



MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Die Bedeutung der Repräsentationsformen bei Modelldarstellungen

verfasst von | submitted by

Rabia Oktar BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt |
Degree programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 504 523 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Chemie Unterrichtsfach Physik

Betreut von | Supervisor:

Hon.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton

Abstract

Repräsentationsformen spielen eine zentrale Rolle im Chemieunterricht und werden eingesetzt, um Schüler*innen zu helfen, komplexe und abstrakte Inhalte zugänglich zu machen. Die vorliegende Masterarbeit erforscht die Bedeutung verschiedener Repräsentationsformen bei Modelldarstellungen im Chemieunterricht und deren Einfluss auf die Erkenntnis von Lernenden. Im Theorieteil werden die Arten externer Darstellungen erläutert, wie Textdarstellungen, bildliche Darstellungen und multiple externe Repräsentationsformen, die man auch als MER bezeichnet.

Im Zentrum steht die Frage, welche Darstellungsformen von Schüler*innen als besonders hilfreich und verständlich empfunden werden und wie sie das Modellverständnis unterstützen oder erschweren. Um dies herauszufinden, wurde eine Befragung mit Lernenden durchgeführt, womit ihre Erfahrungen, Präferenzen und Herausforderungen während des Arbeitens mit Modellen ermittelt wurden. Außerdem wurde der Einsatz von Darstellungsformen in fünf Schulbüchern analysiert, um herauszufinden, welche im Unterricht gängig eingesetzt werden. Die Ergebnisse zeigen, welche Repräsentationsformen bei den Lernenden besonders gut ankommen und wo Abweichungen zur Literatur sichtbar sind. Damit leistet die Masterarbeit einen Beitrag zur Einordnung der Wirksamkeit und Wahrnehmung chemischer Modellrepräsentationen.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG.....	4
2 THEORETISCHER TEIL	6
2.1 BEGRIFFSDEFINITIONEN UND THEORETISCHE GRUNDLAGEN.....	6
2.2 FORSCHUNGS-LAGE ZUR WIRKSAMKEIT VON REPRÄSENTATIONSFORMEN.....	13
2.3 ARTEN VON REPRÄSENTATIONSFORMEN	18
2.4 ANALYSE SCHULISCHER UNTERRICHTSMATERIALIEN	23
2.4.1 AUSWAHL DER SCHULBÜCHER	23
2.4.1.1 Schulbuch 1: Reaktionen. Chemie für die 7. Klasse von Kern et al.	23
2.4.1.2 Schulbuch 2: Chemie. Allgemeine Chemie. Organische Chemie von Barthel et al.	27
2.4.1.3 Schulbuch 3: Chemie 1. Allgemeine und anorganische Chemie von Neufingerl	30
2.4.1.4 Schulbuch 4: ELMO 1. Elemente von Magyar et al.	33
2.4.1.5 Schulbuch 5: Von der Chemie von Schmut	35
2.4.2 METHODISCHES VORGEHEN DER ANALYSE.....	40
2.4.3 ARTEN VON REPRÄSENTATIONSFORMEN IN DEN SCHULBÜCHERN	41
3 EMPIRISCHER TEIL	44
3.1 METHODE UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG.....	44
3.2 ORGANISATORISCHER RAHMEN DER UNTERSUCHUNG	45
3.3 ERHEBUNGSINSTRUMENTE – BEFRAGUNG	46
3.4 ERGEBNISSE	48
4 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	67
5 SCHLUSS UND AUSBLICK	78
6 LITERATURVERZEICHNIS.....	80
7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	82
7.1 ABBILDUNGEN IM TEXT.....	82
7.2 ABBILDUNGEN AUF DEM BEFRAGUNGSBOGEN	86
8 ANHANG	88

1 Einleitung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht spielt das Arbeiten mit Modellen und ihren Repräsentationsformen eine wichtige Rolle, und somit auch im Chemieunterricht. Viele chemische Vorgänge und Strukturen können nicht direkt beobachtet werden, daher sind passende Vorstellungen notwendig, um Schüler*innen die entsprechenden chemischen Inhalte näherzubringen. Repräsentationsformen und Modelle können hier als unverzichtbare Hilfestellungen verstanden werden, um Prozesse im Mikrokosmos zu verstehen, vorzustellen und zu kommunizieren. Es ist ein wichtiger Bestandteil der chemischen Bildung, die Fähigkeit zu besitzen, zwischen makroskopischen, mikroskopischen, visuellen und symbolischen Repräsentationen zu wechseln. Diese Kompetenz kann als eine Voraussetzung für ein effektives tiefes Verständnis chemischer Sachverhalte verstanden werden.

Forschungen zeigen einerseits, dass Schüler*innen beim Arbeiten mit verschiedenen Darstellungsformen chemische Inhalte besser nachvollziehen können, andererseits auch Missverständnisse und Schwierigkeiten entstehen können. Diese tauchen dann auf, wenn sie bei der Wahl der Repräsentationsform nicht klar ausgesucht oder ausreichend erklärt wurden. So stellt sich die Frage, welche Darstellungsformen im Chemieunterricht wirklich verwendet werden und welche von ihnen Lernende als besonders hilfreich für das Verständnis einstufen. Vor allem Schulbücher sind in diesem Kontext wichtig zum Untersuchen, da sie die didaktische Auswahl an Repräsentationsformen und Modellen beinhalten, die im Unterricht eingesetzt werden.

Die Themenwahl der Arbeit ist durch eigene Unterrichtserfahrungen motiviert. Im dritten Jahr meiner Lehrerinnentätigkeit in den Fächern Chemie und Physik unterrichtete ich sowohl in der Unterstufe als auch in der Oberstufe der AHS. Modelle und unterschiedliche Repräsentationsformen spielen eine zentrale Rolle im Unterricht. Ich mache somit oft die Beobachtung, wie diese unter Schüler*innen ankommen und welche Vorteile bzw. Schwierigkeiten im Verständnis auftreten können. Diese Erfahrungen haben mein Interesse daran geweckt, zu untersuchen, welche Repräsentationsformen Lernende als hilfreich einstufen und inwiefern bestimmte Darstellungen das Verständnis chemischer Zusammenhänge fördern bzw. erschweren. Die Masterarbeit hat somit nicht nur das Ziel,

theoretische Erkenntnisse zu vertiefen, sie soll auch zur Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts und des Chemieunterricht allgemein beitragen.

Diese Masterarbeit handelt somit von der Bedeutung und Wahrnehmung verschiedener Repräsentationsformen bei Modelldarstellungen im Chemieunterricht. Das Ziel ist die Identifikation von oft eingesetzten Darstellungsformen und das Herausfinden der Relevanz dieser Formen. Außerdem wird untersucht, wie Schüler*innen mit diesen umgehen und welche sie für die Erklärung von bestimmten chemischen Inhalten bevorzugen. Die Analyse von fünf ausgesuchten Schulbüchern im Fach Chemie dient ergänzend dazu, herauszufinden, welche Modelle und ihre Repräsentationen im Unterricht eingesetzt werden.

2 Theoretischer Teil

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der Masterarbeit geschildert, die für das Verständnis essenziell sind, um die Bedeutung von Repräsentationsformen bzw. Darstellungsformen im Chemieunterricht nachvollziehen zu können. Im ersten Unterkapitel werden wichtige Begriffe erläutert und theoretische Konzepte erklärt, die die Basis der in der Arbeit präsentierten Untersuchung bilden. Im zweiten Unterkapitel wird die derzeitige Forschungslage zur Wirksamkeit und Effizienz unterschiedlicher Repräsentationsformen im Chemieunterricht nähergebracht. Darauf aufbauend werden im dritten Unterkapitel die verschiedenen Arten von Repräsentationsformen und deren Funktion während des Lernens genannt. Am Ende des Kapitels werden fünf ausgewählte Schulbücher analysiert, um den wirklichen Einsatz und Vielfalt von Darstellungsformen in aktuellen Schulbüchern zu untersuchen.

2.1 Begriffsdefinitionen und theoretische Grundlagen

In diesem Unterkapitel werden wichtige Begriffe, die essenziell für die vorliegende Arbeit sind, definiert und erläutert. Zuerst wird das Wort „Repräsentation“ und der Text-Bild-Zusammenhang erklärt. Dann werden die Begriffe „Modelle“, „Modelldarstellungen“ und ihre Bedeutung im schulischen Kontext mit dem Fokus auf den naturwissenschaftlichen Unterricht nähergebracht und einige Beispiele genannt. Im Anschluss werden die Repräsentationsebenen von Johnstone im Chemieunterricht erläutert. Zum Schluss wird die Repräsentationskompetenz als Bestandteil der Scientific Literacy behandelt.

Repräsentation ist die Darstellung von Wissen, Objekten oder Prozessen. Man kann sie in eine interne und externe Kategorie einteilen. Die interne Kategorie bezieht sich auf mentale Repräsentationen, während die externe Kategorie Darstellungen wie Texte, Bilder oder Formeln umfasst. Die letztere dient als Hilfestellung oder Werkzeug, um innere mentale Strukturen zu konstruieren (Vgl. Schnotz et al. 2018, S. 2f).

Wenn es im schulischen Kontext betrachtet wird, unterscheidet man zwischen deskriptiven bzw. symbolischen und depiktiven Repräsentationen. Bei der deskriptiven Repräsentation kommen symbolische, textliche oder sprachliche Darstellungen vor, und bei der depiktiven

geht es um bildliche bzw. graphische Darstellungen. Texte stellen Inhalte mit sprachlichen Zeichen dar und besitzen eine lineare Struktur, die ein genaues Arbeiten mit Inhalten fördert. Bilder und allgemein graphische Darstellungen stellen Inhalte mit strukturellen Ähnlichkeiten zu den abgebildeten Objekten dar. Man kann sagen, dass sie räumliche und visuelle Aspekte eines Inhalts zugänglich machen (Vgl. Schnotz et al. 2018, S. 3f).

Wenn ein Text gelesen wird, entsteht zuerst eine sprachlich sinnvolle und mentale Repräsentation des Sachverhalts. Durch weitere Auseinandersetzung damit entsteht darauf ein mentales Modell, das den Zusammenhang des betroffenen Inhalts veranschaulicht. Neben dem Text kann die Auseinandersetzung von graphischen Darstellungen zu einem mentalen Modell führen. Dabei kommt es zum sogenannten Mapping, das die Entstehung des Zusammenhangs zwischen externen Darstellungen und den inneren Vorstellungen darstellt (Vgl. Schnotz et al., 2018, S. 4).

Es wird außerdem von Text-Bild-Integration gesprochen, die als die gleichzeitige Verarbeitung von sprachlichen und visuellen Informationen verstanden werden kann. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn der Text oder die graphische Darstellung allein nicht ausreichend für das Verständnis eines Inhalts ist. Die Integration kann auf der Oberflächenebene stattfinden. Sie beschreibt die direkt erkennbare Verbindung zwischen Text und Bild. Die Integration erfolgt dann, wenn gleiche Symbole, Farben oder Beschriftungen miteinander zum Bezug gebracht werden. Wenn man sich die tiefere Ebene anschaut – die sogenannte semantische Integration – werden inhaltliche Aspekte, die im Text vorkommen, mit den abgebildeten Strukturen im Bild verknüpft. Erst dann erfolgt ein nachvollziehbares mentales Modell, das beide Repräsentationsformen gerecht zusammenführt (Vgl. Schnotz et al. 2018, S. 5ff).

Das sogenannte ITPC-Modell (Integrated Model of Text and Picture Comprehension) beschreibt die Verarbeitung von Text und Bild als stark miteinander verbundene, jedoch unterschiedliche Prozesse. So gibt es zwei kognitive Verarbeitungssysteme, die von Schnotz und Wagner (2018) als „Kanäle“ bezeichnet werden. Sie unterscheiden zwischen sprachlichem und visuellem Kanal. Der sprachliche Kanal bezieht sich auf sprachliche Aspekte, die im Arbeitsgedächtnis in sinnvoll strukturierte Repräsentationen umgewandelt und dann zu einem logischen Verständnis zusammengeführt werden. Der visuelle Kanal hingegen bezieht

sich auf graphische Darstellungen. Aus ihnen entsteht zuerst eine visuelle Vorstellung. Sie wird dann durch das oben beschriebene Mapping-Verfahren zu einem mentalen Modell entwickelt. Zwischen dem sprachlichen und visuellen Kanal wirken Konvertprozesse, die den Austausch zwischen den beiden ermöglichen. So kann daraus abgeleitet werden, dass das ITPC-Modell davon ausgeht, dass beide Kanäle verschiedene, jedoch sich ergänzende Funktionen erfüllen. Texte ordnen und strukturieren das Verständnis, graphische Darstellungen ermöglichen einen übersichtlichen und schnellen Zugang zu räumlichen Zusammenhängen. Erst wenn beide kombiniert werden, wird ein erfolgreiches Verständnis des Sachverhalts erreicht (Vgl. Schnotz et al. 2018, S. 8f).

Im Bezug zum schulischen Kontext kann gesagt werden, dass die Repräsentationskompetenz nicht nur das Erkennen von unterschiedlichen Repräsentationsformen ist, sondern dass man in der Lage ist, zwischen den Darstellungsformen zu wechseln. Diese Fähigkeit ist zentral für das fachliche Verständnis. Im Fach Chemie wäre dies der Wechsel zwischen makroskopischen Beobachtungen, submikroskopischen Modellen und symbolischen Formeln (Vgl. Schnotz et al. 2018, S. 13f). Dies wird im Laufe des Kapitels mit dem Dreiebenenmodell von Johnstone genauer erläutert.

In den nächsten Absätzen wird der Modellbegriff erläutert. Stachowiak unterscheidet hier drei Merkmale: Abbildungsmerkmal, Verkürzungsmerkmal und Subjektivierungsmerkmal. Im ersteren werden Modelle als „Modelle von etwas, nämlich Abbildungen und damit Repräsentationen gewisser natürlicher oder künstlicher Originale“ definiert (Stachowiak 1965). Beim zweiten erfassen Modelle „nicht alle Eigenschaften des durch sie repräsentierten Originalsystems, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und -benutzern relevant scheinen“ (Stachowiak 1965). Beim letzteren erfüllen Modelle „ihre Repräsentations- und Ersetzungsfunktion immer nur für bestimmte Subjekte unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen und innerhalb bestimmter Zeitspannen“ (Stachowiak 1965) (Vgl. Barke et al. 2018, S. 240).

Man kann sagen, dass ein komplizierter Sachverhalt aus der Realität durch unsere Wahrnehmung und mentale Verarbeitung zu einem sogenannten Denkmodell reduziert wird. Dabei werden nur die Aspekte der Realität berücksichtigt, die für die jeweilige Thematik

wesentlich sind. Dieses gebildete Denkmodell wird weiters durch bereits erworbenes Wissen und Naturgesetze ergänzt. So entsteht ein bildliches, gedankliches Modell, das als Basis für weitere Denk- und Lernprozesse eingesetzt werden kann (Vgl. Steinbuch 1977; Barke et al. 2018, S. 242).

Um das genannte Denkmodell übersichtlicher zu machen, kann man es in eine konkrete Form überführen. Dies kann durch das Bauen eines physischen Modells oder durch eine graphische Darstellung gewährleistet werden (Vgl. Steinbuch 1977; Barke et al. 2018, S. 242).

Im Chemieunterricht spielen Modelle eine enorm wichtige Rolle, da chemische Prozesse oft nicht direkt beobachtbar sind. Modelle dienen daher als theoretische Konstrukte, die komplizierte Inhalte vereinfachen und zugänglich machen (Vgl. Justi et al. 2002, S. 47f).

Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse verändern sich die Denkmodelle in Chemie regelmäßig. Als Beispiel kann das quantenmechanische Atommodell genannt werden: Es beschreibt den Aufenthaltsraum der Elektronen mit den vier Quantenzahlen und Wahrscheinlichkeitsfunktionen. Somit kann man Atom- und Molekülorbitale mathematisch beschreiben und Molekülstrukturen vorhersagen. Im Chemieunterricht werden neben dem quantenmechanischen Atommodell oft historische Atommodelle wie die von Dalton, Thomson, Rutherford oder Bohr unterrichtet, die für Schüler*innen leichter zu verstehen sind und komplexe Sachverhalte zugänglicher machen (Vgl. Barke et al. 2018, S. 246).

Neben den Atommodellen gibt es die chemischen Bindungsmodelle. Sie werden mit Modellen der Elektronenverteilung erklärt und man unterscheidet zwischen den Bindungsformen kovalente Bindung, Ionenbindung, Metallbindung und zwischenmolekularen Kräften (Wasserstoffbrückenbindungen, Dipol-Dipol-Kräfte und Van-der-Waals-Kräfte) (Vgl. Barke et al. 2018, S. 246f).

Man kann Modelle auch einsetzen, um chemische Strukturen zu beschreiben. Hier existieren die Modelle für Molekül-, Atom-, Metall- und Ionengitter. Sie werden durch Struktursymbole vereinfacht veranschaulicht (Vgl. Barke et al. 2018, S. 247).

Außerdem werden chemische Reaktionen mit Modellvorstellungen und Reaktionssymbolen beschrieben. Diese kommen beispielsweise bei Atomumgruppierungen bei Reaktionen von

Metallen zu Legierungen, bei Protonenübertragungen bei Säure-Base-Reaktionen oder Elektronenübertragungen bei Redoxreaktionen vor (Vgl. Barke et al. 2018, S. 247f).

Im Chemieunterricht werden außerdem Modelle eingesetzt, um Molekülstrukturen zu veranschaulichen. Dazu zählen Kalotten-, Kugel-Stab- und Stabmodelle oder Veranschaulichungen von Kristallgittern (Raumgittermodelle und Kugelpackungsmodelle). Das Kalottenmodell berücksichtigt die Raumbfüllung durch die Atome, die direkten Bindungen zwischen den Atomen sind nicht sichtbar. Beim Kugel-Stab-Modell werden wiederum die verhältnismäßigen Volumina der Atome nicht berücksichtigt. Im Fokus stehen nur die Bindungsabstände und Bindungswinkel. Man verwendet für die Atome Kugeln, die alle gleichgroß sind und oft eine bestimmte Farbe je nach Atomsorte besitzen, die durch Stäbchen oder Druckknöpfe zusammenhalten. Beim Stabmodell werden keine Kugeln verwendet, sondern nur mehr Stäbe mit bestimmten Längen. Hier rücken somit die Bindungsabstände und Bindungswinkel in den Vordergrund (Vgl. Barke et al. 2018, S. 248).

Es ist zu erkennen, dass Modelle in der Chemie von komplizierteren quantenmechanischen Darstellungen bis hin zu einfacheren Darstellungen reichen. Die Chemie als Naturwissenschaft greift oft auf mathematisch-theoretische Modelle zurück, im Chemieunterricht hingegen werden einfachere Darstellungen eingesetzt, um komplexe Zusammenhänge zugänglich zu machen und somit Lernprozesse zu fördern.

Lernende sammeln oft schon Erfahrungen im Umgang mit Modellen in den Fächern Biologie und Geographie. Als Beispiel können anatomische Modelle von Organen wie Herz oder geographische Karten und Globen genannt werden. Diese Repräsentationen ermöglichen einen Bezug zwischen dem originalen Sachverhalt und dem dazupassenden Modell, womit der Einstieg in diese Fächer als angenehm und verständlich wahrgenommen wird. Dasselbe kann auch für den Chemieunterricht gesagt werden, vor allem zu Beginn, wenn nachvollziehbare Repräsentationen von beispielsweise Aggregatzuständen thematisiert werden (Vgl. Barke et al. 2018, S. 251).

Mit zunehmender inhaltlicher Tiefe kann Chemie als kompliziert empfunden werden, vor allem dann, wenn chemische Formeln, Reaktionsgleichungen und Symbole behandelt werden. Daher ist es hier enorm wichtig, passende visuelle Modelle wie Molekülmodelle einzusetzen,

um eine Basis zu schaffen, auf der die komplizierte Symbolsprache und Bindungsmodelle zugänglich werden. Man kann sagen, dass zuerst chemische Strukturverständnisse ausgebildet, dann Bindungskonzepte eingeführt werden sollten (Vgl. Barke et al. 2018, S. 251). Wichtig zu betonen ist, dass es Unstimmigkeiten bezüglich der Anschaulichkeit der Modelle gibt. So ist ein Argument, dass die Darstellung von Atomen als Kugeln wissenschaftlich nicht korrekt ist, da Elektronenverteilungen keine eindeutigen Grenzen besitzen und Atomorbitale ebenso wenig. Trotzdem wird betont, dass Schüler*innen zuerst auf vereinfachte, visuelle Darstellungen angewiesen sind. Außerdem kann das Arbeiten mit Modellen, bei denen Farben, Formen oder unterschiedliche Materialien vorkommen, dazu führen, dass Lernende ein Verständnis dafür entwickeln, dass Modelle Vereinfachungen der Realität darstellen, deren Funktion es ist, naturwissenschaftliche Zusammenhänge zugänglicher zu machen. So ist das einfache Teilchenmodell als Einstieg in die Thematik gedacht, der dann zum Dalton-Modell und weiters zum Kern-Hülle-Modell erweitert wird. Erst später ist eine kritische Betrachtung der Modelle sinnvoll (Vgl. Barke et al. 2018, S. 251f).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Einsatz und die Entwicklung von Modellvorstellungen beim Unterrichten chemischer Inhalte eine sehr wichtige Rolle spielen, da komplizierte Inhalte für Schüler*innen nicht sofort verständlich sein können. Während Chemiker*innen gedankliche Modelle basierend auf Theorie bilden und erst dann in spezielle Modelle umwandeln, passiert dies bei Schüler*innen umgekehrt. Durch die Auseinandersetzung mit visuellen Modellen entwickeln Lernende erst aufwendigere Denkmodelle. Das Dreiebenenmodell von Johnstone beschreibt die Tatsache (siehe Abb. 1) (Vgl. Barke et al. 2018, S. 253).



Abbildung 1: Das Dreiebenenmodell von Johnstone

Das Modell beschreibt drei Ebenen, auf denen chemisches Wissen dargestellt und verstanden werden kann. In der makroskopischen Ebene (in Abb. 1: „macro“) befinden sich sichtbare und sinnlich wahrnehmbare Vorgänge. Dazu gehören z.B. Temperatur- oder pH-Wert-Änderungen während einer chemischen Reaktion. Die submikroskopische Ebene (in Abb. 1: „submicro“) beschreibt die mit bloßen Augen nicht sichtbare Teilchenwelt. Dazu gehören z.B. Atome, Moleküle und deren Strukturen. Die symbolische Ebene (in Abb. 1: „representational“) stellt den Raum dar, in dem fachliche Zeichen, Formeln oder Symbole eingesetzt werden, um chemische Vorgänge zu beschreiben oder zu kommunizieren. Dazu gehören beispielsweise Reaktionsgleichungen, Diagramme oder Tabellen (Vgl. Nakoinz 2015, S. 6f, 9).

Man wechselt zwischen der makroskopischen Ebene, in der Vorgänge beobachtet werden, der submikroskopischen Ebene, in der Teilchenstrukturen vorkommen und der symbolischen Ebene mit chemischen Formeln und Symbolen. Forschung zeigt, dass ein frühzeitiger Wechsel von der makroskopischen Ebene zur symbolischen Ebene ohne die Vermittlung der submikroskopischen Ebene zu Fehlvorstellungen führt. Daher ist es enorm wichtig, experimentelle Beobachtungen im Chemieunterricht systematisch mit passenden Struktur- und Modellvorstellungen zu verknüpfen. Der Einsatz von Modellen muss regelmäßig erfolgen, um erkenntnisbezogene Konflikte zu vermeiden (Vgl. Barke et al. 2018, S. 253).

„Scientific Literacy“ beschreibt das grundlegende Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Vorgänge und Denkweisen. Sie beschreibt außerdem die Kompetenz, wissenschaftliche Prozesse zu erkennen, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen einzusetzen und seriöse Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Wichtig zu betonen ist, dass es hier nicht nur um das Aufnehmen von wissenschaftlichen Informationen geht, sondern auch um das Verstehen und Nachvollziehen der Natur der Wissenschaft selbst. Dazu gehören ihre Grenzen, Arbeitsmethoden und Erkenntnisvorgänge (Vgl. Beck 2017, S. 4f).

Im schulischen Kontext spielt die Scientific Literacy eine zentrale Rolle in naturwissenschaftlicher Bildung. Dazu zählt die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Inhalte in unterschiedlichen Situationen zu verknüpfen und anzuwenden, und das Einbauen neuer fachlicher Erkenntnisse in bereits vorhandenen Wissensstrukturen. So kann gesagt werden, dass naturwissenschaftliche Denkprozesse das Erkennen und Analysieren wissenschaftlicher

Problemstellungen, den Umgang mit Medien bzw. Daten und die Kompetenz für Formulierungen von naturwissenschaftlichen Beschreibungen beinhalten (Vgl. Beck 2017, S. 5).

Die Kommunikationskompetenz im naturwissenschaftlichen Kontext ist ein wichtiger Teil der Scientific Literacy. Schüler*innen müssen die Fähigkeit besitzen, sich mit naturwissenschaftlichen Texten auseinanderzusetzen, um wissenschaftliche Vorgänge verstehen und erklären zu können. Die Kommunikation wird mithilfe der Sprache durchgeführt, die man mit verschiedenen Arten von Repräsentationsformen ergänzen kann. Dazu gehören Diagramme, Graphiken, mathematische Formeln oder Modelle. Diese sind ein wichtiger Bestandteil für die wissenschaftliche Kommunikation und essenziell, um komplizierte Themen zu verstehen oder zu vermitteln (Vgl. Beck 2017, S. 5f).

Daraus kann die Schlussfolgerung abgeleitet werden, dass Schüler*innen für ihre naturwissenschaftliche Bildung nicht nur den passenden Inhalt, sondern auch die Form der Repräsentation verstehen müssen. Dazu gehört die Kompetenz, zwischen den unterschiedlichen Darstellungsformen zu wechseln, diese zu interpretieren und passend anzuwenden. So kann der Begriff „Repräsentationskompetenz“ eingeführt werden, mit der die Fähigkeit beschrieben wird, mit sprachlichen, symbolischen, bildlichen und mathematischen Formen umzugehen. Sie ist somit ein essenzieller Bestandteil der Scientific Literacy und stellt eine Voraussetzung für effektive naturwissenschaftliche Denk- und Lernprozesse dar.

2.2 Forschungslage zur Wirksamkeit von Repräsentationsformen

Ein Theologe namens Bojan Godina machte während seiner Arbeit als Schulpastor die Beobachtung, dass die Religion heutzutage verstärkter in Medien zu hören ist als in traditionellen Kirchen. So entschied er sich, sich als Medienpsychologe mehr mit Medienethik auseinanderzusetzen. Der Theologe sagte während eines Interviews, was es mit der Medienpsychologie auf sich hat, und wie Kinder im Vorschulalter dieser visuellen Werbewelt

ausgesetzt sind. Er betont „Bilder sind Schüsse ins Gehirn. Unsere Schüler brauchen Bildkompetenz.“ (Vgl. Bleher 2018, S. 38).

Daraus lässt sich ableiten, dass der gezielte Einsatz unterschiedlicher Darstellungs- und Repräsentationsformen im Unterricht sowohl Inhalte verständlicher und zugänglicher macht als auch bedeutend für den Alltag der Schüler*innen ist. Jedoch können sie auch zu Verständnisschwierigkeiten führen, wenn den Lernenden beispielsweise die Kompetenz fehlt, mit Modellen und Darstellungen zu arbeiten. Dies wird im Laufe der Arbeit genauer geschildert.

Bildzeichen spielen lange schon eine wichtige Rolle in der Geschichte der Menschheit. Sie trugen dazu bei, kulturelle Kommunikationsformen zu entwickeln, und wurden genutzt, um Wissen zu sichern, Informationen weiterzugeben und religiöse bzw. gesellschaftliche Werte auszudrücken. Der Vorteil liegt vor allem daran, dass Bildzeichen sprachübergreifend zugänglich und verständlich sind, da sie auf universellen Wahrnehmungen und gemeinsamen Erfahrungen beruhen. Die Bedeutung visueller Kommunikation zeigt sich in der Tatsache, dass sie in Höhlenmalereien der Steinzeit bis hin zu modernen Piktogrammen zu finden ist. Bildzeichen stellen eine symbolische Sprache dar, die unabhängig von der Muttersprache verstanden wird. Daher wird sie heute vielseitig eingesetzt – in Verkehrszeichen, technischen Anleitungen oder auch Emojis, die weltweit eingesetzt werden. Sie spielen eine wichtige Rolle für Verständigung und Austausch, da sie sprachliche Grenzen überwinden können (Vgl. Bräun 2021).

Im Unterricht werden oft Text-Bild-Kombinationen eingesetzt, die man multiple externe Repräsentationen (MER) nennt. Diese werden im Laufe der Arbeit genauer erläutert. Es werden somit wörtliche, visuelle und symbolische Darstellungsformen eingesetzt, die entweder allein oder kombiniert vorkommen. Die vielfältige Kombination von mehreren Darstellungsformen hat den Vorteil, Inhalte mit einem alltäglichen Bezug darzustellen und den Unterricht dementsprechend passend zu gestalten. Diese Repräsentationsformen sind für Lernende oft nicht sofort verständlich. Daher könnte der Einsatz von Text mit visuellen Darstellungen hilfreich sein (Vgl. Beck 2017, S. 1). Im Artikel „Supporting Students in Developing Literacy in Science“ aus dem Jahr 2010 fordern die Autoren Krajcik und Sutherland sogar dazu auf, dass den Lernenden beigebracht werden sollte, wie man Texte und visuelle

Darstellungen einsetzen soll, um den Verstehensprozess zu unterstützen (vgl. Krajcik et al. 2010, S. 457).

Wissenschaftliche Texte, Bilder und andere Darstellungsformen sind starke Mittel, um naturwissenschaftliches Verständnis aufzubauen. Sie sind jedoch erst dann effektiv und nützlich, wenn sie auf dem Vorwissen und den Erfahrungen der Schüler*innen basieren. Lernende sollen außerdem mit der Nutzung und Interpretation dieser Darstellungsformen vertraut sein (Vgl. Krajcik et al. 2010, S. 457f).

Repräsentationsformen wie Texte, Bilder, Diagramme, Tabellen und Simulationen dienen als Hilfestellung für den Zugang zu abstrakten wissenschaftlichen Sachverhalten. Sie verknüpfen neue Ideen mit den alltäglichen Erfahrungen der Lernenden und sorgen dafür, dass aus unvollständig vernetztem Wissen zusammenhängende Vorstellungen entstehen und somit der Inhalt verstanden wird. Modelle und visuelle Darstellungen helfen Hypothesen zu formulieren, diese zu überprüfen und zu diskutieren. Man kann also sagen, dass sie nicht nur als einfache Darstellungen gesehen werden sollten, sondern als Hilfsmittel des Denkens und der Kommunikation (Vgl. Krajcik et al. 2010, S. 458).

Krajcik und Sutherland betonen im Artikel, dass gute Lehrtexte explizit auf graphische Darstellungen verweisen. Diese sollten so aufgebaut sein, sodass man zwischen ihnen und den dazugehörigen Texten hin- und herschauen kann. Dies kann gewährleistet werden mit Beschriftungen oder Hervorhebungen. Außerdem werden mehrere Lerndimensionen wie die visuelle und verbale unterstützt, wenn man mehrere Darstellungsformen nutzt. Der Einsatz von mehreren zusammen kann außerdem die Lücken einer einzelnen Repräsentation füllen (Vgl. Krajcik et al. 2010, S. 458).

Wissenschaftliche Texte als Repräsentation von wissenschaftlichen Inhalten können oft anspruchsvolle Fachbegriffe oder schwierige Satzstrukturen beinhalten, die das Verständnis erschweren können. Dies kann vor allem für Lernende mit Leseproblemen besonders herausfordernd sein. Man muss Schüler*innen daher zielgerecht unterstützen. Dies kann sein in Form von Lesestrategien, die man ihnen näherbringt, Vokabularübungen oder Übungen, mit denen man Darstellungen gezielt miteinander verknüpft und somit zum Zusammenhang bringt. Lesekompetenz und fachliches Verständnis hängen stark miteinander zusammen, denn wenn man Texte interpretieren kann, besitzt man auch die Kompetenz, Modelle zu verstehen und mit ihnen sinnvoll umzugehen (Vgl. Krajcik et al. 2010, S. 457f).

In der Bildungswissenschaft ist das Arbeiten mit Texten und Bildern ein zentrales Thema. Durch die Digitalisierung und den Fortschritt der Medien gewinnt es zusätzlich an Bedeutung. Lehrer*innen stehen vor der Herausforderung, Lernvorgänge durch den passenden Einsatz von Texten und Visualisierungen zielgerecht zu unterstützen. Jedoch gibt es heutzutage nur sehr wenige empirische Studien, die sich mit dem Einsatz von digitalen Medien im Unterricht beschäftigen. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten verstärkt die Bedeutung der Lehrer*innen sowie deren Fähigkeit zur Einschätzung von Lernständen untersuchen. Nur wenn Lehrpersonen wissen, was Lernende verstehen und in welchen Bereichen sie Schwierigkeiten haben, können sie den Unterricht so planen, sodass der Einsatz von Bildern und Texten den Lernprozess unterstützt. Dadurch können Lernmaterialien optimiert und gezielt überlegte Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt werden (Vgl. Scheiter et al. 2020, S. 51f).

Forschungen zeigen, dass der Einsatz von mehreren zusätzlichen Darstellungen das Lernen von Schüler*innen fördern kann. Während bei vielen Studien der Fokus auf das Lernen mit Texten und einer zusätzlichen graphischen Darstellung liegt, ist es oft so, dass in der Praxis häufig neben dem Text mehrere graphische Darstellungen eingesetzt werden. Es stellt sich die Frage, ob mehrere graphische Darstellungen zu besserem Lernerfolg führen als einzelne, vor allem dann, wenn sie nacheinander in diversen Aufgaben zusammen mit Texten vorkommen. Außerdem ist es wichtig zu untersuchen, ob Schüler*innen besser lernen, wenn sie gezielt dabei unterstützt werden, diese verschiedenen Darstellungen mit den zentralen Konzepten zu verknüpfen (Vgl. Rau et al. 2014, S. 30).

Diese zentralen Punkte wurden mit zwei Experimenten mit zwei Klassen der Mittelschule in den USA im Fach Mathematik untersucht. Im ersten Experiment mit 112 Proband*innen der sechsten Schulstufe wurde untersucht, ob mehrere oder einzelne graphische Darstellungen zu besserem Lernerfolg führen. Außerdem wurde geschaut, ob es einen Unterschied macht, wenn Lernende durch Selbsterklärungen dazu angeregt werden, die zentralen Konzepte der graphischen Darstellungen zu erklären. Das zweite Experiment mit 152 Proband*innen der vierten und fünften Schulstufe untersuchte, ob der Vorteil von mehreren graphischen Darstellungen davon abhängt, welche Repräsentationen für einzelne graphische Darstellungen verwendet werden, da frühere Untersuchungen gezeigt haben, dass manche

bestimmte graphische Darstellungen den Lernprozess besser unterstützen als andere (Vgl. Rau et al. 2014, S. 30).

Die Ergebnisse beider Experimente zeigten, dass mehrere graphische Darstellungen zu einem effektiveren Lernprozess führen als einzelne graphische Darstellungen, wenn Schüler*innen beim Verknüpfen der graphischen Darstellungen mit den zentralen inhaltlichen Konzepten unterstützt werden. Diese Forschung zeigt somit, dass der Einsatz von mehreren graphischen Repräsentationen das Lernen signifikant verbessern kann, auch wenn sie nacheinander zusammen mit einem Text eingesetzt werden (Vgl. Rau et al. 2015, S. 30).

In seinem Artikel „In Kapiteln und Sätzen über die Kräfte, mit denen Vergangenheit und Zukunft die Gegenwart formen“ schreibt Michael A. Anton, dass Menschen Informationen verknüpfen, indem sie Modelle, Übersichten und Kategorien bilden und Regelmäßigkeiten erkennen, die sich aufeinander beziehen lassen (Vgl. Anton 2024, S. 3).

Von den drei Naturwissenschaften stellt Chemie hohe Anforderungen an die Denkleistungen der Schüler*innen und Lehrer*innen. Der Grund ist, dass die Betroffenen die Fähigkeit besitzen müssen, zwischen beobachtbaren Vorgängen und aufwendigen, submikroskopischen Modellvorstellungen hin und her zu denken. Für diesen Denkprozess ist ein Abstraktionsvermögen nötig, um komplizierte Zusammenhänge zu erkennen, Gesetze abzuleiten und Vermutungen zu bilden (Vgl. Anton 2024, S. 4).

Da im Chemieunterricht nicht ausreichend Zeit bleibt, um Beobachtungen sorgfältig zu analysieren und die Zusammenhänge wirklich zu verstehen, werden chemische Inhalte oft nur oberflächlich und als einzelne Fakten gelehrt. Dadurch entsteht während des Lernens der Eindruck, dass Chemie ein schwer zugängliches und trockenes Fach ist. Dies führt dazu, dass Chemie ein schlechtes Image bekommt und wenig beliebt ist, obwohl Chemie besonders gut geeignet wäre, vernetztes, kritisches und selbstständiges Denken zu fördern (Vgl. Anton 2024, S. 4).

Weil chemisches Denken anspruchsvoll ist, muss der Chemieunterricht gezielt so gestaltet werden, dass Unterrichtsorte, -formen und -methoden an die fachspezifischen und lernbezogenen Bedingungen angepasst sind (Vgl. Anton 2024, S. 5).

Eine geeignete Anpassung könnte der Einsatz von gut strukturierten graphischen Darstellungen darstellen, mit der das vernetzte Denken und das Verständnis von Zusammenhängen gefördert werden können.

Es ist wichtig zu betonen, dass offene Forschungslücken existieren. Es muss vor allem untersucht werden, welche genauen Bedingungen herrschen müssen, damit sich das Vorwissen der Schüler*innen nachhaltig ändert. Zu diesen Bedingungen können Textgestaltung, Ausmaß und Art der Darstellungsformen und die Form der Aufgabenstellungen gezählt werden. Das Lesen und Verstehen von naturwissenschaftlichen Texten können als komplexe Leistungen gesehen werden. Die aktuelle Forschung untersucht noch, wie Aspekte wie Arbeitsgedächtnis, Verständnisprozesse und persönliche Unterschiede in der Denkfähigkeit dabei zusammenwirken. Außerdem konzentrierten sich die Studien auf narrative Texte, so kann die Frage gestellt werden, wie und ob sich die daraus gewonnene Erkenntnis auf fachliche, naturwissenschaftliche Texte übertragen lassen (Vgl. Krajcik et al. 2010, S. 457f).

2.3 Arten von Repräsentationsformen

In diesem Unterkapitel werden nun die Arten von Repräsentationen und deren Rolle für Lehr- und Lernprozesse geschildert.

Visuelle Darstellungen gewinnen in den naturwissenschaftlichen Fächern zunehmend an Bedeutung und können als Sprache der Wissenschaft gesehen werden. Repräsentationen können als Formen von Informationsdarstellungen verstanden werden. Deren Nutzen soll sein, fachliche Informationen zu verbalisieren und wissenschaftliche Erkenntnisse passend zu kommunizieren (Vgl. Beck 2017, S. 12).

Es wird zwischen externen Repräsentationen (ER, beispielsweise Modelle, Diagramme, Graphiken, Texte und Symbole) und internen, mentalen Repräsentationen unterschieden, die Schüler*innen beim Verarbeiten der Informationen einsetzen. Es existieren auch externe Darstellungen. Darunter versteht man beispielsweise Text-Bild-Kombinationen. Man nennt sie auch multiple externe Repräsentationen (MER). Sie können den Lernprozess fördern, jedoch Schüler*innen auch herausfordern, da verschiedene Repräsentationsformen unterschiedliche Niveaus an Interpretationen verlangen (Vgl. Beck 2017, S. 12).

Welche Repräsentationsformen man im Unterricht einsetzt, hängt davon ab, wie ihre Kommunikationsfunktion ist. Außerdem hängt die effektive Nutzung davon ab, in welchem Verhältnis die Darstellungen zueinanderstehen und wie adressatengerecht sie eingesetzt werden. Lernende können wissenschaftliche Inhalte nicht direkt aus externen Darstellungen entnehmen, sie interpretieren diese eher aktiv und bauen es dann in ihr bereits existierendes Vorwissen ein. Es können Herausforderungen entstehen, wenn Repräsentationen keinen klaren Bezug zueinander haben oder zu komplex sind (Vgl. Beck 2017, S. 13).

Texte stellen eine Art der Darstellung dar. Sie fungieren als deskriptive Repräsentationen, die einen linearen Aufbau haben. Dies vereinfacht den Schüler*innen den Lernprozess, da sie eine bestimmte Abfolge besitzen und somit leichter zu verarbeiten sind. Aus der Forschung ist zu entnehmen, dass Lernende auf Texte zurückgreifen, wenn sie eine Aufgabenstellung lösen müssen und dies sogar dann, wenn neben den Texten Bilder zur Verfügung gestellt werden. Fachtexte besitzen sprachliche Muster, abstrakte Fachwörter und Formulierungen, die den Lernenden sowohl helfen als auch das Verstehen erschweren können. Zu komplizierte oder viele Fachwörter beinhaltende Texte haben eine negative Auswirkung auf das Text-Bild-Verstehen (Vgl. Beck 2017, S. 13f).

Eine weitere Art der Repräsentation stellen Bilder dar. Sie werden als ikonische Darstellungen gesehen, da sie dem dargestellten Inhalt sichtbar ähneln. Sie können sehr unterschiedlich sein, denn manche können realitätsnah und manche können vereinfacht schematisch dargestellt werden. Dieser Unterschied beeinflusst den Lernprozess bei Schüler*innen. Bilder mit Details machen es Lernenden einfacher, die jeweiligen Sachverhalte besser vorstellen zu können. Bilder, die sehr vereinfacht und eindeutig dargestellt werden, können aber Informationen schneller und besser vermitteln. Visuelle Darstellungen sind dann effektiv, wenn sie eine klare Struktur besitzen und dem Verständnisniveau der Schüler*innen entsprechen (Vgl. Beck 2017, S. 14).

Unter Bildern versteht man in erster Linie Fotos, Zeichnungen oder Skizzen, die man realistische Bilder nennt. Sie ähneln dem dargestellten Objekt stark. Logische Bilder wie Diagramme hingegen ähneln visuell nicht direkt dem Objekt, sondern stellen Beziehungen zwischen Elementen dar (Vgl. Beck 2017, S. 15).

Neben den realistischen und logischen Bildern gibt es die Schemadarstellungen, die zu beiden Kategorien gehören. Sie haben Merkmale der realistischen Bilder, sind aber auch vereinfacht und abstrahiert. Es gibt jedoch keinen klaren Übergang zwischen den Bildarten und daher sind eindeutige Definitionen nicht möglich (Vgl. Beck 2017, S. 15).

Wie bereits erwähnt ähneln realistische Abbildungen wie Fotos und Strichzeichnungen der realen Wahrnehmung und bilden konkrete Objekte oder Strukturen ab. So wird das dargestellte Objekt leicht erkannt, da sie auf bereits wahrgenommenen Alltagserfahrungen basieren und somit kompliziertere Informationen verständlich darstellen. Realistische Bilder können unterschiedlich abstrakt sein, so stellen Fotos eine direkte Wiedergabe des Objekts dar, während Strichzeichnungen vereinfachte Darstellungen sind, die trotzdem Informationen wie Form oder Farbe des Dargestellten wiedergeben. Daher eignen sich Strichzeichnungen gut dafür, biologische Prozesse wie die Proteinsynthese zu visualisieren. Jedoch können sie auch herausfordernd sein, da sie falsch interpretiert werden können. So können Schüler*innen diese zu schematisch vorstellen oder ihnen eine exakte Abbildung der Realität zuschreiben. Beide können zu Fehlvorstellungen führen (Vgl. Beck 2017, S. 16).

Schemazeichnungen können als eine gemischte Darstellungsform verstanden werden, die zwischen realistischen und stark vereinfachten Darstellungen liegen. Sie sind die Kombination von ikonischen, symbolischen und texthaltigen Komponenten und haben oft besondere Merkmale mit Farben, Pfeilen oder anderen graphischen Symbolen. Vor allem im Biologieunterricht sieht man sie als Prozessdiagramme, weil sie Abläufe darstellen und dabei mehrere Informationsebenen gleichzeitig ansprechen. Außerdem zeigt die Forschung, dass Schemazeichnungen viele heterogene Komponenten besitzen und daher nicht eindeutig zu klassifizieren sind. Damit man sie versteht, braucht man sowohl inhaltliches Fachwissen als auch Kenntnisse über die Verwendung solcher Darstellungen. So müssen Schüler*innen in der Lage sein, die Bedeutung von Pfeilen oder räumliche Anordnungen der Komponenten richtig zu interpretieren. Dies kann in manchen Situationen herausfordern sein (Vgl. Beck 2017, S. 17ff).

Logische Bilder sind beispielsweise Diagramme, die den Zusammenhang zwischen qualitativen und quantitativen Merkmalen darstellt. Charts und Tabellen werden ebenso zu

den logischen Bildern gezählt. Sie stellen abstrakte Informationen verdichtet und strukturiert dar. Im Gegensatz zu realistischen Darstellungen gibt es beim Arbeiten mit ihnen bestimmte „Regeln“, die Schüler*innen verstehen müssen, um die dargestellten chemischen Zusammenhänge wie etwa Konzentrationsverläufe oder Energiediagramme richtig interpretieren zu können. Mit dem Umgang mit Diagrammen versteht man einerseits die Informationsentnahme und andererseits die Konstruktion. Für die erstere müssen Lernende in der Lage sein, die vermittelten Zusammenhänge zu verstehen, Variablen zuzuordnen und Werte abzulesen oder zu vergleichen. Dies ist besonders wichtig für chemische Modelle, da sie sich im Laufe der Zeit verändern können. Bei der Konstruktion müssen Schüler*innen in der Lage sein, passende Darstellungsformen zu wählen, Achsen zu beschriften und Daten angemessen zu skalieren. Forschung zeigt, dass hier Schwierigkeiten auftreten, vor allem wenn es darum geht, die passenden Diagrammtypen auszusuchen. Wenn Fehler in der Darstellung entstehen, können wichtige Zusammenhänge missverstanden werden (Vgl. Beck 2017, S. 20ff).

Eine Form der Darstellung sind die sogenannten multiplen externen Repräsentationsformen (MER). Sie sind die Kombination aus mindestens zwei Darstellungen. Darunter fallen die Kombinationen Text-Text, Text-Bild und Bild-Bild. Um diese als Ganzes interpretieren zu können, muss jede einzelne Repräsentation für sich verstanden werden (Vgl. Beck 2017, S. 23). MER spielen für den Lernprozess in naturwissenschaftlichen Fächern eine wichtige Rolle, da Inhalte aus verschiedenen Repräsentationsformen wie beispielsweise Text, Bild oder Symbolen miteinander in Beziehung gebracht werden müssen. Die Forschung zeigt, dass Text-Bild-Kombinationen im Vergleich zu rein textbasierten Darstellungen den Verstehensprozess verbessern und die Wissensaneignung unterstützen. Visuelle Repräsentationen können oft Informationen effektiver vermitteln. Außerdem besitzen MER verschiedene Funktionen: Sie können als Inhaltsergänzung dienen, eine Richtung für Interpretationen zeigen und tieferes Verständnis fördern. Das Übersetzen zwischen Darstellungsformen ist eine zu erreichende naturwissenschaftliche Kompetenz. Gerade im Chemieunterricht unterstützen Modelle und visuelle Repräsentationen kompliziertere Lernvorgänge, da sie dabei helfen, Informationen passend zu integrieren und kognitive Herausforderungen zu reduzieren. Der Verständnisprozess ist dann erfolgreich, wenn Schüler*innen zwischen verschiedenen Darstellungsformen wechseln und sie gut miteinander verknüpfen können. Man kann somit

sagen, dass MER eine zentrale Rolle bei der Vernetzung fachlicher Kenntnisse spielen (Vgl. Doktorarbeit S. 24ff).

Die Forschung zeigt außerdem, dass Schüler*innen öfters Herausforderungen erleben, wenn sie Inhalte aus Text und Bild integrieren. Vor allem bei den MER hängt erfolgreiches Lernen stark davon ab, ob die Darstellungen strukturelle Gemeinsamkeiten besitzen und wie gut deren Zusammenhang demonstriert wird. Erfolgreiches Lernen wird dann erreicht, wenn Darstellungen den Wechsel zwischen verschiedenen kontextbezogenen Perspektiven unterstützen und klare inhaltliche Zusammenhänge sichtbar machen. Es ist außerdem zu beobachten, dass die Wirksamkeit von MER abhängig vom Typ der Aufgabe ist. Studien zeigen, dass Aufgaben mit Bildern andere kognitive Verständnisprozesse auslösen als textbasierte oder gemischt repräsentierte Aufgaben. Wichtig ist, wie weit Schüler*innen bei der Auseinandersetzung mit Repräsentationen ein effektives mentales Modell aufbauen können. Außerdem zeigt die Forschung, dass Text-Bild-Kombinationen unter den Lernenden unterschiedlich stark effektiv sind. Die Effektivität ist abhängig von den fachlichen Vorkenntnissen der Schüler*innen. Diejenigen, die weniger Vorkenntnisse besitzen, profitieren häufig stärker von MER. Lernende mit mehr Kenntnissen ziehen nicht immer Vorteile daraus. Außerdem ist zu beobachten, dass der Verständnisprozess erschwert werden kann, wenn zwischen den Repräsentationsformen (wie beispielsweise zwischen symbolischen, ikonischen oder bildlichen) nicht ausreichend Übersetzungen bzw. Erklärungen vorhanden sind (Vgl. Doktorarbeit S. 27fff).

2.4 Analyse schulischer Unterrichtsmaterialien

2.4.1 Auswahl der Schulbücher

2.4.1.1 Schulbuch 1: Reaktionen. Chemie für die 7. Klasse von Kern et al.

Textstellen

Im Schulbuch „Reaktionen. Chemie für die 7. Klasse“ von Gerhard Kern et al. werden Atommodelle im Kapitel „Atome und Atommodelle“ (S. 20ff) behandelt. Dabei wird der Begriff „Atom“ nach Demokrit im ersten Unterkapitel eingeführt und die Vorstellungen über den Aufbau aller Körper aus Atomen mit dem Gesetz der Massenerhaltung und der konstanten Massenverhältnisse betont. Im nächsten Unterkapitel werden die verschiedenen Atommodelle vorgestellt, dazu gehören das Thomsonsche, Rutherfordsche, Bohrsche und das Quantenmechanische Atommodell.

Das Bohrsche Atommodell wird eingeführt mit der Existenz der charakteristischen Spektren für jedes einzelne Element im Periodensystem. Dabei wird zuerst erklärt, dass sich das Licht durch ein Prisma in ein kontinuierliches Spektrum von Spektralfarben zerlegen lässt. Im Anschluss wird der Vergleich mit einem Linienspektrum gemacht, das sich beobachten lässt, wenn das Licht zuerst auf ein mit Gas gefülltes Rohr, dann erst auf das Prisma fällt.

Danach wird geschildert, dass unterschiedliche Flammenfärbungen zu beobachten sind, wenn man verschiedene Salze in die nichtleuchtende Flamme eines Brenners hält. Wenn dieses Licht auf ein Prisma fällt, lassen sich die für die in den Salzen enthaltenen Elemente charakteristischen Linienspektren beobachten.

Aus diesen Informationen wird die Schlussfolgerung gezogen, dass Energie quantisiert sein muss: Elektronen eines Atoms kreisen in bestimmten Energieniveaus um den Kern und können somit nur bestimmte Energieportionen aufnehmen bzw. abgeben, um auf ein energetisch höheres bzw. niedrigeres Energieniveau zu gelangen. Diese Energieniveaus werden als „Kreisbahnen“ bzw. „Elektronenschalen“ vorgestellt. Daraus entstand das Schalenmodell des Atoms: Die Elektronen kreisen in bestimmten definierten Abständen (Elektronenschalen) um den Atomkern. Jede der Schalen entspricht einem bestimmten Energiewert. Das Elektron kann auf eine energetisch höhere Schale wechseln, wenn Energie zugeführt wird. Dann befindet es sich im angeregten Zustand, der nur kurzfristig hält, und das Elektron geht nach einer kurzen Zeit wieder in den Grundzustand über. Die aufgenommene

Energie wird in Form von elektromagnetischer Strahlung bzw. Licht mit einer genau bekannten Frequenz bzw. Wellenlänge abgegeben. So entstehen die Spektrallinien der jeweiligen Elemente.

Der Zusammenhang zwischen Frequenz/Licht und Energie wird im Buch mit den folgenden Formeln beschrieben:

$$\Delta E = h * f \qquad c = \lambda * f$$

Die einzelnen Größen, die in den Formeln vorkommen, werden angegeben:

ΔE ist die Energiedifferenz zwischen zwei Schalen, h das Planck'sche Wirkungsquantum mit der Konstante $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J*s}$, f die Frequenz, c die Lichtgeschwindigkeit mit dem Wert $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ und λ die Wellenlänge.

Es wird kurz erwähnt, dass das Bohrsche Atommodell Widersprüche zu einigen Grundgesetzen der Physik beinhaltet, jedoch wird betont, dass es eine enorm wichtige Entdeckung war, die zu einem äußerst brauchbaren Modell führte, um chemische Bindungen zwischen Atomen und den Aufbau des Periodensystems zu erklären.

Gegen Ende des Kapitels werden die Informationen zusammengefasst und die Postulate von Bohr in grünen Kästchen dargestellt:

- Die Elektronen kreisen in bestimmten Bahnen bzw. Schalen um den Atomkern.
- Diese Schalen werden mit Großbuchstaben beginnend mit K bezeichnet.
- Es herrscht ein leerer Raum zwischen den Schalen.
- Die Außenelektronen, die auch Valenzelektronen genannt werden, sind wichtig für die chemischen Eigenschaften einzelner Elemente.

Zum Schluss wird kurz beschrieben, welche Informationen aus dem Periodensystem abgelesen werden können, um das Bohrsche Atommodell von jedem Element skizzenhaft darzustellen. So wird genannt, dass die Ordnungszahl die Anzahl der Protonen und Elektronen angibt und dass die Hauptgruppen angeben, wie viele Außenelektronen die jeweiligen Elemente besitzen. Außerdem geben die Perioden die Anzahl der besetzten Schalen der jeweiligen Elemente an.

Bilder und Skizzen

Beim Einführen des Linienspektrums werden folgende Bilder im Fließtext dargestellt:

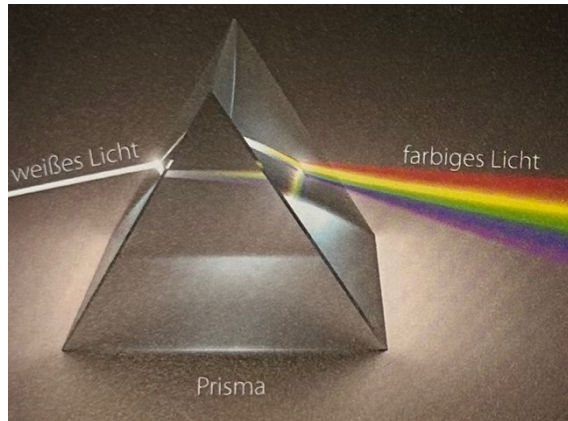


Abbildung 2: Kontinuierliches Spektrum, das durch ein Prisma geleitetes, weißes Licht verursacht wird

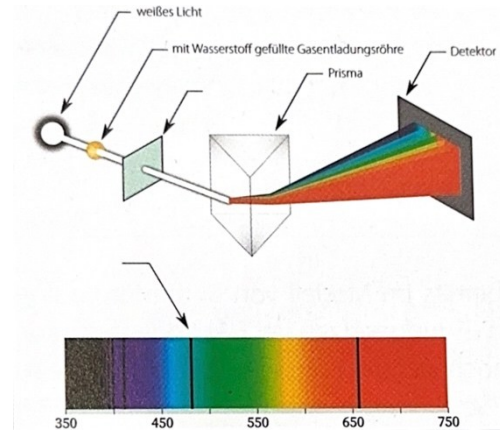


Abbildung 3: Linienspektrum, das durch das Licht einer Gasentladungsröhre mit Wasserstoff, verursacht wird, das von einem Prisma zerlegt wird

Auf derselben Seite wird im Fließtext ein Bild mit charakteristischen Flammenfärbungen von verschiedenen Salzen gezeigt:

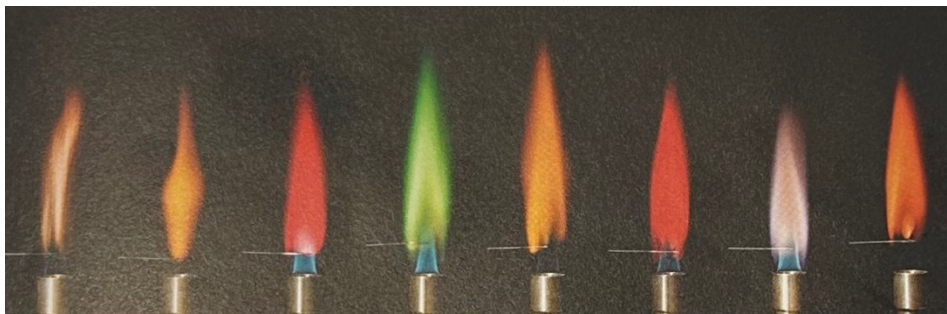


Abbildung 4: Charakteristische Flammenfärbungen von verschiedenen Metallsalzen in der Gasflamme

Im rechten Seitenrand oben wird ein Bild gezeigt, das das Edelgas Argon zeigt, das durch ein elektrisches Feld zum Leuchten gebracht wird. Weiter unten am Rand wird das kontinuierliche Spektrum der Sonne und das Linienspektrum des Wassers als Vergleich dargestellt:

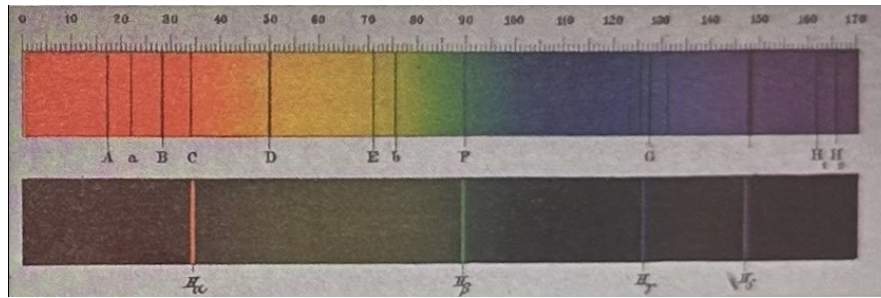


Abbildung 5: Kontinuierliches Spektrum der Sonne und Linienspektrum des Wasserstoffs

Auf der nächsten Seite, auf der die oben genannten Formeln beschrieben werden, werden am linken Seitenrand folgende Skizzen dargestellt:



Abbildung 6: Lichtemission

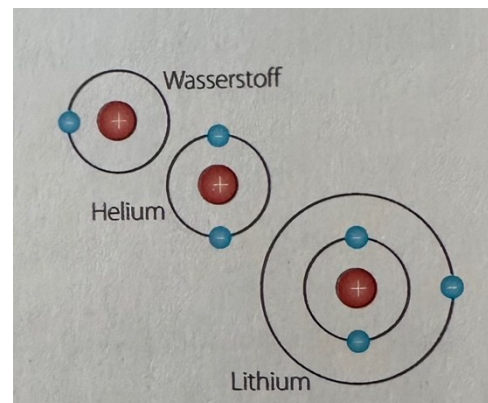


Abbildung 7: Atomaufbau von Wasserstoff, Helium und Lithium nach Bohr

In der Bildbeschreibung von Abbildung 5 wird die Lichtemission erneut erklärt: Durch Energieaufnahme gelangt ein Elektron im Grundzustand in den angeregten Zustand. Durch Energieabgabe in Form von Licht geht das Elektron wieder in den Grundzustand über.

2.4.1.2 Schulbuch 2: Chemie. Allgemeine Chemie. Organische Chemie von Barthel et al.

Textstellen

„Atombau und Atommodelle“ ist das erste Kapitel (S. 7ff) des Buches „Chemie. Allgemeine Chemie. Organische Chemie“ von Helmut Barthel et al. Es gibt keine Unterkapitel mit den jeweiligen Atommodellen, sie werden alle in einem Fließtext beschrieben, die durch Absätze und fett gedruckten Namen des jeweiligen Atommodells zu Beginn des Absatzes voneinander getrennt werden.

Die Einleitung wird mit einer kurzen Information zur Entstehung von charakteristischen Spektrallinien gemacht, die zu beobachten sind, wenn das Licht der durch bestimmte Salze gefärbte Brennerflammen mit einem Prisma zerlegt wird. Diese Linien sollen bestimmte Energiezustände der Elektronen in den jeweiligen Atomen darstellen. Im Anschluss folgt ein Theorieninput zur historischen Entwicklung der Atomtheorie mit Demokrit, J. Dalton, J. J. Thomson und E. Rutherford. Bevor das Bohr'sche Atommodell genauer geschildert wird, wird erneut Bezug zu Linienspektren genommen, die Quantisierung der Energie geschildert und die von J.K. Balmer formulierte Gleichung der Balmer-Serie dargestellt. Außerdem wird eine Abbildung zur Balmer-Serie im Atomspektrum des Wasserstoffs gezeigt.

Das Bohr'sche Atommodell wird basierend auf die beobachteten Linienspektren eingeführt und es wird beschrieben, dass sich Elektronen in bestimmten Bahnen aufhalten und um den Kern kreisen. Dabei wird das Modell bezeichnet als das „Bohr-Sommerfeld'sche Atommodell“. Die Energien dieser Bahnen werden mit „Stabilität“ beschrieben und deren Charakterisierung mit dem ganzzahligen Vielfachen des Planck'schen Wirkungsquantum h angegeben. Diese Vielfachen werden Quantenzahlen genannt und mit dem Symbol n angegeben. Im Anschluss wird die Lyman-Serie erwähnt, deren Linien dadurch zustande kommen, dass Elektronen von höheren Bahnen auf die zum Kern nächsten Bahn übergehen. Die Balmer-Reihe hingegen beschreibt den Übergang von Elektronen von höheren Bahnen auf die zweitnächste Bahn zum Kern. Es wird außerdem erwähnt, dass Bahnen auch Schalen genannt werden, die mit Buchstaben – beginnend mit K – bezeichnet werden.

Außerdem wird erwähnt, dass bei einigen Atomen mehrere Linienspektren zu beobachten sind, da sie mehrere Elektronen haben. Als Grund wird die Vervielfachung der möglichen Energiezustände genannt, die durch die Wechselwirkung der Elektronen untereinander verursacht wird. Um einen Überblick zu kriegen, wurde von A. Sommerfeld neben der bereits erwähnten Hauptquantenzahl n drei weitere Quantenzahlen vorgestellt. Es sollen neben den kreisförmigen Bahnen auch ellipsenförmige möglich sein, deren Form mit der Nebenquantenzahl l beschrieben werden kann. Da Elektronen eine Eigenrotation besitzen, wurde ihnen ein Spin zugeordnet, der mit der Spinquantenzahl s beschrieben werden kann. Der Spin kann entweder die Richtung der Bahnbewegung oder die entgegengesetzte Richtung annehmen. Die letzte Quantenzahl ist die magnetische Quantenzahl m , womit erläutert werden kann, wie Spektrallinien in magnetischen und elektrischen Feldern funktioniert. Mit diesen Quantenzahlen soll möglich sein, den Energiezustand jedes Elektrons im Atom eindeutig zu bestimmen.

Im Anschluss zum Bohrschen Atommodell wird das wellenmechanische Atommodell genauer erläutert.

Es ist auffallend, dass das Bohrsche Atommodell nicht allein vorgestellt wird, sondern auch mit den von Sommerfeld ermittelten Kenntnissen verbunden wird. So wird ein klarer Übergang zum Wellenmechanischen Atommodell gemacht, da SuS die Quantenzahlen schon vorher im Bezug zum Bohr-Sommerfeldsche Atommodell hören.

Bilder und Skizzen

Bilder und Skizzen sind eher rechts auf der Seite abgebildet, die unten kurze Beschreibungen enthalten. So kommt über dem Absatz des Bohr-Sommerfeldschen Atommodells ein Bild zur Balmer-Serie im Atomspektrum des Wasserstoffatoms und rechts davon eine Skizze zur Deutung von Atomspektren des Wasserstoffs vor:

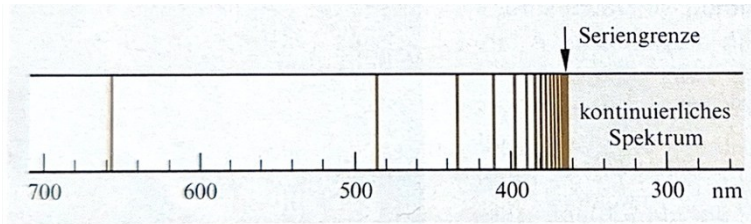


Abbildung 8: Balmer-Serie im Atomspektrum des Wasserstoffes

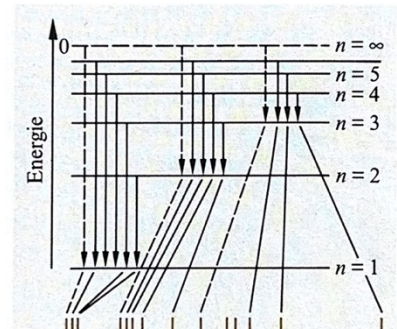


Abbildung 9: Deutung von Atomspektren des Wasserstoffes

Außerdem wird ein Bild von Niels Bohr am rechten Rand der Seite in schwarz-weiß abgebildet. Die letzte Skizze passend zum Atommodell ist ebenso rechts abgebildet, die das Schalenmodell darstellt, auf dem abgebildet ist, wie die verschiedenen Spektralserien entstehen:

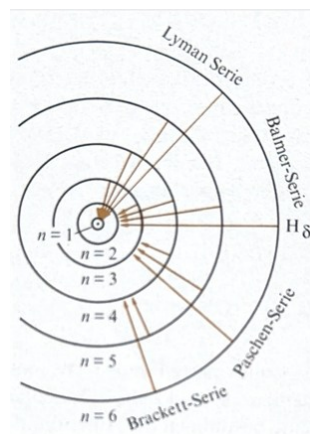


Abbildung 10: Zustandekommen der Spektralserie des Wasserstoffatoms nach dem Schalenmodell

2.4.1.3 Schulbuch 3: Chemie 1. Allgemeine und anorganische Chemie von Neufingerl

Textstellen

Im Schulbuch „Chemie 1. Allgemeine und anorganische Chemie von Franz Neufingerl gibt es zum Aufbau der Atome ein großes Kapitel (S. 17ff), in dem die historische Entwicklung der Atommodelle beschrieben wird. Dabei wird einleitend der Begriff „Modell“ als „Scheinbilder der Wirklichkeit“ beschrieben, die von Menschen für Erklärungen von Phänomenen eingesetzt werden.

Nach dem kurzen Theorieinput zum Modellbegriff werden die ersten modernen Vorstellungen des Atoms von Wissenschaftlern wie Dalton, Thomson und Rutherford oberflächlich beschrieben. Das Rutherfordsche Atommodell, das als das „Kern-Hülle-Modell“ beschrieben wird, und der Streuversuch werden mit einem Unterkapitel genauer geschildert. Im Anschluss kommt das Unterkapitel „Das Schalenmodell des Atoms“, das das Bohrsche Atommodell erläutert.

Als Einführung des erwähnten Unterkapitels wird Bezug zum Rutherford'schen Atommodell genommen und gesagt, dass mit diesem die Verteilung der Elektronen nicht erklärt werden kann und dass Bohr sich diesen Aspekt genauer anschaute. So nahm er als Ausgangspunkt das von leuchtenden Gasen ausgestrahlte Licht. Es entsteht ein kontinuierliches Spektrum, wenn das Licht der Sonne oder einer Glühbirne auf ein Prisma fällt. So ist zu sehen, dass das weiße Licht ein Gemisch von Licht verschiedener Wellenlängen ist. Gase senden aber nur Lichtstrahlen in bestimmten Wellenlängen aus, wenn sie eine Energiezufuhr erhalten. Wenn das ausgestrahlte Licht auf ein Prisma fällt, so wird ein Linienspektrum beobachtet, das einzelne farbige Linien darstellt.

Im Anschluss wird das Absorptionsspektrum erklärt: Erfahren Gase eine Bestrahlung mit weißem Licht, so absorbieren sie genau die Lichtanteile mit bestimmten Wellenlängen, die sie ausstrahlen können. Danach wird kurz erklärt, dass das Licht eine Energieform darstellt, dass kurzwelliges – blaues – Licht energiereicher ist als langwelliges – rotes – Licht. Dass Atome nur bestimmte Energiemengen absorbieren oder ausstrahlen können, wird mit dem Aufbau des Bohrschen Atommodells beschrieben: Die Elektronen befinden sich in der Atomhülle, die sich mit einer großen Geschwindigkeit um den Atomkern bewegen. Außerdem soll eine Relation

zwischen dem Abstand der Elektronen zum Kern und deren Energien bestehen. Wenn der Abstand größer wird, nimmt auch die Energie zu. Ein äußeres Elektron kann durch Energiezufuhr auf ein höheres Energieniveau gebracht werden. Dieser Vorgang dauert jedoch sehr kurz, sodass das Elektron in kürzester Zeit wieder auf das ursprüngliche Energieniveau fällt. Die dabei abgegebene Energie erfolgt in bestimmten Wellenlängen. Da es nur bestimmte Energieniveaus für die Elektronen existieren kann, wird Licht nur in bestimmten Energieportionen abgegeben oder aufgenommen, die auch Energiequanten genannt werden. Die Energieniveaus werden von Bohr als kreisförmige oder ellipsenförmige Bahnen – oder Schalen – beschrieben. Die Elektronen sollen sich auf diesen Schalen um den Atomkern drehen. Außerdem sollen in eine Schale genau $2n^2$ Elektronen hineinpassen, wobei n die Nummer der Schale darstellt. In die äußerste Schale passen aber nur maximal acht Außenelektronen hinein. Diese bestimmen die chemischen Eigenschaften des jeweiligen Atoms. Die Schalen können neben der Nummerierung auch mit Großbuchstaben bezeichnet werden – beginnend mit K.

Bilder und Skizzen

Im Unterkapitel „Das Schalenmodell des Atoms“ kommen sowohl im Fließtext als auch am rechten oder linken Seitenrand Bilder bzw. Skizzen vor, die den Inhalt demonstrieren sollen. So wird zuerst die Entstehung des kontinuierlichen Spektrums dargestellt, das durch die Zerlegung des weißen Lichts durch ein Prisma entsteht. Außerdem wird auch die Entstehung von Linienspektren mit einem Bild gezeigt.

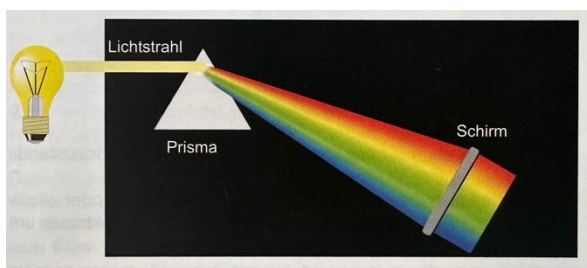


Abbildung 11: Die Entstehung des kontinuierlichen Spektrums

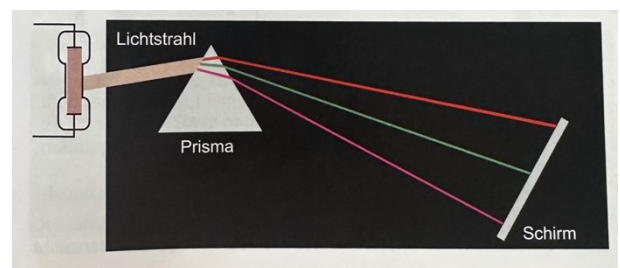


Abbildung 12: Die Entstehung des Linienspektrums

Am rechten Seitenrand werden zuerst zwei Bilder gezeigt. Im linken Bild wird eine grüne Gasflamme gezeigt, die durