Feder und Stahlkugel in einem evakuierten Glaszylinder fallen (Robert Boyle demonstrierte 1659, dass beliebige Körper unterschiedlicher Masse, etwa eine Feder und ein Stein, im Vakuum beim Fall aus gleicher Höhe gleichzeitig den Boden erreichen).

c) Wenn überprüft werden soll, ob diese Regel auch bei Fallhöhen über 100 km gilt, aus bestimmten Gründen das Verhalten eines Systems in einem Bereich also nicht untersucht werden kann, dann können aber trotzdem Aussagen für die Entwicklung des Systems mit Hilfe von bekannten Gesetzmäßigkeiten getroffen werden (**Extrapolation**; Beispiel: Hochrechnungen vor Wahlen zu den erwarteten Wahlergebnissen, stichprobenartige Befragungen ergeben relativ repräsentative Werte zur Hochrechnung).

d) Das Treffen einer Aussage über den Zustand eines Systems, das nicht direkt untersucht wurde, aber im Bereich des schon bekannten Verhaltens des Systems liegt, wird als **Interpolation** bezeichnet.

e) Gewinnt man deduktiv eine Aussage über ein Ereignis, das in der Zukunft stattfinden soll, so spricht man auch von der Vorhersagbarkeit (Beispiel: Astronomische Berechnung der Zeitdauer kommender Sonnen- und Mondfinsternisse aus Bewegungsgleichungen von Himmelskörpern)

#### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.5:

a) Antike Methode (Eratosthenes, um 200 v.Chr., Alexandria): Um 12 Uhr mittags fällt in einem Brunnen in Syene (in Äquatornähe) und ebenso an einem senkrecht in der Erde steckenden Stab kein Schatten (da die Sonne im Zenit steht). Ein Obelisk in Alexandria aber wirft zur gleichen Zeit einen Schatten. Dort fallen die Strahlen der Sonne also in einem durch den Winkel  $\alpha$  vom Zenit (dem rechten Winkel zum Erdboden) abweichenden Betrag ein. Aus dem Winkel  $\alpha \cong 7,2^\circ$  ergibt sich eine Krümmung der Erdoberfläche - die Erde ist daher kugelförmig statt eben (Eratosthenes berechnete ca. 200 v. Chr. den Erdumfang so auf 12% genau!). Neuzeitliche Methode: Entsendung eines Weltraumsatelliten, der aus genügend großer Höhe die Krümmung des Horizontes bzw. den Erdglobus insgesamt fotografiert.

b) Archäologische Ausgrabung der untersten Siedlungsschicht und Altersbestimmung an Holz- und Kohleresten derselben (C-14- bzw. Radiocarbon-Methode): Jericho wurde um 7000-8000 v. Chr. gegründet.

c) nicht eindeutig beweisbar, aber durch Analyse von Wetterdaten (Windgeschwindigkeit, -richtung und -temperatur, Luftdruck und -feuchtigkeit) aufgrund von Wahrscheinlichkeitsberechnungen statistisch voraus-sagbar (prognostizierbar) - um so sicherer, je näher der gefragte Zeitpunkt liegt.

d) wissenschaftlich nicht überprüf- und belegbar! Hier kann man nur hoffnungsvoll auf Erfahrungswerte vertrauen - Vertrauen ist aber wie Glaube ein auf einer freien, persönlichen (Willens-)Entscheidung statt auf wissenschaftlichen Daten und Beweisen beruhender Beschluss auf der Ebene zwischenmenschlicher Beziehungen.

e) Analyse und vergleichende Datierung der Berichte von Geschichtsschreibern, die von diesem Ereignis berichten (Außerhalb der biblischen Berichte - entstanden ca. 50-110 n. Chr. - wird vom Kreuzestod eines Jesus von Nazareth zur Zeit des Prokurators Pontius Pilatus und des Kaisers Tiberius berichtet von den römischen Geschichtsschreibern Plinius junior und Cornelius Tacitus, indirekt auch von Suetonius sowie dem Samaritaner Thallus - zitiert von Julius Africanus - und den jüdischen Geschichtsschreibern Flavius Josephus sowie in der Mischna und dem Talmud).

f) naturwissenschaftlich (psychoanalytisch) auch durch repräsentative Statistiken nicht belegbar (das ist Astrologie statt Astronomie)

g) Astronomisch mess- und berechenbar ist der Beginn von Raum und Zeit auf der Grundlage der Urknalltheorie: Je entfernter eine Galaxis ist, desto schneller entfernt sie sich von uns, denn umso energieärmer erreicht

und das von ihr ausgestrahlte Licht („Rotverschiebung“). Hieraus folgerten Hubble und andere Astronomen zwangsläufig, dass die Galaxien im Universum an einem sehr frühen Zeitpunkt alle an einem Punkt vereint gestanden haben. Von dort aus flogen sie auseinander wie die Fetzen einer Explosion („Urknall-Theorie“, big bang, je nach Messung und Rechnung vor ca. 13-17 Milliarden Jahren). Die Aussage, dass „vor“ diesem Urknallereignis, bei dem Raum und Zeit entstanden, eine Ursache – hier sogar: ein denkendes, wollendes, übernatürliches-allmächtiges Wesen als Schöpfer und Gott – sein soll, gehört in den Bereich von Philosophie, Glaube und Religion und liegt außerhalb naturwissenschaftlich mess- und beweisbarer Aussagen.

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.6:

- 1a) Biologie ist die Wissenschaft der lebenden Natur (Kennzeichen: naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Untersuchungsmethoden an Organismen),
- b) Astrologie ist der - naturwissenschaftlich nicht belegbare - Glaube an den Einfluss von zufälligen Gestirnskonstellationen auf menschliche Charaktere und Lebensgeschichten (Sterndeuterei, Ursprünge in der mesopotamischen und babylonischen Religion),
- c) Mechanik ist die Wissenschaft von Kräften und Bewegungen (Kennzeichen: naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Untersuchungsmethoden an bewegten Körpern),
- d) Ein Volumen ist ein Ausschnitt aus dem dreidimensionalen Raum, den ein Körper einnimmt (Kennzeichen: Erstreckung in die drei Raum-Dimensionen Länge, Breite und Höhe; Maßeinheiten:  $\text{m}^3$ ,  $\text{dm}^3$  bzw.  $\text{L}$  und  $\text{cm}^3$  bzw.  $\text{mL}$ ),
- e) Eine verifizierte Hypothese ist eine auf Axiomen und Naturgesetzen beruhende Annahme (Vermutung), deren Richtigkeit experimentell überprüft und bestätigt wurde,
- f) Eine experimentelle Forschung ist eine empirische Untersuchung von Hypothesen. Sie geschieht in Form von durch methodisch angelegten, wiederholbaren, unter festgelegten Bedingungen ablaufenden Versuchen.

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.7:

7 a, b und d sind unwissenschaftliche Vermutungen (Spekulation), 7 c, e und f sind Hypothesen.

Unwissenschaftliche Vermutungen sind weder experimentell noch empirisch überprüfbar (die Beispiele: Anton liebt seine Freundin; Gott existiert; außerhalb des Universums existieren 13 Parallel-Welten), wissenschaftliche Hypothesen beruhen auf Axiomen und sind so formuliert, dass sie experimentell oder empirisch überprüft werden können (die Beispiele: Aluminium hat eine höhere Dichte als Blei; in der Milchstraße gibt es Wasserstoff-Wolken; schon im Jahre 60 n. Chr. gab es in Rom Christen).

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.8:

- a) Überprüfung durch systematisch einordnenden Vergleich aller bekannten, datierbaren „Hominiden“-Funde (Knochenreste, Fußspuren usw.) sowie durch Analyse der DNS-Sequenzen (gentechnisch, Zuordnung von Codons und Genomen in „DNS-Fingerabdrücken“ von Menschen und lebenden (Menschen-)Affen),
- b) durch astronomische Berechnung von Sonnen- und Mondbahn (die nächsten Sonnenfinsternisse in Deutschland: total am 11.8.1999 in Süddeutschland und 7.10.2135 in NW- und Mitteldeutschland, ringförmig am 23.7.2093 in N- und O-Deutschland),
- c) Um die zur Beschleunigung von  $m=4 \text{ kg}$  um  $5 \text{ km/h}$  eingesetzte Energiemenge berechnen zu können, fehlt hier die Zeitangabe (In welchem Zeitraum soll beschleunigt werden ?)! Definition der Einheit für die Kraft  $F$  (Newton):  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m} / \text{s}^2$ ; für die Energie  $E = F \cdot s$ :  $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$ .  
Vergleichszahlen: Zur Beschleunigung von  $5 \text{ kg}$  Masse auf  $20 \text{ m/s}$  ist eine Energiemenge von  $1 \text{ kJ}$  erforderlich. Mit  $1 \text{ kJ}$  Energie kann man auch eine  $5\text{-kg}$ -Last um  $20,4 \text{ m}$  anheben (gegen die Erdanziehung), eine  $40\text{-W}$ -Glühbirne  $25 \text{ s}$  lang leuchten lassen oder  $100 \text{ mL}$  Wasser um  $2,4 \text{ K}$  erwärmen.
- d) Vergleichende Analyse und Datierung von Berichten römischer Geschichtsschreiber („Iden des März“). Das Wort „brutal“ kommt von Brutus, seinem Sohn – er war nach deren Berichten der Mörder.
- e) Spektroskopische Vermessung des mit Fernrohren (Reflektoren, Refraktoren) fotografisch eingefangenen Lichtes der genannten Himmelskörper (s.o.)
- f) Entsendung einer ferngesteuerten Planetensonde mit einem barometer-ähnlichen Messinstrument,
- g) Messung der bei der Verbrennung von  $2 \text{ mmol}$  Methangas freiwerdenden Menge an Wärmeenergie (das sind etwa  $48 \text{ mL}$  Erdgas, diese liefern rund  $1783 \text{ J}$ ,  $\Delta H_{\text{Methan}} = -891,6 \text{ kJ/mol}$  verbranntem  $\text{CH}_4$ ); Umrechnung von  $\text{J}$  auf  $\text{Ws}$  ( $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$ ;  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W}/3600 \text{ s} = 0,277 \text{ Ws} = \text{ca. } 926 \text{ kJ}$ ; Angebliche Differenz  $693 \text{ J} = 1,926 \cdot 10^{-4} \text{ Ws}$ ).

### Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.9:

Naturkonstanten sind überall messbare, stets konstante Werte\*, wie z.B. die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum oder der thermodynamische absolute Nullpunkt. Der Luftdruck in Meereshöhe ist keine Naturkonstante, sondern von meteorologischen Größen wie Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit abhängig - also von der Wetterlage. \*(Sonderfälle nach der Relativitätstheorie wie z.B. „Schwarze Löcher“ und „Singularitäten“ hier ausgenommen)

**Üb(erleg)ungsaufgabe Nr.10:**

Basisgrößen: m, kg, s, A, cd, mol, K; abgeleitete Messgrößen sind z. B.: km/h, N, kJ und hPa.

**Üb(erleg)ungsaufgaben Nr.11 bis 13:** Lösungen 11a) und 12d) und 13a) sind richtig

**Üb(erleg)ungsaufgaben Nr.14-17:** Folgende Lösungen sind richtig:

14b) Quadratisch (das Quadrat hat vier Eckpunkte, Rhomboeder, Dreiecke und Oktaeder nicht!)

15c) Die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung (statistisch berechnet, „kinetische“ Energie ist Bewegungsenergie, das Teilchen hat also eine bestimmte Geschwindigkeit!)

16d) 100.000 mal die Entfernung Erde-Sonne (100.000 AE, 1 AE = 150 Mio. km),

17) 1b, 2a, 3b, 4a, 5d

## 7 Unterrichts-Tipps: Referate, Analysen, Argumente

### Methodenseite Nr.1:

### Wie erstelle ich ein Referat?

- 1) **Definition:** Referate sind kurze Vorträge über bestimmte Themen oder Fragestellungen, die
- Sachverhalte (die den Zuhörern noch unbekannt sind!) darstellen,
  - Zusammenhänge (von Neuem mit den Zuhörern schon Bekanntem ) verdeutlichen und
  - Ergebnisse (einer Gruppenarbeit o. ä.) vorstellen sollen.

Der/die Vortragenden haben zum Referatsthema Stoff gesammelt und nach eigenen Gesichtspunkten selbstständig geordnet und bearbeitet. Im Idealfall besteht ihr Vortrag nicht nur im Vor- oder Ablesen eines Aufsatzes, sondern es wurde überlegt, was und **wie** der neue Stoff den Zuhörern / Mitarbeitern dargeboten werden kann.

### 2) **Arbeitsschritte:**

- Das Vorgehen **planen**
- Lesen und **Sammeln von Informationen und Literatur** (Schulbücher, -hefte, Lexika, Bücher ,  
**Hilfsmittel:** Buchhandel, Stadtbüchereien usw., **Methode:** bibliographieren, lesen, sammeln)
- **Auswerten** (**Methode:** ordnen, auswerten, auswählen und zusammenfassen /  
**Hilfsmittel:** Stichwortkartei, Gliederung)
- **Schreiben / Arbeitsblatt verfassen** (**Methode:** planen, gliedern, schreiben, zitieren)
- **Vortragen** (**Methode:** Thesen formulieren, referieren, diskutieren,  
**Hilfsmittel:** Arbeitsblatt, Referat, Diskussion, - auch: Power-Point, Tafel, OHP-Folie, Datenbeamer, Wandzeitung, Rollenspiel, Quiz, Dia, Poster, Filmausschnitt, Dialog, Streitgespräch ...

### 3) **Die Planung:**

- Wie soll das **Thema** lauten? Welche Fragen und Sachverhalte will/soll ich untersuchen?
- Welche **Mittel** und **Wege** stehen mir zur Lösung der Aufgabe zur Verfügung? (Wie und womit?)
- An **wen** wendet sich mein Referat? **Welches Interesse** hieran habe ich selbst?

### 4) **Das Sammeln von Literatur und Informationen:**

- Wie **finde** ich (in einer großen Bücherei oder Buchhandlung) Bücher zu meinem Thema?
- (*Informationsstand besuchen, Stichwortkartei benutzen und Standortnummern suchen, Bücher entleihen oder in der Bibliothek überarbeiten*)
- Wie **bibliographiere** ich?
- (*Die Bücher zu meinem Thema auflisten: Verfassernamen, Titel, Verlag, Auflage/Jahrgang, ggf. Standortnummer und Seitenzahlen oder Inhaltsverzeichnisse*)
- Wie **lese** und sammle ich am Sinnvollsten? Was soll ich lesen?
- (*Inhaltsverzeichnisse der zum Thema passenden Bücher ansehen, Titel, Vorwort/Einleitung und entscheidende Kapitel oder Seiten überfliegen oder abschnittsweise lesen, Skizzen und Tabellen suchen, Stichwortkartei erstellen, Zusammenfassungen oder wichtigste Abschnitte u. U. kopieren*)
- Was soll ich beim **Lesen** herausfinden?
- (**Tip:** Das Wichtigste mit Bleistift auf der Kopie **unterstreichen**, z. B. Stellen, die Folgendes aufzeigen:
  - o Welche **Hauptgedanken** verfolgt der Verfasser?
  - o Was ist die zentrale These, die **Hauptaussage** seiner Arbeit?
  - o Wie **begründet** er seine Thesen (Welche Argumente führt er auf?)?
  - o Welche Beispiele oder Vergleiche führt er zum Beleg seiner Argumente auf?
  - o Sind seine Belege ausreichend, unvollständig, widersprüchlich, unzutreffend?
  - o Welche **Absichten** verfolgt der Verfasser? (Widerspricht er z.B. Anderen?)
  - o Bezieht sich das Gelesene auf irgendwelche Vorkenntnisse, die ich zum Thema habe?
- oder auch, wenn der Text beim ersten Lesen noch nicht verstanden wurde:
  - o Welche Gliederung lässt sich hierzu beim zweiten Lesen erstellen?

### **5) Die Auswertung und Materialbearbeitung:**

- Wie lässt sich das Gefundene bzw. Gelesene ordnen (auswählen: Was hilft uns weiter?)
- Wie - nach welchen Gesichtspunkten - will ich dementsprechend mein Referat gliedern?
- **Auswertung:** Wie lässt sich das gefundene, verwertbare Material entsprechend der geplanten Gliederung des Referates zum Rohentwurf eines Arbeitsblattes oder Manuskripts ordnen (Zitate, Notizen, Kopien usw.)? (Ordnungskriterien: Passt alles zum Thema? Habe ich Vermutungen oder beweisbare Fakten gesammelt? Soll ich neben Fragen und Unterscheidungen auch Werturteile, methodische Bemerkungen, Fachbegriffe und Belege für meine Feststellungen/Arbeitsergebnisse vorlegen oder einbauen?)

### **6) Die Niederschrift des Referates:**

- Welchen **Aufbau** und welche **Form** wähle ich für mein Referat ?  
(**Beispiel zum Aufbau:** Titelblatt / Vorwort / Inhaltsverzeichnis oder Überblick / Einleitung / Textteil entsprechend dem Inhaltsverzeichnis gegliedert / Zusammenfassung / Literaturverzeichnis / evtl. Stichwortverzeichnis oder Register und Anhang für Tabellen, Dokumente usw.; **zur Form:** DIN A 4, Schreibmaschine, einseitig beschrieben, für neue Kapitel Überschriften setzen und ggf. neue Seiten beginnen, Korrekturrand lassen, max. 25 Zeilen pro Seite - anderthalbzeilig )
- Erfolgte Niederschrift **korrekturlesen** (überprüfen): Wo kann ich noch Fehler berichtigen?  
(**Rechtschreibfehler**, Grammatik, logische Gedankenführung ohne Sprünge, Widersprüche und Abweichungen, verständliche **Ausdrucksformen**: sachlich, nüchtern, nur begründete Werturteile, **Zitate** nur als Beleg für Feststellungen und nie ohne Quellenangabe inkl. Seitenzahl, möglichst keine plumpe Umgangssprache mit Kraftausdrücken usw., möglichst anschaulich, **kurz und genau!**)

### **7) Das Referat halten (Vortrag, Gestaltung der Unterrichtsstunde):**

- **Wieviel** kann ich vortragen und den Zuhörern zumuten ?  
(Garantie: Nach 20-30 min schalten alle Zuhörer ab; Also: Nie länger als 30 Minuten referieren! Tipp: Eine Textseite **laut lesen** und die Zeit stoppen, mehrseitige Referate anschließend dementsprechend auf ca. 2-5 S. kürzen)
- **Wie** soll ich mein Referat vortragen? Was kann ich tun, damit es für die Zuhörer nicht zu einer langweiligen Vorlesestunde wird?  
(**Statt nur vorzulesen:** Das Arbeitsblatt **erklären** und etwas zum Thema **erzählen**, Stichworte erklären, Sachverhalte diskutieren unter Einbringung von Informationen. Laut genug sprechen. Kurze, klare Sätze bilden, Fachausdrücke am Anfang erklären. **Möglichst frei vortragen**, lange Aufzählungen vermeiden, lieber treffende **Beispiele einbauen** oder schwierigere Teile in anderen Worten wiederholen. **Atempausen einbauen** z.B. in Form von Anekdoten, eingeschalteten Übungsbeispielen, Aufforderungen zu Fragen, Diskussionsbeiträgen oder Kommentaren. **Hilfsmittel zur Auflockerung** ausnutzen: Tafel, OHP-Folie, Wandzeitung, Arbeitsblatt, Kopien von Skizzen, Tabellen, Karikaturen usw. - und **nicht nervös werden!**)

### **8) Über das Thema und das Referat diskutieren:**

- Gemeinsam mit den Zuhörern einen **Rückblick** auf das Referat halten: Sind Rückfragen zu beantworten? Haben die **Zuhörer** Meinungen zum Thema oder zum Referat selbst geäußert ? Sollte das eigene Vorgehen erklärt werden - eigene Erfahrungen mit dem Referat weitergegeben werden an nachfolgende Arbeitsgruppen oder Referenten ? (Reihenfolge der Meldungen berücksichtigen: **Diskussionsleitung** liegt beim Referenten! Möglichst **alle** Zuhörer noch **zu Wort kommen lassen.**)

### **9) Wie wird ein Referat bewertet? (Mögliche Kriterien)**

- a) War der Vortragende gut informiert? Verstand er, was er vortrug? Konnte er Zuhörerfragen beantworten? (Grad der **Informiertheit**)
- b) War die Darstellung themabezogen, verständlich, gegliedert, knapp, anschaulich (oder am Thema vorbei, unverständlich, viel zu lang und langweilig )? (Grad der **Genauigkeit** und **Fasslichkeit** der Information)
- c) Konnte der Vortrag bei den Zuhörern Interesse wecken? (Grad der **Motivation** der Hörer)
- d) Wurde laut genug gesprochen, anregend, flüssig und wurde Wichtiges betont? (Grad der **Hörerorientierung** in der **Sprechtechnik**)

## Methodenseite Nr.2:

## **Wie analysiere ich einen (ethisch argumentierenden) Sachtext?**

In Ethik und Philosophie, aber auch in anderen (Geistes-)Wissenschaften haben wir es oft nicht mit unterhaltsam erzählenden, sondern mit kompliziert beschreibenden und **argumentierenden** Sachtexten zu tun - oft sogar im Umfang ganzer Bücher und Buchbände. Zur Analyse von bzw. zur Arbeit mit einem solchen Sachtext muss der Text oder Textausschnitt also erstens aufgenommen, zweitens **untersucht** (analysiert), drittens **verstanden** und erst dann viertens eingeordnet und **gedeutet** (interpretiert) werden, bevor abschließend eine **sachgerechte, eigene Stellungnahme** erfolgen kann (Erörterung). Um dieses Ziel erreichen zu können, empfiehlt sich daher **ein systematisch-methodisches Vorgehen** in den vier folgenden Schritten (Hier jeweils mit dem Etappenziel des jeweiligen Schrittes, den hierzu verfolgten Fragestellungen und den demgemäss sinnvollerweise zu bearbeitenden Teil- bzw. Arbeitsschritten angegeben):

### **1) Den Inhalt referieren:**

Ziel: Ein vorläufiges Gesamtverständnis des Textes durch Gedankenaufbau und Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen/Thesen des Textes bzw. des Textabschnittes

Fragestellung: Was sagt der Verfasser aus?

Arbeitsschritte: a) Klären der Unklarheiten, b) Textart bestimmen, c) zugrunde liegende Frage (Problem, Kern der Information) erfassen, d) vermutliche Aussageabsicht (Intention) des Autors formulieren, e) den Argumentationsverlauf erfassen: These/Argumente/Beispiele/Lösung (Ergebnis).

### **2) Den Aufbau untersuchen (Text-/Strukturanalyse)**

Ziel: Eine Untersuchung der sprachlich-stilistischen Gestaltungsmittel zwecks Erfassung der ihrer Funktion zugrunde liegenden Intention und Wirkung

Fragestellung: Wie hat der Autor seine Aussagen sprachlich gestaltet?

Arbeitsschritte: a) Beschreibung von Wortschatz, Satzbau, Satzarten und relevanten Stilmitteln (quantitativ/qualitativ) zur Gewinnung einer Perspektive, b) Erfassen und Formulieren der Grundhaltung des Textes (subjektiv oder sachlich-argumentierend oder „nur“ rhetorisch oder gar sprachkünstlerisch), c) der Erzählintention (Was und wen will der Autor erreichen?) und d) der Wirkung des Textes auf die Adressaten.

### **3) Den untersuchten Text einordnen (kommentieren, interpretieren, deuten)**

Ziel: Den Sinngehalt des Textes erläutern; soziokulturelle Hintergründe des Textes erfassen

Fragestellung: Was meint und will der Verfasser?

Arbeitsschritte: a) Sach- und Sinnerläuterungen zu der/den Textaussagen geben, b) Bestimmung der weltanschaulichen Sicht des Verfassers, c) Beschreibung des Selbstverständnisses dieses Autors (in seinem Weltbild), d) Beschreiben seines Leserkreis unter Rückgriff auf Quelle, Entstehungszeit, Anlass, Vorbilder und ggf. Kontext des Textes (Letzteres insbesondere bei Textauszügen), e) Erarbeiten und Vortragen einer Kurzbiographie und Würdigung des Autors.

### **4) Mit dem Text argumentieren**

(End-)Ziel: Auseinandersetzung mit dem Text zum Zwecke einer sachgerechten, persönlichen Stellungnahme

Fragestellung: Wie beurteile und bewerte ich die Ausführungen des Verfassers?

Arbeitsschritte: Bewertung zu folgenden Punkten: a) Ist die Darstellung überzeugend? b) Ist die Lösung einleuchtend? c) Sind die Argumente stichhaltig oder unhaltbar? d) Sind die vorgebrachten Beispiele ausdrucksstark oder unpassend? e) Erfolgt die Problemdarstellung objektiv oder vereinfachend? Erfolgt sie übertrieben, zu optimistisch, zu pessimistisch oder gar einseitig? f) Gibt es ungenannte Voraussetzungen? g) Ist die Darstellung sprachlich gelungen? h) Entspricht die Textaussage eigenen Erfahrungen? i) Gibt es zu dieser Einschätzung / Bewertung / Schlussfolgerung weitere Argumente und Beispiele? j) Formulierung der Schlusseinstellung: Zustimmung? Ablehnung?

In den Geisteswissenschaften (Ethik, Philosophie, Theologie, Geschichte usw.) werden bei der Argumentation mit Sachtexten und -themen verschiedene Denkweisen unterschieden. Ein „**hermeneutisch**“ Denkender bemüht sich um das Erschließen des für den Verstehenden Bedeutsamen - er bringt Wesentliches zur Sprache, das - nach Meinung jenes Denkenden - immer schon Geltende, und will so über ein bloßes Interpretieren hinausgehen. Ein „**analytisches**“ Denken ist nicht mit der Frage nach dem - nach Meinung des Analysierenden (!) - immer schon Geltendem beschäftigt, sondern er ist offen und frei für die Überschreitung (Transzendenz) vertrauter Erfahrungen und Anschauungen - es bemüht sich um „wissenschaftliche“ Objektivität, indem es sich bei der Analyse von Texten und Themen für den Gewinn neuer Erkenntnisse offenhält.

Mithilfe des **analytischen** Denktypus sollen Sachverhalte **beschreibend** wahrgenommen werden. Es werden Bedeutungen festgestellt und sprachlich festgehalten. Hier kommt es auf ein genaues Betrachten an, das Sachverhalten zugewandt ist, ohne dabei den Betrachter selbst aus dem Blick zu verlieren. Aber diese Beziehung wird nicht zum Schlüssel der Betrachtung gemacht. „Sachverhalt“ meint hier auch **sprachliche Vorgänge**, somit auch und sogar ... Beziehungen zwischen dem Wahrnehmenden und dem Wahrzunehmenden. ... So ist analytisches Denken ein auf den **Überblick** von Zusammenhängen und deren **Aufgliederung** gerichtetes Wahrnehmen, dem es darauf ankommt, die genaue Erstreckung von Sachverhalten zu ermessen ... Wer analytisch verfährt, sieht sich **nicht** von vornherein in einen „bedeutsamen“ Erfahrungszusammenhang eingebettet. ... Natürlich kommen dabei auch **Normen** in den Blick, aber dies immer zugleich hinsichtlich ihrer normierenden Valenz, also wiederum im Blick auf einen Vorgang. Darum wäre hier besser statt von Wesentlichem und von Gültigem von Verbindlichkeiten zu reden ...

Aber diese Wahrnehmung ist selber nicht ohne Verbindlichkeit, denn sie muss, wenn die Beschreibung kommunikativ ermittelt werden soll, selber auf **Regeln** beruhen, die ein gemeinsam (intersubjektiv) zugängliches Wahrnehmungsfeld umreißen. Dieses methodische Interesse an der Feststellung von Verbindlichkeit ist darauf gerichtet, singuläre Sachverhalte in dem allgemeinen **Zusammenhang** gelten zu lassen, in dem sie aufgefunden werden. Darum kommt es bei der Beschreibung auf den Verallgemeinerungsgrad an, der durch Beschreiben und Unterscheiden, Vergleichen und hierarchische Ordnung von Beobachtungen zu erreichen ist.

Aus alledem ergibt sich ein von dem hermeneutischen Denktypus deutlich abgehobenes Argumentationsverhalten und auch ein anderer Gesprächsstil, der daran interessiert ist, durch genaue Beschreibungen ein Einverständnis zu erreichen und sich dadurch auch formulierbaren Verbindlichkeiten auszusetzen. Dabei müssen die sprachlichen Mittel von dem jeweils Bezeichneten klar unterschieden werden können. Das heißt praktisch, dass Aussagen über etwas auch als **richtig** oder **falsch** zu erweisen sind.

Das Sich-Einstellen auf Sachverhalte scheint die **historische** Dimension oft auszuklammern. Auch wenn sich analytisches Denken nicht auf unmittelbar Gegenwärtiges richtet, spielt die Geschichte als Medium des Verstehens und Wahrnehmens keine für die Wahrnehmung selbst ausschlaggebende Rolle ... Das heißt freilich nicht, dass der Zeitverlauf in dem die Phänomene erscheinen und in dem der Wahrnehmende sich selbst befindet und sehen muss - bedeutungslos wäre. Im Gegenteil: Die analytische Beschreibung berücksichtigt durchaus, was vergangen, was gegenwärtig und was zukünftig ist. Aber es kommt ihr nicht auf den Gegenwartsbezug oder auf den Vergangenheitsbezug als Verstehensrelation an, sondern auf die (jeweils »gleichzeitige«, synchrone) Feststellung dessen, was sich als vergangen, gegenwärtig und zukünftig erweist ...

Wer **hermeneutisch** vorgeht, wird leicht dem Analytiker das Verharren in „bloßer“ **Empirie** vorwerfen, während der Analytiker dem hermeneutisch Argumentierenden das empirisch unvermittelte Behaupten von Werten vorhält. Bekannt sind solche Entgegnungen aus philosophie- oder wissenschaftsgeschichtlichen Einordnungen ... etwa aus der Aufteilung in verstehende und erklärende Wissenschaften, oder aus der Diskrepanz zwischen „wertneutralem“ Erkennen und wertendem Zur-Kennntnis-Nehmen. Noch irreführender als diese geläufigen Zuweisungen ist der Verdacht, der hermeneutische Denktypus müsse in bloßem **Traditionalismus** erstarren - und die analytische Denkweise wäre dementsgegen einem ahistorischen und geistlosen **Positivismus** verfallen. Derlei Einordnungen und Unterstellungen führen aber nicht nur nicht weiter, sondern verstellen die Möglichkeit einer differenzierten Arbeitsweise. **Viele ethische Probleme beispielsweise müssen zunächst einmal analytisch zur Kenntnis genommen werden.....**

*G.Sauter, A.Storck: Arbeitsweisen Systematischer Theologie, München/Mainz, 1982<sup>2</sup>, S. 24f*

## 8 Denkanstöße: Wissenschaft und Lernenvorgänge

(Auszüge aus: Von Sitten, Sünden und Sinnfragen. Ein Arbeitsbuch Ethik für Schule und Studium, von: M. Wächter)

### 8.1 Was ist Wissen(schaft)?

Seitdem es Menschen gibt, denken sie über Gott und die Welt nach. Aus ihren Beobachtungen und Modellen wuchsen **Lehrsysteme** heran, die versuchten, den Kosmos, die Schöpfung bzw. das Universum zu verstehen und zu erklären (besonders in der Scholastik des Mittelalters). Durch die **Aufklärung** in Gang gesetzt erfolgte dann langsam ein Übergang vom spekulativen Probieren auf der Basis des magischen Weltbildes des Mittelalters hin zum rationalen Denken der Neuzeit. Die **kritische Vernunft** der Forscher verließ sich nunmehr nur noch auf „rationale“ Annahmen, auf **Hypothesen** also, die sich in wiederhol- und nachprüfbaren Erfahrungen und Versuchen (den „Experimenten“, unter definierten Bedingungen) als vernünftig erwiesen hatten.

Das stets nachprüfbare **Experiment** allein wurde zum Prüfstein für die Richtigkeit einer **Hypothese**. Dieses wurde erst dann als Beweis für das zuvor vermutete Naturgesetz anerkannt - oder eben als deren Widerlegung (Negation). Behauptete ein Forscher nun, die Erde kreise um die Sonne oder oberhalb der Wolken gebe es einen luftleeren Raum, so war er den physikalischen Beweis für seine zunächst eher philosophische Hypothese schuldig. Es genügte z. B. nicht mehr, sich in Anerkennung der „Mutter der Wissenschaften“ (der **Theologie**) auf Lehrautoritäten wie die Bibel, *Aristoteles* oder adelige und fromme Augenzeugen angeblicher, gottgewirkter Wunder zu berufen. Nun galt es, im **überprüfbaren** Experiment, mit bestimmten Versuchsanordnungen oder zumindest in logisch zwingenden und eindeutigen Gedankenexperimenten selbst den Nachweis der Richtigkeit einer (Hypo-) These anzutreten. Durch eigene Wahrnehmung oder Messung sollte jeder Kritiker die Aussagekraft des Experimentes und Wirklichkeit einer Theorie überprüfen können.

Experimente und dazugehörige Messinstrumente wie Waage, Fernrohr, Versuchsgärten und Laboratorien wurden daher unentbehrliche Hilfsmittel jedes seriösen Forschers - und bald bürgerte es sich ein, Messergebnisse, Theorien und ganze Naturgesetze mathematisch, in Zahlen und Symbolen zu formulieren. Die Forschung wurde „**empirisch**“ - nur das tatsächlich Messbare wurde noch als „wirklich“ und „real“ anerkannt. Alles empirisch nicht Fassbare wurde der spekulativen Metaphysik, der Philosophie und Theologie zugewiesen, den „**Geisteswissenschaften**“, von denen sich die „**Naturwissenschaften**“ und die - auf ihnen basierende - industrielle Technik nun abspalteten.

Aus der **Astrologie** (Sterndeuterei), die den Gestirnen magische Kräfte zuschrieb (und somit den „Aberglauben“ der Mesopotamier an astrale Gottheiten übernahm), erwuchs so die **wissenschaftlich** arbeitende **Astronomie** (Stern- oder Himmelskunde). Aus der **Mythologie** über uralte, tierisch-göttliche Fabelwesen und magisch wirksame Heil- und Wunderkräuter wurden Wissenschaften wie die **Biologie**, **Archäologie** und **Medizin** - und aus der **Probierkunst** mittelalterlicher Alchimisten und Goldmacher sowie der mit Arzneien an Patienten herumprobierenden Wunderdoktoren und „Quacksalber“ entstanden so auch die **Chemie** und **Pharmazie**.



*Die Sterne. Früher hielten die Menschen Sterne für Götter und Sterndeuter erstellten aus Geburtsdaten und Sternbildern astrologische Horoskope. Heute ist die Naturwissenschaft namens Astronomie an die Stelle des Aberglaubens getreten: Nur die auf beweisbaren Fakten beruhenden Hypothesen werden noch als akzeptable Theorien und Modelle vom Forschungsgegenstand (z.B. Kosmos, Fixstern) akzeptiert.*

Als „**wissenschaftlich**“ kann eine Arbeitsweise daher nur bezeichnet werden, wenn:

- 1.) eine konkrete (auf bewiesenen Tatsachen (Naturgesetzen) oder zumindest auf vernünftigen Theorien oder „Axiomen“ beruhende) **Hypothese** besteht, die **empirisch** (messend) überprüfbar ist, - und wenn:
- 2.) ein Versuch oder **Experiment** unter festgelegten Bedingungen und wiederholbar hierzu so durchgeführt wird, dass es – auf Grund dieser Bedingungen - zur logisch eindeutigen Bestätigung (**Verifikation** - oder aber zur Widerlegung, der **Negation**) dieser Hypothese geeignet ist.

Diese „*try-and-error*“-Einstellung wurde zwar als **positivistisch** und materialistisch kritisiert, hat aber zum technisch-wissenschaftlichen Fortschritt (und somit auch zum Auf- und Ausbau der chemischen Industrie) wesentlich beigetragen. Allerdings zeigt sich, dass auch die empirische Naturwissenschaft letztendlich auf viele unbeweisbare Annahmen angewiesen ist und an ihre Grenzen stoßen muss (Beispiele: Heisenbergsche Unschärferelation, Urknall, Gott).

Folgende „Grundbegriffe“ wissenschaftlichen Vorgehens und Denkens kennzeichnen also (Natur-) Wissenschaften:

- 1.) Eine **wissenschaftliche** Arbeitsweise basiert auf einer konkreten **Hypothese**, die **empirisch** überprüfbar ist. Diese Überprüfung geschieht experimentell, also durch einen Versuch, der zur logisch eindeutigen **Bestätigung** (oder aber Negation, also Widerlegung) dieser **Hypothese** geeignet ist (s.o.).
- 2.) Eine **Hypothese** ist eine auf bewiesenen Tatsachen (Naturgesetzen) oder zumindest auf „**Axiomen**“ beruhende Vermutung, Problem- oder Fragestellung, deren Richtigkeit sich **experimentell** prüfen lässt.
- 3.) Ein **Axiom** ist eine logisch vernünftige, aber experimentell nicht prüfbare Theorie oder Grundannahme, auf der eine wissenschaftliche Theorie beruht. Axiome bedürfen von der Logik her in der Regel keines Beweises. Zumeist sind sie daher auch nicht empirisch beweisbar.
- 4.) Ein **Experiment** ist ein methodisch angelegter, d. h. heißt **unter festgelegten Bedingungen** stattfindender und daher allgemein mess-, prüf- und **wiederholbarer** Versuch zur Bestätigung (Verifikation) oder Widerlegung (Negation) einer **Hypothese**.
- 5.) Ein wissenschaftlicher **Beweis** ist eine durch Experimente überprüfte und als allgemein **richtig** oder zutreffend erwiesene (Hypo-)These. Bewiesene, naturwissenschaftliche Thesen von grundlegender Wichtigkeit werden „**Naturgesetz**“ genannt.

6.) „**Empirisch**“ nennt man alle Sachverhalte und Erscheinungen im Universum, die sich messen lassen.

Üb(erleg)ungs-Aufgaben zu Wissen und Wissenschaft (Definition, Methoden):

1.) Überlegen und diskutieren Sie, ob und wie folgende Behauptungen naturwissenschaftlich überprüft werden könnten:

- a) Die Erde ist eine Scheibe (bzw.: Sie ist rund)
- b) Jericho ist die älteste Stadt der Welt
- c) im 1. Jhdt. der Zeitrechnung starb ein gewisser Jesus von Nazareth in Palästina
- d) die im Sternbild Zwillinge Geborenen haben eine gesplante Persönlichkeit
- e) morgen wird es in Berlin regnen
- f) Gott erschuf das Universum und alle Atome darin vor etwa 15 Milliarden Jahren
- g) Herr A liebt seine Ehefrau.

Welche Naturwissenschaft wäre für welche der o. g. Behauptungen a)-g) zuständig?

2.) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einer bloßen, unwissenschaftlichen Vermutung und einer wissenschaftlichen Hypothese an einem selbstgewählten Beispiel. Erklären Sie auch die Begriffe „Axiom“ und „Theorie“.

3.) Welcher der folgenden Sätze ist - nach Ihrer Meinung - empirisch, also rechnerisch oder experimentell überprüfbar? Wie könnte ein entsprechendes Experiment durchgeführt werden? Begründen Sie Ihre Antwort und rechnen Sie ggf. genannte Werte mit Hilfe eines Schulbuches oder Nachschlagewerkes nach.

- a) Affe und Mensch haben einen gemeinsamen, bereits ausgestorbenen Vorfahren gehabt.
- b) Am 7.10.2135 wird in Westfalen eine Sonnenfinsternis zu beobachten sein,
- c) Zur Beschleunigung eines Körpers der Masse  $m = 4 \text{ kg}$  von fünf auf zehn km/h ist eine Kraft von etwa 5,74 N erforderlich.
- d) Julius Cäsar wurde im Jahr 44 v. Chr. ermordet.
- e) Das Licht von Galaxien, die sich mit fast Lichtgeschwindigkeit von uns entfernen, verliert an Energie (ablesbar an der „Rotverschiebung“ im Spektrum ihres Lichtes).
- f) der „Luftdruck“ an der Marsoberfläche beträgt etwa ein Promill des irdischen Luftdruckes.
- g) Die Arbeitsleistung eines menschlichen Herzens pro Sekunde (2,237 Ws) übertrifft die bei Verbrennung von 2 mmol Methangas ( $\text{CH}_4$ ) freiwerdende Wärmeenergie  $E$  um 693 Joule.

4.) Erläutern und diskutieren Sie die beiden Bildunterschriften der Abbildungen in Kap. 3.2.1 mit den über den Kometen diskutierenden Astronomen und dem Arzt Santorio, der seine Nahrungsaufnahme, Ausscheidungen und Ausdünstungen über 30 Jahre lang abgewogen hat:

- a) Weshalb wird die Vorgehensweise der dort abgebildeten Astronomen als „vorwissenschaftlich“ bezeichnet, die des Arztes hingegen als „wissenschaftlich“?
- b) Beschreiben und begründen Sie das methodische Vorgehen der hier skizzierten Forscher.
- c) Vergleichen Sie es mit dem eines Archäologen oder Bibelexegeten (vgl. hierzu Exkurs in Kap. 2.1.4) und dem eines Politikers, der in einer Polit-Diskussion ein ethisches Problem angeht (z. B. § 218 StGB in Kap. 1.3.5 oder die Prostitution, Kap. 1.3.3):
- d) Angenommen, die so gewonnenen Erkenntnisse der Astronomen und des Arztes sind falsch und führen zu einem verhängnisvollen Irrtum (z. B., weil sich ein anderer Wissenschaftler auf ihr Ergebnis gestützt hat): In wieweit können die Forscher für den resultierenden Schaden ethisch-moralisch verantwortlich gemacht werden?

## 8.2 Methoden der modernen Naturwissenschaften - wie arbeiten „Forscher“?

Das forschende Vorgehen eines Archäologen, Bibelforschers oder Chemikers führt zum Erwerb neuer (Er-) Kenntnisse. Dennoch unterscheidet sich das Vorgehen eines neu hinzulernenden Forschers von dem eines Menschen, der ein moralisches Bewusstsein neu ausbildet oder ein ethisches Urteil fällt. Die Forschungstätigkeit der Physiker, Chemiker, Biologen und Informatiker hat uns zwar Kernwaffen, Umweltgifte, Genmanipulation und Computerviren gebracht. Die Grundlagenforschung an sich kann deshalb ethisch aber nicht als schlecht beurteilt werden, nur weil aus ihr auch leicht missbrauchbare Werkzeuge hervorgehen können.

Im Gegenteil: Die Grundlagenforschung an ethisch scheinbar völlig unbedeutenden Themenbereichen (wie z.B. dem der Atomkerne, Erbgutmoleküle oder Computerprogramme) kann im Nachhinein eine hohe und u. U. brisante ethische Relevanz bekommen, wie das Beispiel *Fritz Haber* und *Carl Bosch* zeigt.

*Haber* und *Bosch* entwickelten um 1913 - 1918 ein Verfahren zur künstlichen Herstellung des Stoffes Ammoniak, wie es eben Ziel und Aufgabe der Chemiker ist, **Moleküle** zu bauen.

*Habers* Ammoniakmoleküle (aus Wasserstoff ( $H_2$ ) und Stickstoff ( $N_2$ ) nach dem Reaktionsschema  $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$  produziert) machten die **Produktion von synthetischen Düngemitteln** erst möglich; indirekt wurde Luft so zu Nahrung – eine Tat, die Europa später vor möglichen Hungerkatastrophen bewahrte. Die ethische Bewertung der großtechnischen Produktion von Ammoniakmolekülen nach dem *Haber-Bosch-Verfahren* kann jedoch nicht nur positiv sein, denn auch  **Sprengstoffe** wurden im Ersten Weltkrieg aus Ammoniak hergestellt (weshalb *Habers* „Kriegsschemikalien AG“ die Ammoniakproduktion im Werk Leuna von im Jahre 1917 nur 100 Tonnen täglich bis Ende 1918 auf 75000 Tagedestonnen erhöhte).

Auch die Kunst, kompliziertere Riesenmoleküle zu bauen - für Kunststoffe z. B. oder für Arzneimittel wie Insulin, Methadon und Viagra – zeigt, dass als das nur durch vorausgegangene Grundlagenforschung von Männern wie *Boyle*, *Avogadro*, *Dalton* und *Mendelejeff* möglich wurde (Man denke sich die heutige Gesellschaft einmal ohne all die Kunststoffe und synthetischen Arzneimittel – ohne Forschung wäre ein Fortschritt unmöglich).

Die naturwissenschaftliche, ethisch scheinbar wertneutrale **Grundlagenforschung** konnte so mächtige **Werkzeuge** hervorbringen, für deren **ethisch wohlüberlegte Handhabung** wir verantwortlich sind. Um diesen Zusammenhang exemplarisch aufzuzeigen, wurde hier der folgende Exkurs von der Entdeckung der Moleküle eingeschoben.

Am Beispiel einer solchen naturwissenschaftlichen Entdeckungsgeschichte (wie eben z.B. in der Chemie) lässt sich zudem gut aufzeigen, dass sich das Vorgehen eines **ethisch** wertenden, logisch argumentierenden Philosophen von dem eines Naturwissenschaftlers grundsätzlich unterscheidet – trotz der o. g. formalen Ähnlichkeit. Als Beispiel wurden hier nochmals die o. g. Begriffe „Element“ und „Atom“ bzw. „Molekül“ gewählt. Über sie hatten ja schon Demokrit und weitere antike Philosophen ebenso angestrengt nachgedacht wie auch über ethische Grundbegriffe wie Tugend, Sitte, Anstand und Moral.

## Beispiel / Exkurs: Von der Entdeckung der Moleküle

Atome sind unvorstellbar klein. Schon griechische Naturphilosophen wie Leukipp und der oben erwähnte *Demokrit* hatten im 5. Jh. v. Chr. vermutet, dass die Materie - alle Stoffe der Welt - aus kleinsten, unvergänglichen und unteilbaren Teilchen bestehen würde. „Unteilbar“ heißt auf Griechisch ατομος („a-tomos“), und so benannten sie sie „**Atome**“. Beweise für ihre Existenz hatten sie keine - ebenso wenig wie *Sokrates* beweisen konnte, dass ein an ethischen Tugenden orientiertes Leben besser gelingt als das eines skrupellosen Egoisten. Ein Jahrhundert später wurde ihre Lehre, die **Atomistik**, von Aristoteles verworfen. Auf der Basis von Spekulationen über den „**Stein der Weisen**“ und vier angebliche Grundstoffe (**Elemente**) Wasser, Feuer, Luft und Erde entwickelte sich die **Alchimie** - oft mit dem Ziel der Herstellung von Gold, Heil- und Wundermitteln.

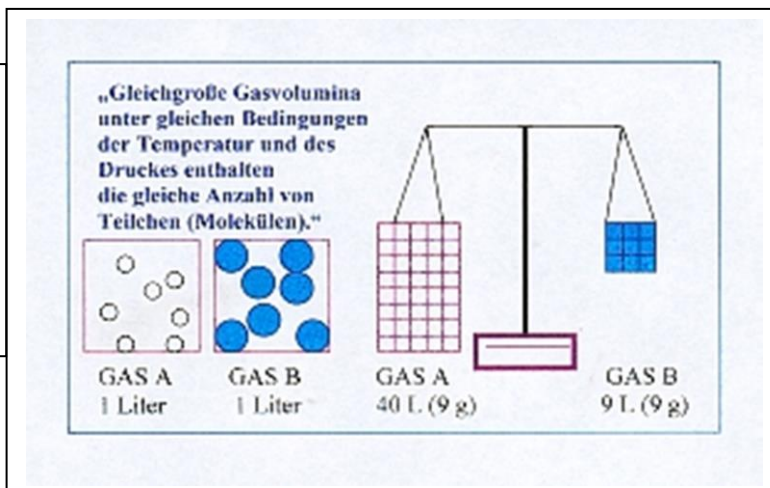
*Sir Robert Boyle* veröffentlichte 1661 sein satirisches Buch „Der skeptische Chemiker“. Er rechnete gnadenlos mit den leicht- und abergläubigen Alchimisten seiner Zeit ab. Bestand haben sollten nur Theorien, die sich beweisen lassen - und als Urstoff oder **Element** sollten nur Stoffe gelten, die sich als unzerstörbar und unherstellbar erwiesen haben (wie z.B. Gold), sich chemisch nicht zerlegen lassen.

Auf der Basis dieses neuen Elementbegriffes für die damals schon bekannten vierzig Elemente gründete *John Dalton* dann 1808 die moderne Atomtheorie der Naturwissenschaften: Jedes Element sollte aus Atomen einer bestimmten Art bestehen - diese kleinst-möglichen Stoffportionen verschiedener Elemente sich voneinander also durch Größe und Masse unterscheiden, innerhalb eines Elementes jedoch voneinander ununterscheidbar sein und sich einander gleichen wie ein Ei dem anderen.

Nur wenige Jahre zuvor nämlich hatte *Antoine L. Lavoisier* entdeckt, dass die Gesamtmasse bei chemisch reagierenden Stoffgemischen unverändert bleibt (**Gesetz von der Erhaltung der Masse**, Deutung von *Boyle*: Atome verschwinden nicht, sie verbinden sich nur !) und dass chemische Elemente sich miteinander nur in ganz bestimmten, gleichbleibenden Masseverhältnissen zu neuen Stoffen verbinden (**Gesetz der konstanten Masseverhältnisse**, *Boyle*: Es entstehen „compoundeds atoms“, Atomverbände aus ganz bestimmten Anzahlen von Atomen). Wir nennen diese Atomverbände heute „Moleküle“ und erklären ihre konstanten Masseproportionen ähnlich wie ein Fliesenleger den Bedarf unterschiedlicher Anzahlen von Fliesen zur Herstellung bestimmter Kachelmuster (Beispiel Schachbrettmuster: zwei Fliesensorten immer im Verhältnis 1:1).

Schon drei Jahre später, 1811, entdeckte der Italiener *Amadeo Avogadro* eine Gesetzmäßigkeit, die den direkten Vergleich der Masse von Atomen erlaubte. Nach *Dalton* sollten die kleinstmöglichen Stoffportionen chemischer Verbindungen wie Wasser ja aus Atomverbänden bestehen, aus Molekülen, die bestimmte Anzahlen von Atomen der Elemente enthielten, aus denen sie entstanden waren (bei Wasser also: Aus Wasserstoff- bzw. H- und Sauerstoff- bzw. O-Atomen). Es war jedoch noch nicht möglich zu entscheiden, ob sich diese Atome - um beim Beispiel der nur aus 2 Atomsorten bestehenden, „binären“ Verbindung Wasser zu bleiben - im Wassermolekül im Verhältnis 1:1 (also: Formel HO) oder 2:1 (also: H<sub>2</sub>O) oder 1:2 (also: HO<sub>2</sub>) oder gar 4:5 verbinden [Bei *Habers* Ammoniak (NH<sub>3</sub>) wäre es das Verhältnis 1:3 gewesen].

*Avogadro* fand nun heraus, dass **gleiche Volumina verschiedener Gase bei identischen Bedingungen** (Temperaturen und Drücke) - zum Beispiel in Gasflaschen - **immer chemisch gleichwertige („äquivalente“) Stoffmengen**, also **Anzahlen von Teilchen** enthalten. Die der Stoffmenge von 1 g Wasserstoff oder 12 g Kohlenstoff entsprechende Menge nennt man seither „Äquivalentmasse“, oder wie *Avogadro* auf italienisch: ein „**Mol**“ \* . Dabei muss stets bedacht werden, dass **Stoffmenge n** und **Masse m nicht** das gleiche sind - ähnlich wie auch 1 kg Kleingeldmünzen nicht identisch ist mit 1 kg Kleingeldmünzen: Auf Wert und Währung der einzelnen Geldstücke kommt es an - ebenso wie bei den Atomen auf ihre chemische Wertigkeiten und Äquivalentmassen).



### Der „Satz von Avogadro“:

Mithilfe von Avogadros Entdeckung wurde es möglich, Anzahlen von Atomen in Gasportionen zu vergleichen und ihre Masse zu bestimmen, ohne einzelne Atome erfassen zu können (Bild). Später entdeckte man dann, dass ein Mol immer rund  $6,023 \cdot 10^{23}$  Teilchen enthält - nicht nur bei Gasen, seien es nun 12 g Kohlenstoff, 199 g Golddampf oder 4 g Heliumgas. Zu Ehren von Avogadro wurde diese Zahl „**Number Avogadro**“ getauft (Abkürzung:  $N_A$ ). Mit ihrer Hilfe können Sie nun auch die Masse eines einzelnen Kohlenstoffatoms berechnen - denn 12 g Kohlenstoff sind ein Mol. Die einem Mol eines Elementes entsprechende Masse einer chemischen Verbindung in Gramm nennt man „molare Masse“ - sie entspricht immer der Masse von  $6,023 \cdot 10^{23}$  Molekülen bzw. Teilchen einer Verbindung. Atomare Masseinheiten werden in Bezug auf einzelne Atome in „units“ angegeben (Abkürzung:  $u$ ) - ein  $u$  entspricht der Masse von einem Zwölftel  $^{12}\text{C}$ -Atom, also gilt:  $1 u = \text{etwa } 1 \text{ g} : 6,023 \cdot 10^{23}$ .)

Das war gerade nun genau die Gesetzmäßigkeit, die Dalton zum Beweis seiner **Atomhypothese** noch gefehlt hatte: Nun brauchte man nur noch je einen Liter Wasserstoff- und Sauerstoffgas abzuwiegen, und schon konnte man messen, dass Sauerstoffatome sechzehn mal schwerer sind als Wasserstoffatome. Und da sich Wasserstoff und Sauerstoff in ihrer chemischen Verbindung Wasser stets in einem Masseverhältnis von  $m_{\text{H}} : m_{\text{O}} = 1:8$  vereinigen, konnte es nur so sein, dass ein Sauerstoffatom im Wassermolekül gleich mit zwei H-Atomen verbunden ist.

Von Avogadro stammt daher übrigens auch unser Name für die kleinstmöglichen Teilchen chemischer Verbindungen: das italienische „molecula“ heißt „kleinste Masse“. Und es war für Avogadro und Dalton der schönste Beweis ihrer Theorien, dass bei der elektrolytischen Zerlegung von Wasser in seine Elemente stets doppelt so viele Wasserstoff- wie Sauerstoffvolumina entstanden - im Wassermolekül musste das Verhältnis der Atomzahlen  $\text{H} : \text{O} = 2 : 1$  sein. Daher auch die Formel  $\text{H}_2\text{O}$ .

Die Masse für alle 92 in der Natur vorkommenden Atomsorten wurde somit über stöchiometrische Berechnungen (also von Massebilanzen und -verhältnissen chemischer Reaktionen) durch direkte Wägungen bestimmbar.

Als die damals bekannten Elemente ihrer Atommasse nach aufgereiht wurden, da entdeckten die Chemiker L. Meyer und D. Mendelejeff 1869 schließlich, dass bestimmte chemische Eigenschaften sich in dieser Aufreihung periodisch wiederholten: Das **periodische System der Elemente (PSE)** war geboren – ein Hilfsmittel, das Generationen von Chemikern half, grundlegende Eigenschaften der kosmischen Materie zu verstehen und neue, inzwischen hoch bedeutsame Moleküle wie Ammoniak, Contergan, Viagra, Vitamin C oder die der Kunststoffe und weiterer Medikamente, Dünge-, Entgiftungs- und sogar Nahrungsmittel zu bauen.

## 8.3 Wissenschaftsgeschichte - wie wirken Ideen, Entdeckungen und Erfindungen?

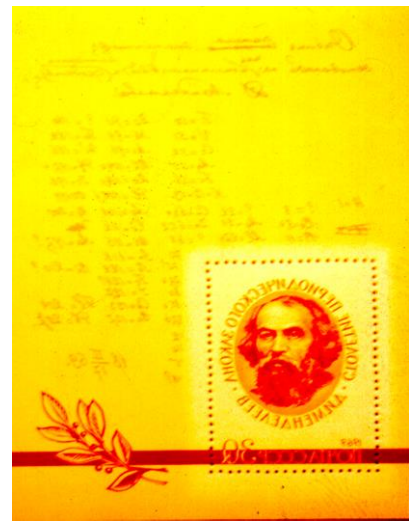
Niemand kann behaupten, Philosophen wie *Demokrit* und *Aristoteles* oder Forscher wie *Demokrit*, *Avogadro* und *Mendelejeff* seien verantwortlich dafür, dass *O.Hahn* die Atomkernspaltung und somit die Funktionsweise der Atombombe entdecken konnten, mit der im Weltkrieg Hunderttausende ermordet worden sind.

Auch in unserer Zeit werden jedoch z.B. Gentechniker, Reproduktionsmediziner und Drogen- und Arzneimittelforscher oft verantwortlich gemacht dafür, dass in unserer Gesellschaft Forschungsergebnisse missbraucht werden.

Ein durch Forschung mühsam erlangtes **Wissen** ist eben moralisch gesehen neutral - erst sein **Ge- oder Missbrauch** kann ethisch bewertet werden.

Das Beispiel **Contergan** zeigt, dass solche Fälle differenzierter zu werten sind. Das scheinbar Beruhigung und segensreichen Schlaf spendende Arzneimittel Contergan wurde in der BRD 1960-1962 gehandelt und verordnet (Es war auch unter dem Namen „Thalidomid“ gebräuchlich).

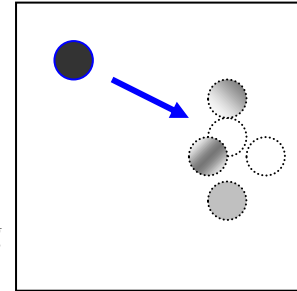
Auch Schwangere nahmen das Schlafmittel. Jahre später zeigte sich, dass dieses Arzneimittel entsetzliche Missbildungen an den damals noch Ungeborenen verursacht hatte und zudem Nervenschädigungen bewirkte. Vertuschungsversuche und Millionenschwere Entschädigungsprozesse folgten - alles das, weil das Mittel zuvor nicht genug untersucht worden war (keine ausreichenden oder nur unzulänglich aussagekräftige Tierversuche, keine oder unzureichende klinische Langzeit-Studien). Es blieben etliche missgebildete Opfer zurück - und ethische und juristische Fragen: Hatte man hier an Forschungsgeldern gespart oder durch vorschnelle Anwendung den schnellen Profit erhofft?



*D. Mendelejeffs erstes Periodensystem - hier das Original auf einer russischen Gedenkmarke. Es zeigt eine Fülle bewiesener Gesetzmäßigkeiten über Atome und Elemente an.*

## 8.4 Von der Verantwortlichkeit der Wissenden zur Verantwortung für das Wissen

Auch die Wissenschaften sind in eine **geschichtliche Entwicklung** eingebunden und subjektiver **Deutung** und **Wertung** ausgesetzt. In gewissem Sinne sind sie zudem sogar unfähig, die Existenz auch nur des kleinsten Teilchens zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem genau festgelegten Punkt im Raum überhaupt zu beweisen (vgl. Abb.). Der *Wissenschaftler Heisenberg* bewies durch seine „**Unschärferelation**“ somit, dass trotz aller Forschungsexperimente selbst in den Naturwissenschaften **keine absolute Objektivität** möglich ist.



*Die „Unschärferelation“*

*Dieses von Werner Heisenberg (1901-1976) um 1926 entdeckte Naturgesetz ist eine beweisbare Aussage, die in der Naturwissenschaft mit der physikalischen Formel  $\Delta x \cdot \Delta p \approx h$  ausgedrückt wird: Es ist prinzipiell unmöglich, den Aufenthaltsort  $x$  und den Impuls  $p$  eines Teilchens gleichzeitig zu bestimmen, eine der beiden Größen bleibt unbestimmbar (Der Impuls  $p$  ist das Produkt aus der Masse  $m$  und der Geschwindigkeit  $v$  eines Teilchens). Heisenberg bekam für diese Entdeckung 1932 den Nobelpreis.*

Allein durch die **Beobachtung** des Experimentators wird ein Teilchen schon **beeinflusst** - fast so ähnlich wie ein Täter, der durch die Gesellschaft beeinflusst wird - durch deren ethische Urteile oder moralische Verurteilung seiner Taten. Wissenschaftliche Erkenntnistheorie und naturrechtliche Ethik und Philosophie sind in dieser Hinsicht vergleichbar. Der Nobelpreisträger *Heisenberg* formulierte diesen wissenschaftsethischen Zusammenhang so:

- (1) Die Wissenschaft hat aber auch ihre erkenntnistheoretische Komponente. Diese Komponente zerfällt in drei Teile:  
die Beziehung zwischen (a) den unmittelbar beobachteten Daten ... und (b) den spekulativ vorgebrachten, indirekt bestätigten ... Postulaten seiner Theorie ...
- (2) Die Rolle des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in der Fehlertheorie, mit dessen Hilfe der Physiker das Kriterium beurteilt, wie weit die Ergebnisse seiner Experimente auf Grund menschlicher Fehler von den ... Ergebnissen abweichen dürfen ...
- (3) Die **Auswirkungen** des vollzogenen Experimentes auf das damit erkannte Objekt.

Wenn eine derart empirisch bestätigte Philosophie des Wahren in den Naturgesetzen mit den Kriterien des Guten und des Gerechten in den Geisteswissenschaften und den Gesellschaftswissenschaften gleichgesetzt wird, erhält man **eine Ethik und eine Jurisprudenz des Naturrechts**.

Mit anderen Worten: Man besitzt ein Erkenntniskriterium und eine Methode, die wissenschaftlich sinnvoll sind, um sowohl über die sprachlichen, persönlichen und gesellschaftlichen **Normen** als auch über die **Lebensethik** zu urteilen, die sich in Sitten, Gebräuchen und traditionellen kulturellen Einrichtungen der ... Völker und Kulturen der Welt verkörpern. Das Zusammentreffen dieser neuen **Philosophie der Physik** mit den verschiedenen **Kulturphilosophien** der Menschheit ist das wichtigste Ereignis der Welt von heute und morgen.

*W. Heisenberg 1959, in: Heisenberg, Physik und Philosophie, Frankfurt am Main/Berlin 1965, S. 195ff*

Auch die scheinbar objektiv feststehende, beweisbare Existenz der Umlaufbahnen von Elektronen-Teilchen um Atomkerne war damit übrigens widerlegt. Der österreichische Physiker *Erwin Schrödinger* entwickelte somit ein „quantenmechanisches Wellenmodell“ vom Atom. Auf unsere Sichtweise komme es an, denn auch die (subatomare) Realität ist stets anders als unsere **Auffassungen** und **Modelle** von ihr: Atomare Teilchen sind auch Wellen, so zeigt er, und Wellen sind auch als Teilchen zu verstehen (Eigentlich wollte Schrödinger nach dem Militärdienst als Artillerieoffizier im 1. Weltkrieg Philosoph werden, aber er widmete sich dann doch der Physik. 1928 bis 1933 lehrte er in Berlin, musste aber dann vor der völkermordenden Politik Hitlers fliehen - wie viele andere Wissenschaftler auch).

Trotz der Unverständlichkeit seiner „hohen“ Wissenschaft - sowie manchmal auch der seiner sprachlichen Äußerungen - forderte er unermüdlich, dass das Wissen der Wissenschaften weitergegeben werden müsse.

Eine **Loslösung der Wissenschaft** von Kultur und Gesellschaft (und deren ethischen **Wertungen**) empfand er als **Bedrohung von Wissenschaft und Kultur**:

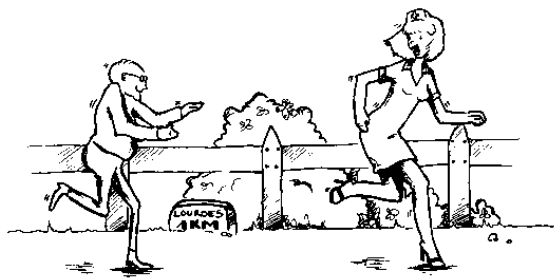
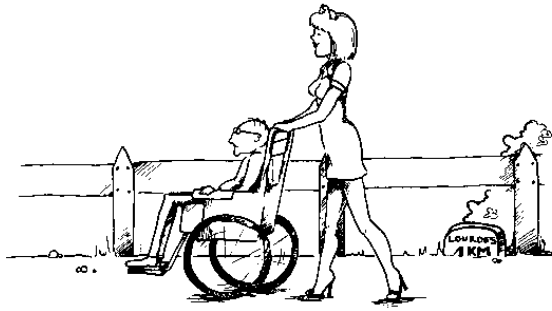
Es gibt eine Neigung zu vergessen, dass die gesamte Wissenschaft an die menschliche Kultur ... gebunden ist und dass **wissenschaftliche Entdeckungen .... außerhalb ihres kulturellen Rahmens sinnlos** sind. Eine theoretische Wissenschaft, die sich nicht dessen bewusst ist, dass die Begriffe, die sich für relevant und wichtig hält, letztlich dazu bestimmt sind, in Begriffe und Worte gefasst zu werden, die für die Gebildeten verständlich sind, und zu einem Bestandteil des allgemeinen Weltbildes zu werden - **eine theoretische Wissenschaft**, sage ich, in der dies vergessen wird und in der die Eingeweihten fortfahren, einander Ausdrücke zuzuraunen, die bestenfalls von einer kleinen Gruppe von Partnern verstanden werden, **wird zwangsläufig von der übrigen Kulturgemeinschaft abgeschnitten sein**; auf lange Sicht wird sie verkümmern und erstarren, so lebhaft das esoterische Geschwätz innerhalb ihrer fröhlich isolierten Expertenzirkel auch weitergehen mag.

*E. Schrödinger*: Gibt es Quantensprünge?, in: The British Journal for the Philosophy of Science, Band III, S.109f, zitiert nach: *I.Prigogine / I.Stengers*: Dialog mit der Natur, München 1990, S.25f  
(Anm. des Verfassers: Zentrale Stichwörter sowie die Hauptaussagen wurden hier zur besseren Verständlichkeit fett gesetzt).



(Bildquelle: Karikatur aus: M. Wächter: Von Sitten, Sünden und Sinnfragen. Das aktuelle Ethik-Lehrbuch, Verlag www.school-scout.de, Münster 2001 (ohne ISBN, da nur auf CD-ROM, Bezug online über www.school-scout.de / e-learning-academy.de); ebenso die folgenden Karikaturen)

## 8.5 Wissenschaft, Ethik und Glaube



Wunderheilung – wissenschaftlich?



Der Mensch des 21. Jahrhunderts?

- **Magie** ist der Versuch, übernatürliche Mächte durch Formeln, Riten, Kulte und/oder andere Medien und Handlungen dazu zu zwingen, in das natürliche Geschehen (die Welt der Menschen) einzugreifen. Nach dem magischen Weltbild hat der Mensch die Möglichkeit, über okkulte Praktiken übernatürliche Wirkkräfte willentlich zu beeinflussen und somit an- und hervorzurufen.
- **Religion** ist demgegenüber lediglich der Versuch einer Kontaktaufnahme mit jenseitigen Mächten und Wesen: Der Mensch bleibt gegenüber dem Transzendenten, Jenseitigen der Bittende, er hat den Göttern und Göttinnen zu dienen, und von ihnen empfängt er dafür - eventuell und aus reiner Gnade - eine Belohnung.
- **(Natur-)Wissenschaft** beschränkt sich, wie in Kap. 1 erläutert, auf das Empirische (das Mess- und Wahrnehmbare) - das Transzendente als Bereich des Nicht-Beweisbaren bleibt außen vor. Ein naturwissenschaftliches Menschenbild kann somit keine Aussagen über die Stellung des Menschen in Bezug auf Geister und Götter machen - außer vielleicht über die Auswirkungen bestimmter Religionen und Weltanschauungen auf das Verhalten, das Denken und den Ethos von Menschen und Menschengruppen.
- **Philosophie** ist das Nachdenken über den Menschen und ein Versuch, den Kosmos zu deuten - im Bewusstsein der Beschränktheit menschlichen Wissens. Somit sind auf der Grundlage dieser **Geisteswissenschaft** stets **unterschiedliche** Weltanschauungen möglich, und auch „das“ philosophische Menschenbild schlechthin (wie die Überschrift Kap. 2.1.1) gibt es nicht - ebensowenig wie es nur eine Ethik oder nur eine allein wahre Weltanschauung oder auch Religion geben kann, denn deren Wahrheit ist wissenschaftlich nicht beweisbar.

Religion ist also mehr als nur ein (philosophisch-weltanschauliches) Nachdenken über das Jenseitige, das in unverbindlichen Spekulationen verbleibt. Und sie beinhaltet mehr als nur das wissenschaftlich objektiv Feststellbare, mehr als experimentell beweisbare Hypothesen.

"Wir benutzen das Wort „übernatürlich“, wenn wir von einigen Glaubensvorstellungen anderer Kulturen sprechen, weil dieses Wort abdeckt, was jene Vorstellungen für uns bedeuten würden, aber weit entfernt davon, derart unser Verstehen zu verbessern, missverstehen wir wahrscheinlich jene Vorstellungen durch den Gebrauch dieses Wortes.

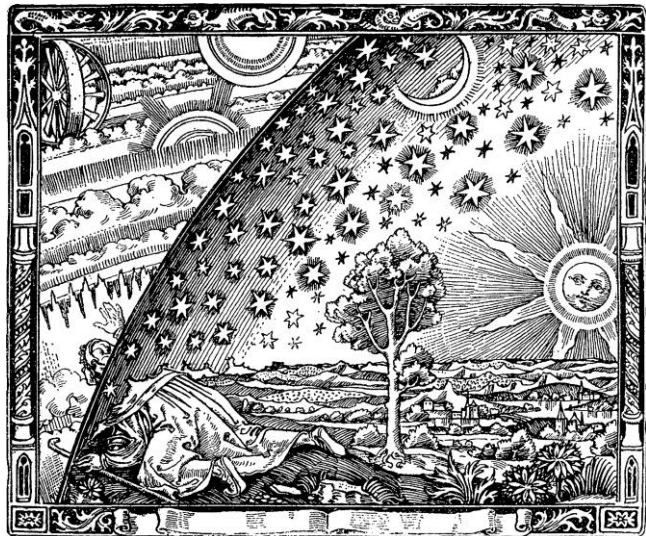
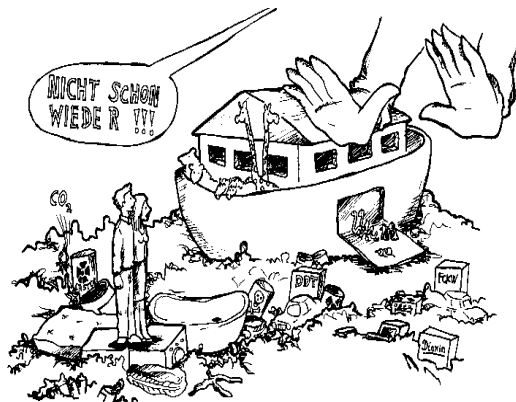
Wir haben die Vorstellung von natürlicher Gesetzmäßigkeit, und das Wort „übernatürlich“ vermittelt uns etwas, das außerhalb des üblichen Vorgangs von Ursache und Wirkung anzusiedeln ist, aber es hat überhaupt nicht dieselbe Bedeutung für die so genannten Primitiven.

Viele Menschen sind zum Beispiel davon überzeugt, dass der Tod durch **Zauberkraft** verursacht wird. Von „Zauberkraft“ zu sprechen als einer übernatürlichen Kraft spiegelt indes kaum die eigene Sicht dieser Menschen von dem Sachverhalt, weil in ihrer Sicht geradezu nichts natürlicher sein könnte. Sie erleben sie unmittelbar in ihrer sinnlichen Erfahrung von Todes- und Unglücksfällen, und die Hexen sind ihre Nachbarn.

In der Tat dürfte in der Sichtweise dieser Menschen umgekehrt, wenn jemand nicht durch Zauberkraft gestorben ist, gesagt werden, dass er nicht einen natürlichen Tod gestorben ist und dass der Tod infolge der Einwirkung von Hexerei heißt, durch unnatürliche Ursachen sterben."

*Edward E. Evans-Pritchard: Theories of Primitive Religion. Oxford 1965, S. 109f).*

### Glaube, Wissenschaft und Weltbild / Konkretionen der Schöpfungsverantwortung:



(Bildquellen: Karikatur erneut aus: M. Wächter: Von Sitten, Sünden und Sinnfragen. Das aktuelle Ethik-Lehrbuch, Verlag www.school-scout.de, Münster 2001 (ohne ISBN, da nur auf CD-ROM, Bezug online über www.school-scout.de / e-learning-academy.de), Abbildung rechts: Camille Flammarion, L'Atmosphère: Météorologie Populaire (Paris, 1888), pp. 163, Gemeinfrei, über: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Flammarion.jpg>)

Werturteile und normative Aussagen üben auf andere Menschen stets eine **Wirkung** aus. Diese Wirkung (der Geltungsanspruch ethischer Urteile) hängt davon ab, wie gut die Aussage (These) **begründet** wurde. In Ethik, Philosophie und den anderen (Geistes-)Wissenschaften gilt es daher, philosophische Thesen und ethische Werturteile mit überzeugenden Argumenten zu begründen (Logik, Rhetorik). Sie müssen logisch und zutreffend sein, um den Hörer oder Leser dazu bewegen zu können, den Geltungsanspruch einer Behauptung, Norm oder Bewertung anzuerkennen. Es ist daher sehr hilfreich, typische Argumentationsfiguren und -strukturen zu kennen, wenn man eine gute Begründung vornehmen oder die Argumentationsstruktur eines Textes untersuchen möchte (analysieren). Die Begründung - oder auch die Analyse einer solchen - kann folgendermaßen vorgenommen werden:

**Ziel: Die Hauptaussage (Kernthese des Textes formulieren bzw. erkennen):**

**(Haupt-)Ziel:** Formulieren bzw. erkennen einer zentralen These, für die Zustimmung gesucht wird.

**Fragestellung:** Was will ich bzw. was will der Verfasser erreichen?

**Arbeitsmöglichkeiten:** Man verfasst einen Text, um beim Hörer oder Leser Zustimmung zu finden - zu einer Meinung, einem Werturteil oder einer Norm. Hierzu sucht man dann im 2. Schritt Argumente, um eine gute, überzeugende Begründung (Argumentationsstruktur) aufzubauen. **Oder:**

Man untersucht einen Text, um die zentrale Aussage des Autors herauszufinden (vgl. Methodenseite Nr. 2), für die dieser des Lesers Zustimmung sucht. Diese Aussage kann eine Tatsachenaussage, ein Werturteil oder eine normative Behauptung sein. Eine **Tatsachenaussage** ist durch Informationsbeschaffung als eindeutig richtig oder falsch feststellbar. Es wird also ein „Beweis“ angetreten (Verifikation) oder eine „Widerlegung“ (Falsifikation) der Aussage vorgenommen (ähnlich wie in einem wissenschaftlichen Experiment). **Meinungsaussagen** hingegen sind strittige Aussagen. Sie sind nicht eindeutig beweis- oder widerlegbar. Diese Aussagen stellen somit ethische **Werturteile** oder **normative Behauptungen** dar, die von ethischen **Werten** und den sie schützenden **Normen** abgeleitet werden. Diese Ableitungen nennt man Argumentationsstrukturen. Im Wesentlichen gibt es - im Folgenden nach ihrer möglichen Wirkkraft geordnet - fünf Formen von Argumenten:

**1) Das Faktenargument:**

**Ziel:** Begründung einer Meinungsaussage durch logische Verknüpfung mit unstrittigen Tatsachenaussagen.

**Fragestellung:** Ist die als Faktenargument aufgeführte Tatsachenaussage ein Einzelfall, **oder** ist die Begründung **stichhaltig** (stringent), weil sie sich logisch richtig auf viele, repräsentative Fakten stützt?

**Arbeitsmethode:** Die als Faktenargument aufgeführte(n) Tatsachenaussage(n) daraufhin prüfen, ob sie nicht nur einen Einzelfall darstellen, eine Übertreibung oder eine logisch falsche Schlussfolgerung. Faktenargumente sind oft die am ehesten nachvollziehbaren und überzeugendsten Begründungen.

**2) Das Autoritätsargument:**

**Ziel:** Untermauern einer Meinungsaussage durch Berufung auf allgemein akzeptierte Autorität(en).

**Fragestellung:** Ist dieses Argument **zwingend**, **oder** kann man sich auf eine andere, ebenso anerkannte Autorität stützen, die die Gegenposition vertritt?

**Arbeitsmethode:** Überprüfen, ob die zitierte Autorität tatsächlich eine ähnliche oder identische Meinung vertritt, Äußerungen möglicher Gegenmeinungen suchen und vergleichen.

**3) Das normative Argument**

**Ziel:** Untermauern einer Meinungsaussage durch Bezug auf eine weithin akzeptierte Norm.

**Fragestellung:** Ist die These (Behauptung, Meinungsaussage, Werturteil) **einleuchtend** und **fundierte**, **oder** wird sie lediglich durch den Bezug auf solche Normen fundiert, die von der Mehrheit der Leser/Hörer nicht oder kaum noch akzeptiert oder als weniger bedeutsam erachtet werden?

**Arbeitsmethode:** Auflisten, welche Normen zur Begründung genutzt werden und ob diese Normen auch allgemein akzeptiert werden.

#### **4) Das analogisierende Argument**

**Ziel:** Absichern einer These durch Übertragung auf vergleichbare Beispiele aus anderen Bereichen.

**Fragestellung:** Ist der gewählte Sachverhalt (das Beispiel, die Analogie) auf die These anwendbar, sodass sie **nachvollziehbar** wird, **oder** sind die Lebensbereiche zu verschieden, um vergleichbar zu sein?

**Arbeitsmethode:** Überprüfen, ob die vorgetragene Analogie auf die Meinungsaussage übertragbar ist.

#### **5) Das indirekte Argument**

**Ziel:** Die eigene Meinungsaussage glaubhaft erscheinen lassen durch Entkräften der Gegenmeinung.

**Fragestellung:** Erscheint die These durch die Entkräftung der Gegenthese **triftig** (glaubhafter, plausibler), **oder** misslingt es, die Gegenmeinung als wirklichkeitsfern, unstimmig (= in sich widersprüchlich) oder sonstwie schwach begründet darzustellen?

**Arbeitsmethode:** Abschätzen, welche der gegensätzlichen Positionen auf die Adressaten realitätsnaher, stimmiger und somit überzeugender wirkt.

Sprachlich-stilistisch können Argumente auf sehr unterschiedliche Art miteinander zu **Argumentationsketten** verknüpft werden. Es können direkte logische Verknüpfungen erstellt werden, indem man ursächliche (kausale), bedingte (konditionale) oder andere Hilfs- und Bindewörter benutzt (Adverbien und Konjunktionen wie: daraus folgt, dass, weil, infolgedessen, ...). Logische Verbindungen können aber auch indirekt nahegelegt (suggeriert) oder angedeutet werden, statt sie ausdrücklich zu nennen (explizit auszuformulieren). Neben linearen Argumentationsketten sind auch dialektische Strukturen möglich. Die Argumentation „Ich behaupte, dass... (These), ...Ich berufe mich auf ... (Autoritätsargument), ... Ein Beispiel hierfür wäre.... (ein Fakten- oder analogisierendes Argument)“ ist z.B. eine **Kette**, während ein **dialektischer Aufbau** folgendermaßen aussähe: „Ich behaupte, dass.... (These)... Zwar gilt, dass ... (Gegenargument) ... , aber... (Pro-Argument). Vergleicht man nun ... (Gewichtung, Abwägen), so sollte man also ... (Empfehlung, Schlussfolgerung, Fazit – umgangssprachlich z.T. auch „die Moral der Geschichte“ genannt).“.

Inhaltlich sei hier nochmals an das auf Methodenseite Nr. 2 Gesagte erinnert: In den Geisteswissenschaften (Ethik, Philosophie, Theologie , Geschichte usw.) werden bei der Argumentation mit Sachtexten und -themen verschiedene Denkweisen unterschieden. Ein „**hermeneutisch**“ Denkender bemüht sich um das Erschließen des für den Verstehenden Bedeutsamen: er bringt Wesentliches zur Sprache, das - nach Meinung jenes Denkenden - immer schon Geltende, und will so über ein bloßes Interpretieren hinausgehen. Ein „**analytisches**“ Denken ist nicht mit der Frage nach dem - nach Meinung des Analysierenden - immer schon Geltenden beschäftigt, sondern es ist offen und frei für die Überschreitung (Transzendenz) vertrauter Erfahrungen und moralischer Anschauungen. Es bemüht sich um „wissenschaftliche“ **Objektivität**, indem es sich bei der Analyse von Texten und Themen für den Gewinn neuer Erkenntnisse offenhält.

#### **Aufgaben:**

1) Unterscheiden Sie bei den folgenden Aussagen zwischen Tatsachenaussagen, Werturteilen und normativen Behauptungen:

a) Jugendliche Umgangssprache neigt zu coolen, kulturschädigenden Übertreibungen, b) Ein Christ sollte einmal jährlich beichten gehen, c) Ein Moslem ist jemand, der *Mohammed* als den wichtigsten Propheten ansieht, d) Eine Frau ist intelligenter als ein Mann, e) In Diskotheken verständigt man sich nur noch über verstümmelte Sätze oder nonverbal, f) Die Vandalen eroberten einen Großteil des Römischen Reiches, g) Es gibt immer mehr Schüler, die sich wie Vandalen benehmen, h) Vandalismus ist als sozialschädliches Verhalten zu verurteilen, i) Ein Menschenleben ist mehr wert als das Leben von 100 Versuchskaninchen.

2) Analysieren Sie (a) mithilfe dieser Methodenseite erneut die Argumentationsstruktur in dem fiktiven Text „Meinungsaussäuerung eines Pfarrers“ in Kap. 1.2.3. und formulieren Sie (b) zum gleichen Thema eine eigene Meinungsaussäuerung. (c) Erstellen Sie hierzu eine Argumentationsstruktur, in der jeweils ein Fakten- und Autoritätsargument sowie ein normatives, analogisierendes und indirektes Argument vorkommen.

3) Vergleichen Sie das auf dieser Seite Gesagte mit einigen in Kap. 1.2.3 vorgestellten ethischen Argumentationsfiguren.

## 8.6 Was ist „Ökologie“?

(mit z.T. fachübergreifenden Informationen)

Woher stammt dieses „Fachwort“ (bio-)ethischer Argumentationsstränge der Umweltschutzbewegung? Der Begriff wurde erstmals von Haeckel und Woltereck folgendermaßen definiert: **Ökologie ist die Wissenschaft der Beziehungen des Organismus zur ihn umgebenden Umwelt** (Haeckel, 1866) bzw. vom „**Ökosystem**“ (Woltereck, 1927), also dem geochemischen Stoffkreislauf mit leblosen (abiotischen) und lebenden (biotischen) Faktoren. (Die „**Produktivität**“ des Ökosystems bemisst sich in t Biomasse/km<sup>2</sup>). Diese Wissenschaft weist keineswegs nur aktuelle Bezüge auf - im Gegenteil: es gab sie schon immer, die regionalen und globalen Umweltkatastrophen, die ganze Ökosysteme bedrohen und vernichten.

Tabelle: Ökologische Katastrophen (Auswahl):

| <u>a) Vorgeschichtliche Beispiele (Erdaltertum):</u> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vor 2,3 Mrd. Jahren:                                 | Explosionsartige Vermehrung der „ <u>Cyanobakterien</u> “. Deren Photosynthese bewirkt einen <u>Anstieg der Sauerstoffkonzentration in der Erdatmosphäre</u> . Der Sauerstoff wird im reduzierend wirkenden Medium des Urozeans gebunden: Es kommt zum ersten <u>Massensterben irdischen Lebens</u> . „Zufällig“ überleben jedoch einige Arten das Massensterben, die Sauerstoff vertragen bzw. atmen können. |
| Vor 440 Mio. a:                                      | Erstes großes <u>Artensterben</u> unter den Vielzellern (Ursache unbekannt, ähnl. Sterbekatastrophen: Vor 360, 250, 215 und 65 Mio. a sowie derzeitig...). Zeitalter heftiger <u>Vulkanausbrüche</u> (Klimakatastrophen?).                                                                                                                                                                                    |
| Vor 65 Mio. a:                                       | <u>Einschlag eines großen Himmelskörpers</u> und <u>Klimakatastrophe</u> , <u>Aussterben der Dinosaurierarten</u> (so die Analyseergebnisse von Boden- und Eisproben, Fossilien usw.).                                                                                                                                                                                                                        |
| <u>b) Beispiele aus geschichtlicher Zeit:</u>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 79 n. Chr.:                                          | Ausbruch des <u>Vesuv</u> , plötzlicher Erstickungstod vieler Tausend Menschen ( <u>Pompeji</u> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Mittelalter:                                         | Mehrere Pestepidemien in Europa, etwa 75 % der Bevölkerung sterben                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1883 n. Chr.:                                        | Ausbruch des <u>Krakatau</u> , 36.000 Todesopfer, Explosion über viele 1000 km hörbar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1906:                                                | <u>Erdbeben in San Francisco</u> , viele Tausend Todesopfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1908, 28.12.:                                        | Erdbeben von Messina, ca. 100.000 Tote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1928, 20.5.:                                         | Erstes <u>Giftgas-Unglück</u> (Phosgen-Fabrik Stolzenberg, 10 Sofort-Tote, 150 Vergiftete)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1935, 26.7.:                                         | Jangtsekiang- <u>Hochwasser</u> , ca. 200.000 Tote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1947, 16.4.:                                         | Texanischer Nitratfrachter explodiert: 550 Tote, 330 Verletzte, 35 Mio. \$ Schaden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1953, 1.2.:                                          | Niederländische Sturmflut, 1487 Tote, 1 Mio. Evakuierte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1957, Okt.:                                          | <u>1. Reaktorunfall</u> (Windscale): 35 Tote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1966, 2.10:                                          | Wirbelstürme in Ostpakistan und Karibik, zusammen ca. 5200 Tote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1968, 11.1.:                                         | Plötzliche Kältewelle in USA, 76 Tote (ca. -35°C)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1970, 13.11.:                                        | Sturmflut in Pakistan, 300.000 Tote (Flut, Cholera, Typhus)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1976, 3.1.:                                          | Dioxin-Unfall von <u>Seveso</u> (2,5 kg freigesetzt), ca. 35000 Tote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1978, 17.3.:                                         | Ölkatastrophe von Brest (230.000 t Rohöl und ca. 1,15 Mrd. \$ Schaden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1979, 28.3.:                                         | Reaktorunglück von Harrisburg (Schaden ca. 1,5 Mrd. \$)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1984, 2.12.:                                         | <u>Giftgasunglück von Bhopal</u> , 3.400 Blausäure-Tote (entstand aus Methylisocyanat)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1984/85:                                             | <u>Dürrekatastrophe</u> in Äthiopien, ca. 1 Mio. Todesopfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1985, Nov.:                                          | Ausbruch des Vulkans Nevado del Ruiz, 23.000 Tote, 20.000 Obdachlose                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1986, 26.4.:                                         | GAU im AKW von <u>Tschernobyl</u> , 35 Soforttote, 135.000 Evakuierte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1986, August:                                        | Vulkankrater-See in Kamerun setzt Giftgase frei: 1.746 Tote, zudem viel Vieh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1988 (bis August):                                   | <u>Golfkrieg</u> (1/2 Mio. Tote nach 8 Jahren, zudem absichtlich herbeigeführte Ölpest und Ölquellen-Brände im arabischen Golf)                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1989, 24.3.:                                         | Der Öltanker Exxon Valdez verliert vor Alaska 206.000 t Rohöl. Diese verseuchen 6.700 km <sup>2</sup> Küstenstreifen.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1992, August:                                        | Dürrekatastrophe in Afrika, 12 Mio. Flüchtlinge, in Somalia 1,5 Mio. Todesopfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1997/98:                                             | Klimaumschwung „El Ninyo“ (Südhalkugel): Dürrekatastrophen in Feuchtgebieten (z. B. Papua-Neuguinea), Regenflut in Trockengebieten (Kenia), Eisregenkatastrophe in Kanada                                                                                                                                                                                                                                     |

Ein **Ökosystem** ist ein Beziehungsgeflecht von Organismen und Umwelt. Diese treten untereinander in Beziehung, weil alle Organismen zu ihrem Überleben **Stoffwechsel** betreiben müssen. Mineralien und Gesteine bilden **abiotische Faktoren** in den Stoffwechsel-Kreisläufen der Ökosysteme der Erdkruste (Lithosphäre) und Ozeane (Hydrosphäre). Durch Gesteinsverwitterung werden hieraus Stoffe freigesetzt, die von Einzellern und Pflanzen zum Stoffwechsel genutzt werden können.

Was ist nun die Basis des –aus ethischen Gründen ggf. zu schützenden – Ökosystems?

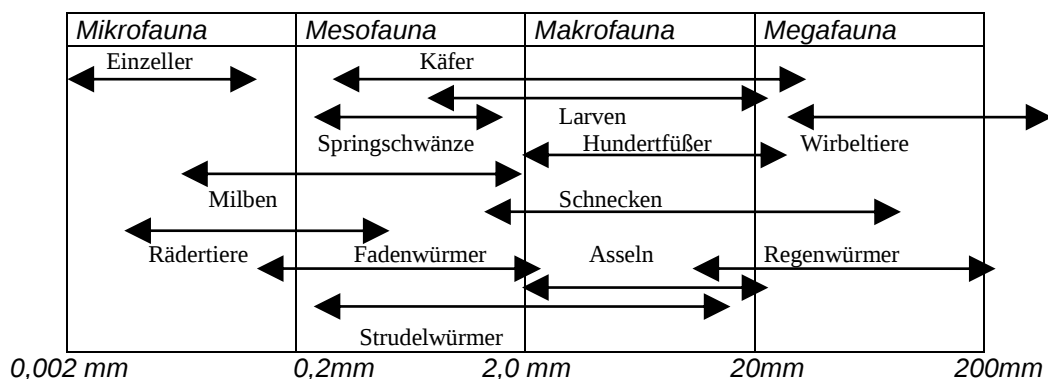
**Pflanzen** und andere „autotrophe“ Organismen können aus abiotischen Faktoren (Nährelementen) Biomasse aufbauen. Man schätzt die gesamte, irdische **Biomasse** auf rund **1,84 • 10<sup>9</sup> t** organische Verbindungen - das sind etwa 3,6 kg pro m<sup>2</sup> Erdoberfläche. Letztlich wurden diese 1,84 Mrd. t Masse von Lebewesen aus totem, anorganischen Material aufgebaut.

Andere Organismenarten sind hingegen ausschließlich auf Biomasse angewiesen. Sie werden „heterotrophe“ Organismen genannt und benötigen z.B. die von Pflanzen durch Photosynthese aufgebauten Kohlehydrate zur Energiegewinnung (Fleisch-, Kadaver- und Pflanzenfresser) durch Dissimilation (= Abbau zu energieärmeren Verbindungen).

Weitere Beispiele für die Energiegewinnung durch autotrophen Stoffwechsel existieren: So erzeugen Beggiatoa zum Aufbau ihrer Biomasse Schwefel aus H<sub>2</sub>S-Gas, Grünbakterien aus H<sub>2</sub>S und CO<sub>2</sub> und andere anaerobe Einzeller sogar Eisen-II-sulfid aus Eisen und H<sub>2</sub>S. Für die chemischen Stoffkreisläufe in Ökosystemen wichtige Stoffwechselprozesse sind z.B. auch:

| Bezeichnung                              | Reaktionsschema des Stoffwechselvorgangs                                                                                                                                                                                                                                          | Organismus                 |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Nitratammonifikation                     | $2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{NO}_3^- \rightarrow 12 \text{CO}_2 + 6 \text{OH}^- + 6 \text{NH}_3$                                                                                                                                                                | Pseudomonas                |
| Denitrifikation (I)                      | $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{NO}_3^- \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- + \text{NO}_2$<br>$5 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24 \text{NO}_3^- \rightarrow 30 \text{CO}_2 + 18 \text{H}_2\text{O} + 24 \text{OH}^- + 3 \text{N}_2$ | Nitrococcus denitrificans  |
| Denitrifikation (II) mit Sulfurifikation | $5 \text{S} + 6 \text{NO}_3^- + 2 \text{CaCO}_3 \rightarrow 2 \text{CaSO}_4 + 3 \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{CO}_2 + 3 \text{N}_2$                                                                                                                                                  | Thiobacillus denitrificans |
| Ammonifikation (aus Glyzin)              | $2 \text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NH}_3$                                                                                                                                                             | Pseudomonas                |
| Nitrifikation                            | $2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                    | Nitrit-Bakterien           |

Eine handvoll Gartenerde enthält mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Erde gibt, denn jeder winzige cm<sup>3</sup> humusreicher, feuchter Erdboden weist Millionen von Bodenorganismen auf, die Stoffwechsel betreiben. Zur Bodenfauna gehören zum Beispiel folgende Organismengruppen:



Die Bodenorganismen werden nach ihrer Beweglichkeit bzw. Bodenhaftung auch in Bodenhafter, Bodenschwimmer, Bodenkriecher und Bodenwühler eingeteilt. Nach ihren Nahrungslieferanten bzw. Stoffwechsel-Edukten eingeteilt, ergeben sich folgende Gruppen: autotrophe und chemotrophe Organismen, Saprovoren (= sie fressen tote, organische Substanz) und Carnivoren bzw. Zoophagen (= sie fressen Lebewesen: Fleisch- und Pflanzenfresser). Die Saprovoren unterteilen sich weiter in Aasfresser (Nekrophagen) und Exkrementenfresser (Koprophagen).

Jede Handvoll belebter Gartenerde stellt u. U. ein hochkompliziertes, schützenswertes Stück Ökosystem dar. Die Biomasse durchläuft hier (im Ökosystem „Boden“) einen perfekten **Kreislauf**: Die Flora (Pflanzenwelt) bildet die **Erstkonsumenten** der dem Ökosystem zugeführten Sonnenenergie, während Larven, Doppelfüßer, Asseln, Regenwürmer und Schnecken deren Endverbraucher sind: Sie zählen zu den Primärzersettern (**Destruenten**). Pflanzenfresser (Herbivore) zu den **Konsumenten** 2. Ordnung und die Fleischfresser (Carnivoren) zu den Konsumenten 3. Ordnung. Ihre „Zoomasse“ wird dann wieder von den Destruenten in organische Substanzen zersetzt, sodass sich der Stoffwechsel-Kreislauf des Ökosystems schließt.

Lediglich die Pflanzen nutzen die dem Ökosystem zugeführte Energie des Sonnenlichtes also direkt, um Biomasse aufzubauen. Im Gegensatz zu Pilzen (Destruenten !) können sie daher überleben, auch ohne organisches Material vorzufinden. Etwa 1% der solaren Strahlungsenergie wird von den Pflanzen für den Betriebsstoffwechsel und den Aufbau ihrer Phytomasse genutzt. Sie benötigen dazu aber unbedingt Licht, Wasser und anorganische Nährstoffe.

Eine Zerstörung solcher Systeme – z.B. durch Bodenversiegelung, toxische Abwässer, radioaktive Abfälle oder Brandrodung, Versteppung und Erosion - vernichtet Existenzgrundlagen vieler Lebewesen und ggf. ganzer Arten bis hin zum Menschen selbst.

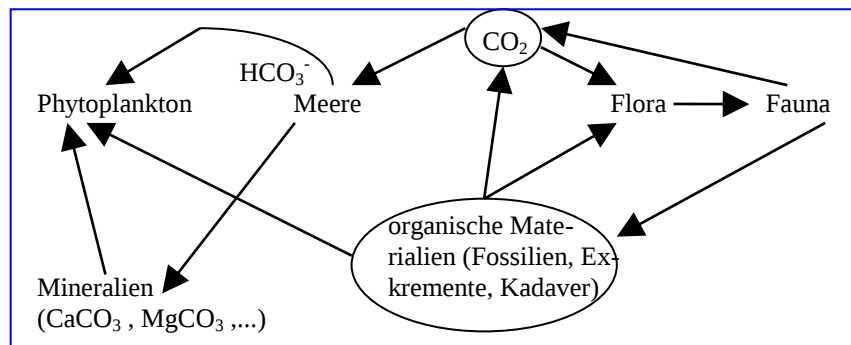
#### Üb(erleg)ungsaufgaben zu Bioethik, Umweltschutz und Ökologie:

- 1) Nennen Sie jeweils drei Ihnen bekannte autotrophe und heterotrophe Organismen. In welche Untergruppen werden heterotrophe Organismen unterteilt ?
- 2) Teilen Sie die folgenden Organismen in Destruenten und Konsumenten 1., 2. und 3. Ordnung ein: a) Spinne, b) Regenwurm, c) Schimmelpilz, d) Mistkäfer, e) Tomate, f) Mensch.
- 3) Zählen Sie einige natürliche sowie von Menschen hervorgerufene Ursachen lokaler Umweltkatastrophen auf. Welche Stoffe oder Phänomene stehen im Verdacht, möglicherweise globale Ökokatastrophen auszulösen ?

### Stoffkreisläufe in Ökosystemen - wie alles zusammenhängt:

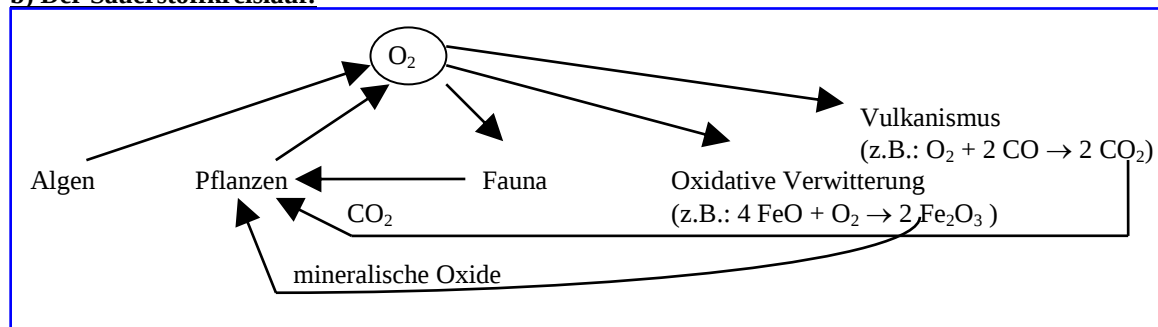
Biotische und abiotische Stoffwechsel bilden im Hinblick auf Elemente wie Kohlen-, Sauer- und Stickstoff - Stoffkreisläufe, von denen im Folgenden schematisch dargestellt werden:

#### a) Der Kohlenstoff-Kreislauf:



Vor dem Hintergrund der Klimaverhandlungen über das Treibhausgas Kohlendioxid wird hier unsere „bio-ethische“ Verantwortung für das hochempfindliche Ökosystem „Erdatmosphäre“ deutlich: Innerhalb eines Zeitraums von nur etwa 35 Jahren führt der Kreislauf so dazu, dass das gesamte Kohlendioxid der Atmosphäre (0,04 Masse-% der Luft) ausgetauscht wird. Der Sauerstoff (insgesamt  $10^{15}$  Tonnen) durchläuft den folgenden Kreislauf hingegen einmal in ca. 100 Jahren, während es beim Stickstoffkreislauf ca. 100 Millionen Jahre dauert, bis alle  $10^{16}$  t einmal ausgetauscht worden sind.

#### b) Der Sauerstoffkreislauf:



In diesem Kreislauf werden 0,01% des Luftsauerstoffes jährlich umgesetzt.

Der Mensch ist das einzig uns bekannte Wesen, das diese Naturkreisläufe willentlich beeinflussen kann. Anthropogene (vom Menschen gemachte) Einflüsse auf natürliche Ökosysteme können in stofflicher wie auch in nichtstofflicher Form auftreten. Zusätzlich zu den industriell freigesetzten Schadstoffen (wie z.B. Pestizide, Treibhausgase, Schwermetalle usw.) führen nämlich auch anthropogene Natureingriffe, wie z. B. Landschaftsänderungen (Skipisten, Parkplatz- und Straßenbau), Schall und Lärm, nächtliche Beleuchtung (Insektenwelt), Trittbelastung des Bodens, Störung durch Annäherung (z. B. Seehunde, Skisport), Befischung und Bejagung und ähnliche Einflüsse zu Schädigungen des Ökosystems.

Am Beispiel unserer **Erdatmosphäre** lassen sich folgende Bedrohungen aufzeigen: **Luftschadstoffe** aus industrieller wie auch privater Produktion verursachen Luft-Verunreinigungen, verstärken den natürlichen **Treibhauseffekt** und verursachen Phänomene wie **Sauren Regen**, **Photosmog** oder das **Ozonloch** [Luftschadstoffe sind z. B. die **Treibhausgase** Kohlenmonoxid, Kohlendioxid (s.o., natürlicher Anteil: 330 ppm, ständig wachsender Anteil durch Verbrennungen), Lachgas (Treibgas z. B. in Sahnepühen), die FCKWs (Treibgase, Schäum- und Kältemittel, zerstören die natürliche Ozonschicht durch Chlorradikale), Methan (Sumpf- und Grubengas, Nebenprodukt der Landwirtschaft) und die Säure bildenden und oxidierenden Gase (Stick- und Schwefeloxide, Ozon)].

Aber auch Antibiotika, Anabolika, Tranquilizer, Enzymgifte, PVC-Weichmacher u.ä. Produkte gelangen als Schadstoffe in die Nahrungsketten und somit auch in unsere menschlichen Körper.

## Toxische Stoffe, Gefahrstoffe, Gifte, Beispiel Tabakrauch

Neben Alkohol ist **Nikotin**, ein Bestandteil des Tabaks, die in Deutschland wohl am meisten verbreitetste und am einfachsten beschaffbare Droge. Älteste Darstellungen rauchender Maya-Priester sind schon von 500-600 v. Chr. bekannt und nach der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus (1492) tauchten bald (1497) erste Berichte über die Tabakpflanze in Europa auf. 1560 brachte *Jean Nicot de Villemain* die Pflanze nach Europa.

Während von einem der ersten europäischen Raucher, Sir *Walter Raleigh*, bekannt ist, dass er von einem verwirrten Zimmermädchen mit einem Eimer Wasser übergossen wurde (mit dem Ausruf: „Hilfe, Sir *Raleigh* brennt - aus dem Mund kommt schon Rauch!"), war das Rauchen bald so verbreitet, dass Zar *Michael Romanow* den Tabakkonsum im 16./17. Jahrhundert mit Strafen wie Verbannung, Exkommunikation und Hinrichtung zu bekämpfen versuchte - während andernorts 1625 erstmals die Tabaksteuer eingeführt wurde. 1881 wurde in den USA die 1. Zigarettenmaschine patentiert - sie schaffte 200 Zigaretten pro Minute. 1910 waren beim deutschen Patentamt schon 20.000 Zigarettenmarken eingetragen, und fortan wurden die Zigaretten - gemessen am Stundenlohn - stets billiger (1930 gab es 19 Zigaretten für einen Durchschnitts-Stundenlohn, 1960 schon 32, 1990 92 Stück).

Die Verbreitung der **Tabaksucht** ist in der BRD **konkurrenzlos**: In Deutschland sind vom 14. Lebensjahr an ca. 49 % Nichtraucher, 34 % Raucher und 17 % Ex-Raucher. Eine Befragung 1986/87 ergab, dass von den 12-14-Jährigen 35 % rauchen und nur 54 % noch nie geraucht haben. Während der Pro-Kopf-Verbrauch an reinem Alkohol 1992 in der BRD von 12 auf 11,5 Liter 100 %igen Alkohol sank (bei 40.000 Todesfällen aufgrund von Alkoholmissbrauch 1993), stieg der Anteil der Raucher seit 1989 in den alten Bundesländern stetig an, sodass Studien 1993 von 90.000 Personen ausgehen, die 1993 an den Folgen des Rauchens starben (ohne Passivraucher !).

Insgesamt wären damit **5 % der Bevölkerung** suchtkrank: Gegenüber ca. 2,5 Millionen Alkoholikern, etwa 1,4 Millionen Tablettenabhängigen und "nur" 120.000 Heroin-, Kokain- und Cannabis-Süchtigen stehen rund **4-5 Millionen Bundesbürger**, die **keinen Tag** ohne Zigaretten bzw. Pfeife auskommen können. Weltweit starben 1990 nach Angaben der WHO 2,7 Millionen Menschen an durch Rauchen verursachtem Lungenkrebs bzw. entsprechenden Herzkrankheiten - das sind etwa alle zehn Sekunden ein Menschenleben irgendwo auf der Welt; oder, auf Deutschland bezogen, täglich ein voll besetzter Jumbojet.

*Rauchen tötet mehr Menschen als Verkehrsunfälle, Aids, Alkohol, illegale Drogen, Morde und Selbstmorde zusammen. Im Ergebnis ist nach heutigem, medizinischen Kenntnisstand gesichert, dass Rauchen auch die Gesundheit der nicht rauchenden Mitmenschen gefährdet.*

Bundesverfassungsgericht, Beschluss vom 22.1.1997

Allein in den USA sterben täglich 50.000 Menschen an Herzversagen und 4.000 Menschen an Lungenkrebs, weil sie **unfreiwillig** Tabakrauch mit einatmen müssen (*Dr. Binz, Dr. Sorg*, in: FAZ, 3.2.1998). Obgleich juristisch nicht fassbar, so ist das Rauchen in Gegenwart von Nicht- bzw. Passivrauchern ethisch als **fahrlässige Tötung** zu bewerten, - ebenso wie wenn jemand z. B. ein Krebs erregendes Parfum oder ein giftiges Pestizid auf seine Mitmenschen versprühen würde.

Aufgabe: Diskutieren Sie die hier vorgetragene ethische These.

Wirtschaftlich ist der Tabakkonsum ein hochbedeutsamer Faktor: 1989 gab die Tabakindustrie in der BRD ca. 80,5 Mio. € für Werbung in den Massenmedien aus, rund 300 Mio. € für Außen- und Kinowerbung - erzielte aber im selben Jahr locker das Zehn- bis Fünzigfache dieser Summe als Nettogewinn. 1989 betrug der Steueranteil bei Zigaretten 74 % des Preises. Bei nur einer Schachtel zu 2,- € täglich (1989) investiert ein Raucher seitdem jährlich mindestens schon rund . 750 €. Das gleiche Geld hätte im Ratensparvertrag mit 7% Zinsen (1989) nach 30 Jahren ein Vermögen von 75.000 € ergeben. Bei 4-5 Mio. Rauchern, die im Schnitt rund 3 Schachteln täglich konsumieren, lässt sich so der Tabakumsatz in der BRD mit rund 11-13 Milliarden € abschätzen (Parteispenden der Tabakindustrie nicht mitgerechnet!). Die Einnahmen aus der Tabaksteuer dürften somit einige hundert Euro pro Sekunde (!) betragen.

Alle Arten von **Sucht** verlaufen über folgende **vier Stadien** (psychisch):

- 1) Verlust der Kontrolle,
- 2) Steigerung der Dosis,
- 3) Auftreten von Entzugserscheinungen,
- 4) Zentrierung auf die Sucht.

Wenn also im Falle des Rauchers/der Raucherin der/dem Betreffenden nicht mehr bewusst ist, wie oft er/sie am Tag zur Zigarette greift, so ist schnell die 2. Stufe der Sucht erreicht: Man merkt nicht nur nicht mehr, wie viel geraucht wird, sondern auch nicht mehr, dass man stets etwas mehr raucht (Dosissteigerung durch Mengenerhöhung oder Wechsel auf nikotinhaltigere Marken oder durch Weglassen des Zigarettenfilters). Wenn man dann meint, man „brauche jetzt eine Zigarette“, z. B. damit die Kopfschmerzen oder die Nervosität weggehen, der „Lungenschmacht“ konzentrationsunfähig macht etc., so ist Stufe 3 erreicht. Bald wird sich dann das ganze Leben nur noch um die jeweils nächste Zigarette drehen (Stufe 4).

**Die medizinischen Folgen** der ständigen Inhalation von Tabakrauch sind weit reichend: Wer aus „Lungenschmacht“ täglich 20 Zigaretten raucht, und das 20 Jahre lang, nimmt mit seiner Lunge insgesamt 6 kg Rauchstaub auf (das sind zehn Briketts !) und **jährlich eine Tasse Teer** („Kondensat“). Das verkürzt die Lebensdauer - statistisch gesehen - um 6 Jahre (bei 10 Zigaretten täglich also um 3 Jahre, bei 2 Schachteln täglich um rund 8 Jahre). Das Nikotin verursacht Durchblutungsstörungen, das Kohlenmonoxid Sauerstoffmangel in allen Organen - und selbst Stoffe wie Blausäure, Benzol, Benzpyren sind im Zigarettenrauch nachweisbar (Übrigens: 300 Zigaretten sind ein gefällter Baum - schon mal alle Blätter eines ganzen Baumes geraucht?).

Schon wenige Sekunden nach der ersten Inhalation erreicht das Nikotin über die Lunge das Gehirn. Die Blutgefäße verengen sich, der Blutdruck steigt und der Sauerstoffgehalt des Blutes im gesamten Körper nimmt ab (Durchblutungsstörungen, Aufnahme von Kohlenmonoxid). Luftknappheit, Kopf- und Muskelschmerzen sowie Konzentrationsschwächen treten auf, ebenso Kältegefühl, sowie „**Raucherhusten**“ (chronische Bronchitis), Schlaflosigkeit (auf Grund von **Entzugserscheinungen** nach einigen Stunden Schlaf!) und schließlich Lungenemphyseme (s.u.), Gefäßverkalkung und -verschlüsse (Folge: Herzinfarkt, Schlaganfall und das **Absterben von „Raucherbeinen“** - je nach Ort des Gefäßverschlusses) sowie auf Dauer **Krebserkrankungen** an Zunge, Haut, Speise- und Luftröhre, in Mundhöhle, Bronchien und Lungen, Magen, an der Bauchspeicheldrüse, den Nieren oder der Blase. Keine Droge fordert daher so viele Todesopfer wie der Tabakrauch.

In Deutschland werden rund 12 % aller Todesfälle und 40 % aller Krebserkrankungen bzw. Spätfolgen auf das Rauchen zurückgeführt (1995). Somit sterben durch das Rauchen jährlich über 100.000 Deutsche, während z. B. durch Unfälle im Straßenverkehr „nur“ ca. 8000 Personen sterben. Lungenkrebs forderte 1990 33000 Todesopfer - 88% davon waren Aktivraucher.

Die Chance, Lungenkrebs nach dessen Erkennen zu überleben, liegt bei rund 10% - nur 10 von 100 Patienten überleben die nächsten 5 Jahre. Rauchen begünstigt auch das Entstehen der anderen, obengenannten Krebsarten und ist der „**Top-Risikofaktor**“ für **Herzinfarkte und Herzgefäßerkrankungen** (98 % aller Infarktpatienten unter 40 Jahren sind Raucher).

Plötzlich beim Aufstehen und Losgehen auftretende Schmerzen unterhalb der Kniekehle zeigen Erkrankungen der Beinarterien an, bei deren Verschluss (**Arteriosklerose**) Fußzehen, später Füße und Unterschenkel absterben können. Ein „**Lungenemphysem**“ (Lungenblähung) ermöglicht es dem Betroffenen nur mit Mühe auszuatmen, die Lungenbläschen entleeren die ausgeatmete Luft nur noch zum Teil, platzen schließlich und durch die Abnahme der Möglichkeit, Sauerstoff in das Blut aufzunehmen, ist es Patienten zum Schluss nur noch möglich, durch unnatürlich schnelleres Atmen bzw. mit Hilfe von Sauerstoff-Atemgeräten zu überleben.

Das **Passivrauchen** verursacht identische Symptome und Krankheiten. Besonders bei Kindern von Rauchern treten deutlich höhere Infektionsanfälligkeiten auf. Je früher das (Mit-)Rauchen beginnt, desto größer das Risiko eines früheren Todes - erst nach 15 Jahren Abstinenz vom Rauchen ist das Risiko eines Todes aufgrund von Herzgefäßerkrankungen wieder so gering wie bei Nichtrauchern. Insgesamt ist das Risiko einer Erkrankung bzw. eines Todesfalles infolge Rauchens abhängig von:

- der Zahl der täglich (mit)gerauchten Zigaretten
- der Dauer des regelmäßigen (Mit)Rauchens
- dem Einstiegsalter und:
- der Rauchttechnik (Aktiv/Passiv, Anzahl der Züge, Stummellänge, Inhalationstiefe und -dauer).

Statistisch gesehen verkürzt jede einzelne, gerauchte Zigarette das Leben nachweislich um ganze 15 Minuten. Obwohl Raucher öfter, länger und heftiger erkranken, kosten sie die Solidargemeinschaft der Krankenversicherungen jedoch wahrscheinlich nicht viel mehr als Nichtraucher, da sie **eine wesentlich kürzere Lebenserwartung** haben.

#### **Zwischenzusammenfassung / Begriffserklärungen:**

Sucht = zwanghafte Wiederholung stets gleichartiger Verhaltensweisen in der Hoffnung auf Befriedigung;

Beispiele: Putz- und Arbeitssucht, Streit- und Rachsucht, Drogen-, Nikotin-, Tabletten- und Trunksucht, Koffeinsucht, Macht-, Mager-, Fett- und Fresssucht, Essbrechsucht, Kauf- und Spielsucht, Trimm- und Sammelsucht („Sammelleidenschaft“), ja sogar Eifer- und Sehnsucht. Auch die Sucht nach rauschhaften Zuständen beim U-Bahn-Surfen, Bungee-Jumping u.ä. Abenteuern ist als Sucht anzusehen (Adipositas = Fettsucht, Fresssucht; Bulimie = Essbrechsucht; Anorexia nervosa = Magersucht; Alkoholismus = Trunksucht; Kleptomanie = suchthafte Stehlen; Nymphomanie = Sucht nach sexueller Befriedigung).

Lebenserwartung/Risiko: Pro Zigarette ca. 15 Minuten weniger, d.h. bei 20 Zigaretten täglich eine um 5 Jahre kürzere Lebenserwartung, bei 40 täglich etwa 8 Jahre weniger.

Zigarettenrauch enthält insgesamt **über 1000 verschiedene Stoffe**, die sich im Hinblick auf ihre physiologische Wirkung in **vier Schadstoffgruppen** a) - d) unterteilen lassen: reizende, blut- und narcotische sowie kanzerogene (krebserzeugende) Stoffe.

**a) reizende Substanzen (Gefahrstoffsymbol: Xi):**

Diese bewirken eine Verlangsamung des Selbstreinigungssystems der Bronchien, was im Endeffekt dazu führt, dass sich bei regelmäßiger Teer- und Kondensatzufuhr eine chronische Bronchitis („**Rauchhusten**“) entwickelt, der auch nach sofortigem, völligen Beenden des Rauchens (Absetzen, „cold turkey“) u.U. noch monate- bis jahrelang anhalten kann. Zu reizenden Substanzen gehören z.B. die sich bei der Tabakverbrennung aus stickstoffhaltigen Verbindungen in Spuren entwickelnden Gase Ammoniak (chemische Formel:  $\text{NH}_3$ ) und die Stickstoffoxide ( $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$  bzw.  $\text{N}_2\text{O}_4$ ). Die Stickoxid-Gase stehen zudem unter dem Verdacht, zusätzlich krebserzeugend zu sein.

**b) (blut-)toxische Substanzen (Blutgifte und Hämoglobinblocker, Gefahrstoffsymbol: T+):**

Hierzu zählt in erster Linie das **Kohlenstoffmonoxid** (Formel:  $\text{CO}$ ), ein farb- und geruchloses Giftgas, das eine ähnliche Giftigkeit (Toxizität) wie Blausäuregas (Zyanwasserstoff,  $\text{HCN}$ ) und Schwefelwasserstoffgas ( $\text{H}_2\text{S}$ ) entwickelt. Es entsteht bei der unvollständigen Verbrennung des Tabaks in Spuren und bindet sich beim Inhalieren chemisch irreversibel an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin - ebenso wie auch die Giftgase  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{HCN}$ ). Im Unterschied zu  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{HCN}$  ist das  $\text{CO}$  jedoch geruchlos - der Körper wird also bei der Inhalation größerer Mengen  $\text{CO}$  nicht vorgewarnt. Eine  $\text{CO}$ -Vergiftung durch bloßes Rauchen allein ist zwar nicht möglich, dennoch wird die Fähigkeit des Blutes, Luftsauerstoff aufzunehmen und im Körper weiterzutransportieren, beeinträchtigt. Folge: Dem Raucher geht eher „die Puste aus“, die „Luft bleibt ihm eher weg“ als einem Nichtraucher.

**c) narcotische Substanzen (Nervengifte, Gefahrstoffsymbol ebenfalls T+):**

**Nikotin** (auch Nicotin, chemisch:  $\alpha$ -Pyridyl- $\beta$ -N-Methyl-pyrrolidin,  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ ) ist eine ölige, farblose Flüssigkeit. Nicotin ist chemisch gesehen eine Stickstoffbase, ein Alkaloid - ebenso wie z. B. die (ebenfalls hochgiftigen) Stoffe Strychnin, Koffein, Kokain, Morphin (= Opium) und seine Abkömmlinge Kodein und Azetylmorphin (= Heroin) sowie die Indol-Alkaloide Psilocybin und Psilocin. Das Nikotin stellt - neben dem Nornikotin und Nikotianin - den eigentlich wirksamen, psychoaktiven Bestandteil der Droge Tabak dar. Es gehört zur Gruppe der narkotisch wirkenden Drogen. Die absolut **tödliche Menge** Nikotin beträgt **nur etwa 50 mg** - das ist tatsächlich etwa so viel Nikotin, wie ein Gewohnheitsraucher über den Tag verteilt zu sich nimmt. Gewohnheitsraucher überleben jedoch die Aufnahme tödlicher Nikotinmengen in ihre Lunge trotzdem. Denn wenn der Rauch von 12 Zigaretten z. B. 19 mg Nikotin enthält, so heißt das ja nicht, dass diese Gesamtmenge von der Lunge sofort ins Blut aufgenommen wird. Die Aufnahme des Nervengiftes in den Körper (**Intoxikation**) hängt von der **Methode** des Tabakgebrauches ab (Rauchen, Kauen, Schnupfen), der Inhalationstiefe und -dauer, der Stummellänge und vielen anderen Faktoren. Schon beim Verschwelen des Tabaks werden etwa  $\frac{2}{3}$  der Nikotinmenge im Tabak vernichtet - nur  $\frac{1}{3}$  geht in den Rauch über. Beim Aktiv- und Passivrauchen gelangt nur ein Bruchteil der mit dem Rauch eingeatmeten Nikotinmenge über Mundschleimhäute (5 %) und Lunge (die restlichen 95 %) in den Blutkreislauf, verlangsamt anfänglich den Puls und sorgt nach dem nun beginnenden Blutdruckabfall schließlich - je nach Art und Menge weiterer Nikotinzufuhr - für eine Erhöhung der Pulsfrequenz, eine Steigerung der Darmbewegungen, ein Versiegen der Drüsenabscheidungen im Körper und eine - schneller erkennbare - Pupillenverengung im Auge mit Akkomodationskrampf. Später tritt dann eine Pupillenerweiterung ein (durch Lähmung des Augenmuskels), bei höherer Dosierung schließlich eine tendenzielle, lokale und am Ende lebensbedrohliche **Lähmung** aller Muskeln inklusive des Herzens (tödlicher Kreislaufkollaps ab ca. 50 mg). Neben Nikotin, Nornikotin und dem aromatischen Wirkstoff Nikotianin ist auch eine „Nicotinsäure“ bekannt (Pyridin-3-carbonsäure). Diese ist jedoch ein Bestandteil des Vitamin-B<sub>2</sub>-Komplexes, wird als Medikament verwendet (ein wasserlösliches Pulver) und kommt als Nicotinsäureamid in Bierhefe vor.

**d) kanzerogene Substanzen (Krebserzeuger und -erreger):**

Tabakrauch enthält eine kaum überschaubare Fülle Krebs erzeugender Substanzen. Diese reicht von toxischen **Schwermetallen** (wie z.B. von Kadmium) über Blutgifte wie **Benzol** bis hin zu Teerpartikeln und dem hoch-kanzerogenen **3,4-Benzopyren**. Auch Spuren radioaktiver Schwermetalle (Polonium) sowie des Gases Radon kommen u.U. im Tabak vor (je nach Sorte).

(alle Angaben nach: *Römpp Chemie-Lexikon*, Hrsg. Prof. Dr. J. Falbe / Prof. Dr. Manfred Regitz, Stuttgart/New York, 9.Auflage, S. 4434-4438)

## 8.7 Werte und Normen der Arbeitswelt

### a) Aus einem Schuhmacherlehrbrief von 1804

1. *Du sollst dich vor allen Dingen der wahren Gottesfurcht befleißigen, morgens und abends fleißig bethen und die Sonn- und Feiertage in die frühe Predigt gehen und selbiger mit Andacht beiwohnen. Jedoch solches ohne Wissen und Willen deines Meisters nicht thun, indem derselbe dir es ohne höchste Not nicht verwehret...*
3. *Sollst du Wasser vor die Gesellen zum Waschen in die Werkstatt bringen, nachhero deines Meisters Schuhe putzen und solche morgens und abends an sein gewöhnlich Orte setzen.*
4. *Sollst du deinem Meister in allem treu und fleißig und verschwiegen seyn und dich nicht unterstehen, etwas zu unterschlagen oder zu veruntreuen.*
5. *Sollst du auf das Werkzeug wohl acht geben, wann dir etwas abgeht, solches dem Meister ansagen, und wann du siehst, daß die Gesellen, wie es oft geschieht, etwas verbrechen oder in Leder verschneyden, so sollst du es dem Meister insgeheim anzeigen und sonstens allen Schaden verhindern helffen...*
9. *Wenn ein Gesell in der Werkstatt sich ungebührlich auffähret, so sollst du es deinem Meister insgeheim anzeigen, sonstens aber vor allem Schwätzen zwischen Meister und Gesellen dich enthalten.*
10. *Wenn Feierabend ist, sollst du deine Werkstatt abkehren, das Werkzeug an seinen Ort stecken. Jedes und alles mit Bedacht tun. Das Stroh und die Haar fleißig aussuchen, daß kein Werkzeug darin liegen bleibt, sondern an sein gehörigen Ort gebracht wird.*
11. *Sollst du das Feuer und Licht insonderheit wohl in acht nehmen und das Feuerzeug mit gutem Zunder versehen und solchen an seinem Ort verwahren.*
12. *Wenn du etwa an einen Sonn- und Feiertag ausgehen willst, so sollst es ohne Wissen und Willen deines Meisters oder Meisterin nicht tun, sondern es zuvor ansagen, und wenn du ausgehst, sollst du mit keinem bösen Buben herum-schweyffen. Und in Summa in allen Stücken dich bescheiden aufführen und den lieben Gott jederzeit vor Augen und im Herzen haben, damit du in keine Sünde willigst und wider Gottes Gebot handelst.*

*Zum Beschluß, wenn du diesen Articeln in allem willst nachkommen, so gelobe solches mit Mund und Hand und gib einem jeden Meister die Hand. Hierauf, und wenn dieses geschehen, sollen die Meister dem Jungen Glück und Segen zu seinen Lehrjahren wünschen.*

aus: K. Scheffler, (Hrsg.): Lesebuch aus dem Handwerk,  
Berlin 1942 (gekürzt, Seite und Verlag unbekannt)

## **b) Kleiner Knigge für den Azubi eines Bankhauses (1979)**

(aus einem Faltblatt, Quelle unbekannt)

*Sie sollten sich darüber im Klaren sein, dass Sie die Leistungen der Bank an Kunden zu verkaufen haben. Der Verkaufserfolg hängt auch weitgehend davon ab, ob der Verkäufer Sympathie und Vertrauen ausstrahlt:*

**WIRKEN SIE SYMPATHISCH!**

*Erste Voraussetzung für die Ausstrahlung von Sympathie ist eine ausreichende Körperpflege. Sorgen Sie durch reichliche Verwendung von Seife und Wasser stets dafür, dass Sie sauber und frisch wirken. Sparen Sie auch nicht mit frischer Wäsche.*

*Achten Sie besonders auf die Körperteile, die Ihre Mitmenschen ohne weiteres sehen. Vor allem am Bankschalter sehen viele Kunden täglich Ihre Hände. Halten Sie diese und besonders Ihre Fingernägel sauber. Die Nägel sollen weder zu lang noch zu kurz sein. Dicke Ringe wirken bei einem jungen Mann unerträglich und sehen nach „Gernegroß“ aus.*

*Als junge Dame sollten Sie, wenn überhaupt, Nagellack mit unauffälligen Farben benutzen. Ihr Schmuck darf nicht aufdringlich sein. Gehen Sie auch sparsam mit Parfüm um. Seine Art verrät viel vom persönlichen Geschmack. Ihr Haar muss gepflegt wirken. Kontrollieren Sie gelegentlich, ob sich Schuppen auf Ihrer Kleidung befinden. Keinen guten Eindruck vermitteln Haare, die einem ständig ins Gesicht hängen. Die Herren rasieren sich selbstverständlich täglich. Leidet man unter ständigen Hautunreinheiten, so holt man den Rat eines Facharztes ein.*

*Die jungen Damen können es sich noch leisten, mit Schminke und Puder sparsam umzugehen. Denken Sie beim Schminken daran, dass Sie nicht auf einer Bühne stehen, wo der Beschauer weit entfernt ist, sondern dass Kunden wie Kollegen Sie von nächster Nähe betrachten. Ihre Jugendfrische wirkt da im allgemeinen mehr.*

*Achten Sie auch auf Ihre Körperhaltung. Keinesfalls lehnt man sich beim Gespräch mit Kunden irgendwo an oder lümmelt sich gar mit dem Oberkörper auf den Schaltertisch. Soweit Ihr Arbeitsplatz von Kunden eingesehen werden kann, verzichten Sie tunlichst auf eine allzu lässige Sitzhaltung.*

*Ein Bankkaufmann passt sich in seiner Kleidung an den Rahmen eines Bankhauses ein. Blue Jeans und bunte Pullover erscheinen nicht unbedingt passend. Verfallen Sie auch nicht in das Gegenteil und putzen sich heraus wie ein Pfau. Kleiden Sie sich unauffällig und geschmackvoll!*

Hans M. Enzensberger: Ins Lesebuch für die Oberstufe:

Lies keine Oden, mein Sohn, lies die Fahrpläne:  
sie sind genauer. Roll die Seekarten auf,  
eh es zu spät ist. Sei wachsam, sing nicht.  
Der Tag kommt, wo sie wieder Listen ans Tor  
schlagen und malen den Neinsagern auf die Brust Zinken.  
Lern unerkant gehen, lern mehr als ich:  
das Viertel wechseln, den Pass, das Gesicht.  
Versteh dich auf den kleinen Verrat,  
die tägliche schmutzige Rettung. Nützlich  
sind die Enzykliken zum Feueranzünden,  
die Manifeste: Butter einzuwickeln und Salz  
für die Wehrlosen. Wut und Geduld sind nötig,  
in die Lungen der Macht zu blasen  
den feinen tödlichen Staub, gemahlen  
von denen, die viel **gelernt** haben,  
die genau sind, von dir.

Quelle: FAZ, 6.11.1999, S. IV – in der Rezension von P. v. Matt zu: H. M. Enzensberger: Verteidigung der Wölfe, Frankfurt am Main 1957 (ein Buch von insg. 107 Seiten)



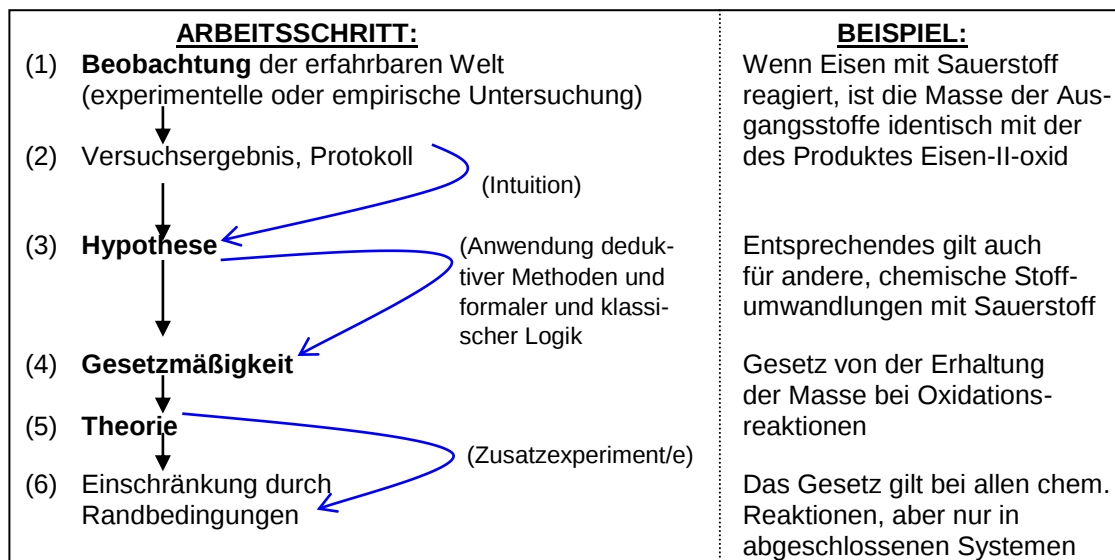
## 9 Zusammengefasst: Wissen und Lernvorgänge

1.) Der Erwerb menschlichen **Wissens** kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen:

a) Im **Alltag** werden praktische und soziale Erfahrungen gesammelt und verarbeitet. Das so erworbene Wissen bezeichnet man u. a. als **Erfahrung**, Kenntnis, Klugheit, Weisheit oder Intelligenz. Es besteht z. B. in praktischen Fertigkeiten, kognitiven Fähigkeiten, psychomotorischen Techniken und emotionalen Prägungen. Die Vorgänge beim Erwerb dieser Erfahrungen und Kenntnisse werden von Wissenschaftlern wie *Kohlberg*, *Piaget* u. a. untersucht und beschrieben - in Lerntheorien, Verhaltensforschung, Psychologie usw.

b) Die **philosophische Methode** des Wissenserwerbes geschieht über das Diskutieren, Werten und das logische Argumentieren (vgl. Methodenseite Nr. 4 am Ende von Kap.3). Das so erworbene Wissen kann argumentativ begründete **Meinungsäußerungen** in Form von Werturteilen und normativen Behauptungen machen.

c) Die (natur-) **wissenschaftliche Methode** des Wissenserwerbes geschieht durch das Überprüfen verifizierbarer **Hypothesen** in Form von **Experimenten**. Das so erworbene empirische Wissen ist „**positivistisch**“, es kann lediglich **Tatsachenaussagen** machen.



*Schaubild: Die (natur-)wissenschaftliche Methode des Wissenserwerbs*  
Vereinfacht gesagt, wird hier durch die Prüfung von Vermutungen (Hypothesen) lediglich Faktenwissen angehäuft (unter Ausklammerung jeglicher ethischer Werteproblematik). Die Beschränkung auf einen Konsens von Methoden und Sprachregelungen und Vereinfachungen der Fragestellung setzen dem wissenschaftlichen Vorgehen Grenzen - wertende und nichtstatistische Aussagen über die Zukunft oder vernetzte Systeme sowie - siehe Heisenberg - von absoluter Objektivität sind nicht möglich.

2.) Als **Intelligenz** bezeichnet man die geistigen Fähigkeiten, die auf Einsicht und Verstand („Intellekt“) beruhende Klugheit. Man unterscheidet bei der Intelligenz eine Höhendimension (abstrakt-logisches Denken), eine Tiefendimension (Erfassung des Wesentlichen) und eine Breitendimension (Mannigfaltigkeit zu berücksichtigender Begebenheiten). Der „**Intelligenzquotient**“ (IQ) soll die gemessene Intelligenz relativ zum durchschnittlichen Maß an Intelligenz (IQ=100 %) ausdrücken.

3.) Die **Weisheit** (lat.: *sapientia*, griech.: σοφία, „*sophia*“, vgl.: „Philosophie“) ist eine der so genannten Kardinaltugenden, besonders die der Philosophen. Sie ist eine **Lebenshaltung**, die Menschen und Dinge auf Grund von Lebenserfahrungen und Kenntnissen richtig einschätzt und relativiert, während „**Bildung**“ und „**Klugheit**“ mehr auf das praktische Leben hin ausgerichtet sind (Schulen können also Bildung vermitteln, aber keine Weisheit).

4.) **Vernunft** und **Verstand** sind die Fähigkeit, sinnliche oder gedankliche Inhalte in das Denken aufzunehmen, zu entwickeln oder zu beurteilen (Kant: das Vermögen zu urteilen), auch das Vermögen einer begrifflichen Erkenntnis (im Unterschied zur Anschauung). Der **Verstand** wird oft dem **Intellekt** gleichgesetzt, aber der Vernunft untergeordnet. Man unterscheidet den theoretischen Verstand (als Vermögen, aus eigenen Grundsätzen zu urteilen) vom praktischen Verstand (als dem Vermögen, aus eigenen Grundsätzen zu handeln).

5.) Mit dem Wort **Wissenschaft** bezeichnet man den geordneten, nachprüfbaren und widerspruchsfreien Bestand an Kenntnissen über einen jeweils bestimmten Bereich der Welt sowie ein von bestimmten, anerkannten Regeln und Methoden geleitetes Vorgehen, das dazu führen soll, neue Erkenntnisse zu erlangen (über Eigenschaften, Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten).

6.) Wissenschaft ist immer an einen kulturellen Rahmen gebunden (vgl. *Schrödinger*) und als eine „empirisch bestätigte Philosophie des Wahren in den Naturgesetzen“ beschreibbar (*Heisenberg*: Sie entspricht somit einer „**Ethik des Naturrechts**“).

Mögliche Folgen einer wissenschaftlichen Forschungs- und auch einer ggf. hieraus folgenden industriellen Produktionstätigkeit sind somit stets mitzubedenken (**Verantwortungs- und Wissenschaftsethik**; Teilgebiete auch: Bio-Ethik, Gen-Ethik, Ökologie, Tier-, Pflanze- und Umweltschutz – von den Kirchen z. T. auch „Bewegung zur Bewahrung der Schöpfung“ genannt - usw.). So kann z. B. aus dem Gas Ammoniak ein vor Hungertod bewahrendes Düngemittel produziert werden – oder auch ein todbringender Kampf- und Sprengstoff.

7.) Die **Ökologie** ist ein Beispiel für bedeutende Zusammenhänge wissenschaftlicher Forschungstätigkeit und ethischer Probleme, denn chemisch neu produzierte Stoffe mit zunächst unbekannter Wirkung dürfen z. B. ebenso wenig ungetestet in die Umwelt gelangen wie neuartige, gentechnisch veränderte Organismen oder klinisch nicht getestete Medikamente. Beispiele wie DDT, die FCKWs oder auch CO<sub>2</sub> zeigen, dass gutgläubig hergestellte und ohne anschließende ökologische Langzeitstudien großtechnisch eingesetzte Produkte Schäden bis hin zu globalen Ausmaßen verursachen können.

8.) Die **Medizin-Ethik** ist ein weiteres Beispiel für vielfältige Zusammenhänge zwischen Ethik und angewandter Wissenschaft. Als Beispiele seien hier Bereiche genannt wie das **Berufsethos** der Mediziner (als Maßstab zur Beurteilung ethischer Verantwortlichkeit), die **Menschenwürde** und das Recht auf Leben und Sterben (Organspende, Sterbehilfe, Reproduktionsmedizin, Schwangerschaftsunterbrechung) und Nützlichkeitsdenken und Wertkonflikte (Fürsorge- und Schweigepflicht, Vertrauenswürdigkeit, Selbstbestimmung, soziale Gerechtigkeit und Solidarität, Finanzfragen im Gesundheitswesen).

9.) Wissenschaftliche Forschungstätigkeit kann trotz der Forderung in Art. 5 GG - wenn sie nicht in bloßem **Theoretisieren** steckenbleiben will - **niemals losgelöst von sozialen, kulturellen und ethischen Bezügen** stattfinden (vgl. *Heisenberg*, *Schrödinger*). Wissenschaft findet ihre Grenze dort, wo die Würde und Rechte des Menschen angetastet werden (Art. 1 des GG).

## 10 Hinweis: das Lernkonzept aus „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“ von M. Wächter

Die Sammlung „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“, zu der dieses Arbeitsheft „Lernen lernen“ mit Arbeits- und Lernhilfen gehört enthält Übungs- und Prüfungsaufgaben mit Lösungshinweisen, Lösungen und Lernhilfen für alle Klassen und zu allen Themen im Chemieunterricht. Sie ist für Selbstlerner, Lehrende und Lernende geeignet (Alle Klassen/Jahrgänge von Sekundarstufe I ab etwa Kl. 9 über die Sekundarstufe II bis hin zum Grundstudium Chemie und der Berufsausbildung in chemisch-technischen Berufen) und in mehrere Bände (Arbeitshefte, Kapitel) aufgegliedert. Der vorliegende Band 1 umfasst Arbeitshefte 1 – 7, die Grundlagen und Grundbegriffe der Chemie.

### Heftreihe „Üb(erleg)ungsaufgaben zur Chemie“, Didaktisches Konzept und Inhalte

**Konzept:** Viele Lehrbücher bieten viele Lehrtexte, gelegentlich auch Übungsaufgaben. Selten werden diese im Buch erklärt, Lösungshinweise und Lösungen zur Selbstkontrolle finden die Lernenden ebenfalls so gut wie gar nicht. Gerade zum Selbstlernen jedoch wären diese hilfreich, ebenso zur Übung in Einzel- und Gruppenarbeit im Unterricht der Sekundarstufe (allgemein- und berufsbildend, in Vertiefungs- und Vertretungsstunden, bei Hausaufgaben usw.) oder auch im Grundstudium in Seminaren im ersten Chemiesemester an Fachhochschulen oder Universitäten. Die Reihe „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“ will diese Lücke schließen und bietet hierzu Arbeitshefte zu allen wichtigen Themenbereichen in der Chemie an – vom Anfangsunterricht über Organische und Physikalischer Chemie bis hin zu den Grundlagen der Analytik und Labortechnik in Forschung und Produktion.

**Umfang:** Eine Reihe von rund 20 Kapiteln (für den Chemieunterricht und zum Selbstlernen) im Format DIN-A-4 (auch als Kopiervorlage einsetzbar), als Printversion in schwarzweiß (preiswertes Schülerheft).

### Unterrichtseinheiten und Themen in den einzelnen Kapiteln (Arbeitsheften) der Reihe „Üb(erleg)ungsaufgaben Chemie“:

#### Themen / Inhalte zur Allgemeinen und Anorganischen Chemie (AAC)

- Heft 01 Einführung in Naturwissenschaftliche Methoden
- Heft 02 Stoffe und Teilchen
- Heft 03 Formeln und Stoffnamen
- Heft 04 Stoffumwandlungen und Reaktionsgleichungen
- Heft 05 Arten chemischer Reaktionen
- Heft 06 Chemisches Rechnen
- Heft 07 Grundbegriffe (Glossar der Fach- / Grundbegriffe)

#### Themen / Inhalte zur Physikalischen und Analytischen Chemie

- Heft 08 Einführung in Physikalische Chemie
- Heft 09 Kinetik
- Heft 10 Thermodynamik
- Heft 11 Elektrochemie
- Heft 12 Analytik qualitativ-anorganisch
- Heft 13 Analytik quantitativ
- Heft 14 Analytik instrumentell
- Heft 15 Messgenauigkeit und Validierung

#### Themen / Inhalte zur Organischen Chemie und Technologie

- Heft 16 Einführung in Organische Chemie
- Heft 17 Gruppen organischer Verbindungen
- Heft 18 Reaktionen organischer Verbindungen
- Heft 19 Naturstoffe, Biomoleküle und Strukturanalyse
- Heft 20 Chemische Technologie

# 11 Stichwortverzeichnis (Sachregister, Sachwörter)

| <i>Stichwort, Thema</i>                        | <i>Seite(n)</i>                           | <i>Stichwort, Thema</i>                     | <i>Seite(n)</i>         |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| <b>A</b> ha-Erlebnis                           | 31                                        | <b>M</b> agie                               | 76                      |
| Analytisches Denken,<br>problemlösendes D.     | 12f, 32, 65                               | Memoriertechniken                           | 20, 37                  |
| Angst                                          | 13,37                                     | mind map                                    | 36                      |
| Anpassung                                      | 14                                        | Mitschrift                                  | 2, 36                   |
| Anwenden                                       | 21                                        | Modelle                                     | 75                      |
| Arbeiten                                       | 23                                        | Moleküle                                    | 71                      |
| Argumente                                      | 78                                        | Motivation                                  | 17f, 31                 |
| Aufgabe(n)                                     | 24, 28                                    | <b>N</b> achdenken                          | 11, 13                  |
| Ausprobieren,<br>(try and error)               | 13, 28, 50, 67                            | Naturwissenschaften                         | 67ff                    |
| Auswendig lernen,<br>(Memorieren)              | 20, 28, 36f                               | <b>Ö</b> kologie                            | 86ff                    |
| <b>B</b> eweis                                 | 68                                        | <b>P</b> auken                              | 30, 37                  |
| Bewusstsein                                    | 14                                        | Probleme lösen, problem-<br>lösendes Denken | 9, 12f, 20, 32          |
| Bilder                                         | 20                                        | Protokollieren                              | 22, 36                  |
| <b>C</b> omputer                               | 11                                        | Prüfung(e)n                                 | 23ff                    |
| <b>D</b> enken                                 | 11f                                       | Prüfungsangst                               | 37                      |
| <b>E</b> infühlungsvermögen                    | 12                                        | Prüfungsvorbereitung                        | 23                      |
| Einprägen                                      | 20, 30                                    | <b>Q</b> uiz, Quizfrage                     | 38                      |
| Entdecken, -ung                                | 73                                        | <b>R</b> aten, Rätsel                       | 41                      |
| Erfolg                                         | 17ff, 28ff                                | Reaktion(en)                                | 14                      |
| Ergebnis (-protokoll)                          | 22                                        | Rechnen                                     | 27f                     |
| Erinnern                                       | 11                                        | Referat                                     | 37, 63                  |
| Eselsbrücke                                    | 73                                        | <b>S</b> chach                              | 13                      |
| <b>G</b> auss                                  | 47f                                       | Schätzen                                    | 47                      |
| Gedächtnis                                     | 11, 20,<br>32                             | Schule                                      | 17                      |
| Gehirn                                         | 11, 14,<br>19, 31f                        | schulisches Lernen                          | 17                      |
| Genauigkeit                                    | 48                                        | Selbstbewusstsein                           | 30                      |
| <b>H</b> ausaufgaben                           | 20f                                       | Sinne, Sinnesorgane                         | 32                      |
| <b>I</b> nformation                            | 32                                        | soziale Intelligenz                         | 12                      |
| Intelligenz                                    | 12ff, 91                                  | Soziales Lernen                             | 14                      |
| <b>K</b> lassenarbeit/Klausur                  | 23ff                                      | Spaß                                        | 17                      |
| Kognitives Lernen                              | 14                                        | Sprache, Sprechen                           | 12                      |
| Körper                                         | 10, 12                                    | SQ3-Methode                                 | 20                      |
| Künstliche Intelligenz                         | 14                                        | Statistik                                   | 47                      |
| <b>L</b> autsprache                            | 12                                        | <b>T</b> exte analysieren                   | 28, 37, 65              |
| Lernbedürfnisse                                | 31                                        | Tipps, Lerntipps                            | 30                      |
| Lernen                                         | 9ff, 14f, 18ff, 27f,<br>30ff, 53, 95 u.a. | TQ3L-Verfahren                              | 36                      |
| Lernerfolg                                     | 17ff, 28f, 30ff, 41                       | <b>Ü</b> ben, Übung                         | 23, 27                  |
| Lernhilfen                                     | 30, 55                                    | Übertragung                                 | 32                      |
| Lernmethode(n)                                 | 28ff                                      | Übungsaufgabe                               | 21                      |
| Lernplan                                       | 17                                        | Unterscheiden, Ein-<br>-ordnen              | 36                      |
| Lernstoff                                      | 18, 32                                    | Unterrichtsmitschrift                       | 22                      |
| Lerntechniken                                  | 18f, 30, 36f                              | <b>V</b> erhalten                           | 14                      |
| Lerntyp                                        | 17, 31ff                                  | Verantwortung                               | 74ff, 92                |
| Lerntyp-Test                                   | 34                                        | Vermutung (Hypo-<br>-these)                 | 50, 67                  |
| Lernziel                                       | 31                                        | Vorbereitung                                | 21, 23                  |
| Lernvoraussetzung                              | 27, 34                                    | <b>W</b> ahrnehmung                         | 11, 31                  |
| Lernzusammenfassung<br>von Liebig              | 53f, 91<br>30                             | Wahrscheinlichkeit                          | 47                      |
| Logik                                          | 78                                        | Wiederholen                                 | 32, 37                  |
| Lösen, Lösung(en),<br>Lösungen von<br>Aufgaben | 28, 55<br>55 u.a.                         | Wissen aneignen, an-<br>wenden, ordnen      | 29, 33f,<br>67, 73, 91f |
|                                                |                                           | Wissenschaft                                | 67ff, 76ff              |
|                                                |                                           | <b>Z</b> eichensprache                      | 12                      |
|                                                |                                           | Zufall                                      | 47                      |
|                                                |                                           | Zusammenfassen                              | 28                      |

## 12 Nachwort: Lernen – ein Textauszug zum Nachdenken

### Lern- und Erkenntnistheoretische Ansätze - wie erlangen wir „Wissen“?

**Lernen** ist - Sie kennen es aus der Schule - der Vorgang, der Wissen und Erkenntnis vermehrt. Forschend-entdeckendes Lernen, Auswendiglernen, Lernen durch „try and error“ (Versuch und Irrtum), kognitives, psychomotorisches und soziales Lernen sind nur einige Arten der Aneignung von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissen. Lerntheoretiker und Pädagogen untersuchen die **Lernbiologie**, testen und entwickeln **Lerntheorien**, -strategien und -methoden, und sie stellen dabei Erstaunliches fest. 100-200 Milliarden Gehirnzellen existieren in jedem Gehirn - mehr als Computer im Internet von 1999 - und 100.000 bis 500.000 Milliarden Schaltstellen (Synapsen) beteiligen sich an der Denkarbeit gesunder Gehirne. Jeder Regenwurm ist „intelligenter“ als ein Hochleistungs-PC, und Intelligenz ist „tatsächlich in gewissem Umfang erlernbar“ (J. Hüboldt, in: Wunderland des Lernens, Bochum 1984, S.3).

Menschliche Neugier, das Bedürfnis danach, durch Lernen Wissen zu erweitern, ist uns von der Evolution her einprogrammiert. Die ethisch-philosophische Sinnfrage „Welchen **Wert** hat es für mich, etwas zu **lernen**?“ wie die Entstehung oder Schaffung einer **Lernmotivation** müssen an der menschlichen „Bedürfnispyramide“ ansetzen (im Folgenden abgebildet nach J. Hüboldt, a.a.O., S.245):



*Die menschliche Bedürfnispyramide - alltäglicher Gegenstand menschlichen, zweckorientierten Lernens und Handelns.*

Jean Piaget (1896-1980) untersuchte in seiner Erkenntnistheorie Denkprozesse von Kindern, die aus deren Antworten auf Testfragen ersichtlich werden sollten. Er verglich sie mit der Entwicklung der Ideen in der Geschichte der Kinderpsychologie und der Naturwissenschaften. Es ist interessant, in seiner Biografie zu verfolgen, wie und zu welchen Erkenntnissen er kam - über das Problem, wie der Mensch Erkenntnisse erlangt. In seiner Biografie heißt es:

*Im ... „System des Lebendigen“ ..., wie Piaget es genannt hat, sind bereits zentrale Begriffe seiner späteren Theorie verankert; für das Wichtigste hält er die darin gelungene enge Verbindung zwischen Philosophie und Biologie.*

*Aber ein entscheidendes Glied fehlt noch. Die Lösung des Erkenntnisproblems kann für Piaget nicht mit den philosophischen Mitteln der „Reflexion“ und „Spekulation“ gelingen, sondern nur durch eine detaillierte, methodisch genaue und zuverlässige „wissenschaftliche“ Untersuchung und experimentelle Kontrolle der Entstehung und Entwicklung der Erkenntnis. Diese Verlagerung auf den Entwicklungsaspekt führt ihn folgerichtig zur Psychologie.*

*Gleichsam nebenbei schließt er noch seine naturwissenschaftlichen Forschungsarbeiten ab und promoviert 1918 mit einer Dissertation über die Mollusken des Wallis. Danach reist er nach Zürich, arbeitet in den psychologischen Laboratorien von Gottlob Friedrich Lipps und Arthur Wrechner sowie in Eugen Bleulers Psychiatrischer Klinik.*

Außer dass er die Psychoanalyse für sich entdeckt, mit der er aber nicht sonderlich viel anfangen kann, bleibt diese Zeit für ihn wenig ergiebig. Erst als er 1919 für zwei Jahre nach Paris an die Sorbonne geht, beginnt ein neuer Abschnitt in seinem Leben und Denken.

Er beschäftigt sich zunächst mit der Psychopathologie, mit Logik und der Theorie der Naturwissenschaften und erhält dann die „außergewöhnliche Chance“, bei Théodore Simon in dem von Alfred Binet gegründeten psychologischen Laboratorium zu arbeiten, um die Intelligenztests des Engländers Cyril Burt für Pariser Kinder zu standardisieren. Er begnügt sich jedoch nicht mit der statistischen Dimension dieser Arbeit, sondern widmet sich mit großer Aufmerksamkeit den Denkprozessen, die sich hinter den Antworten der Kinder auf die Testfragen verbergen, den richtigen, besonders aber den „falschen“ Antworten. Drei bedeutende Erkenntnisse schälen sich aus dieser zwei Jahre währenden Arbeit heraus:

- (1) Zwischen dem Denken des Kindes (bis zu elf /zwölf Jahren) und dem des Erwachsenen besteht ein qualitativer Unterschied.
- (2) Das Wesen der kindlichen Denkprozesse lässt sich nicht mit herkömmlichen Tests ergründen, sondern nur durch eine freie Unterhaltung mit Kindern; Piaget nennt dieses Vorgehen - in Anlehnung an die in der Psychoanalyse und der Psychiatrie angewandten Verfahren - die „klinische Methode“.
- (3) Das Problem der Erkenntnis lässt sich als das Problem der Beziehungen zwischen dem handelnden und denkenden Subjekt auf der einen Seite und den Objekten seiner Erfahrung auf der anderen Seite formulieren und „in Begriffen der Psychogenese“ untersuchen. „Endlich hatte ich mein Untersuchungsfeld entdeckt“, eine Fragestellung, in der seine philosophischen Interessen, seine biologische Orientierung und seine Wendung zur Psychologie miteinander integriert sind.

Im Einzelnen untersucht Piaget unter anderem die Entwicklung des Begriffs vom Teil, die Anfänge des formalen Denkens, das symbolische Denken, und er veröffentlicht die ersten Aufsätze hierüber.“

R. Fatke: Jean Piaget, in: H.Scheuerl (Hrsg.): Klassiker der Pädagogik, München 1979, Band II, S. 293.

Piaget suchte nicht nur den Kontakt zu Wissenschaftlern anderer Fachrichtungen und Anknüpfungspunkte zu deren Theorien und Arbeiten. Er betrieb eigene Forschung, heiratete später eine seiner Studentinnen (C. Chatenay) und studierte an seinen eigenen Kindern in teilnehmender Beobachtung und spielerischen Versuchen, wie diese die frühen Phasen ihres Erkenntnisverhaltens, symbolischer Verhaltensweisen (Nachahmung, Spiel) und der Begriffsentwicklung durchliefen. Er erkannte, dass die **Anfänge menschlicher Erkenntnisstrukturen** im handelnden Umgang mit Objekten, im Manipulieren und Experimentieren liegen und teilte die Entwicklung in Phasen ein:

- Das Kind entwickelt eine rein sensomotorische Intelligenz (ca. 0-2 Jahre).
- Das Kind kann noch keine logischen Operationen vollziehen (Alter: 2-7 Jahre).
- Es vermag, konkrete Operationen auszuführen, ohne sie sprachlich darstellen zu können (ca.7-11 Jahre).
- Es erreicht die Stufe der formalen Operationen (formale Logik, ab ca. 11-12 Jahren).

(aus: M. Wächter, Von Sitten, Sünden und Sinnfragen, Neuaufgabe Münster 2019, Seite 120f)

#### Der Autor:

Michael Wächter bildet als Lehrer u. a. chemisch-technische Assistenten, Chemielaboranten, Lacklaboranten, Chemikanten und Produktionsfachkräfte Chemie am Hans-Böckler-Berufskolleg in Münster aus. Nach seinem Lehramtsstudium in Chemie, Pädagogik und Theologie war er zunächst als Lacklaborant in Münster-Hiltrup und als Chemielehrer an Gymnasien in Rheda-Wiedenbrück und Datteln tätig. Durch langjährige Lehrtätigkeit in Chemie u.a. ist er mit den unterschiedlichen Frage- und Problemstellungen von Schülerinnen und Schülern sowie von Lernenden in den Laborberufen bestens vertraut.

**Autorenhomepage:** <https://michael-waechter.jimdosite.com/>

#### Sachbücher, Lehrbücher und weitere Ausgaben des Autors:

- M. Wächter: **Üb(er)legungsaufgaben Chemie** – Ein Arbeitsbuch für Schule und Studium (epubli 2019), Reihe in 5 Einzelbänden:  
**Bd.1:** Grundlagen der Chemie (ISBN 978-3-748539-42-1),  
**Bd.2:** Allgemeine und Anorganische Chemie, Stöchiometrie (ISBN: 978-3-748539-46-9),  
**Bd.3:** Physikalische Chemie (978-3-748539-47-6), **Bd.4:** Analytische Chemie (978-3-748539-48-3),  
**Bd.5:** Grundlagen der Organischen Chemie (978-3-748539-52-0)
- M. Wächter: **Merksätze und Formeln Chemie** – Kleines Lern- und Nachschlagebuch zum Lernen für die Schule (epubli), ISBN: 978-3-748550-12-9, 148 Seiten; für **nur 7,99€!**
- M. Wächter: **Analytik - die Geschichte** (Sach- und Lesebuch zur Analytik und Forensik, ihren Methoden, Erfindungen und Entdeckungen, epubli 2019), ISBN: 978-3-748540-88-5 (136 Seiten, 16,99€)
- M. Wächter: **Entdeckungsgeschichte(n) aus den BIOwissenschaften und der Medizin**, epubli 2019, ISBN: 978-3-748541-56-1 (184 Seiten, 19,99€)
- M. Wächter: Kleine **Entdeckungsgeschichte(n) der Chemie** im Kontext von Zeitgeschichte und Naturwissenschaften, Verlag Königshausen und Neumann, Herbst 2018, ISBN: 978-3-8260-6510-1
- M. Wächter: Kleine **Entdeckungsgeschichte(n) der Astronomie** im Kontext von Zeitgeschichte und Physik, Verlag Königshausen und Neumann, 2018, ISBN: 978-3-8260-6511-8
- M. Wächter: **Tabellenbuch der Chemie**, Daten zur Analytik, Laborpraxis und Theorie, wiley-VCH Verlag Weinheim, 2012, ISBN-13: 978-3-527-32960-1
- M. Wächter: **Chemielabor**, Einführung in die Laborpraxis, wiley-VCH Verlag Weinheim (September 2011), ISBN-13: 978-3-527-32996-0
- M. Wächter: Von Sitten, Sünden und Sinnfragen. Ein **Arbeitsbuch Ethik** für Schule und Studium (epubli 2019), ISBN: 978-3-748538-11-0
- M. Wächter: **Der Aufbruch**. Agent Jenis rettet die Sariah-Mission, ein SF-Roman, als Printausgabe/Taschenbuch (BoD): epubli, 2018, ISBN: 978-3-746787954 (10,99€) auch als ebook, z.B. bei Kindle (2,99 €)
- M. Wächter: **Die Ankunft**. Die Sariah-Mission zum Blauen Planeten, als Printausgabe/Taschenbuch (BoD): epubli, 2018, ISBN: 978-3-746787930 (10,99€), auch als ebook, z.B. bei Kindle (2,99 €)

## 13 Eigene Notizen

Meine Zusammenfassungen, Anmerkungen, Ideen und Fragen: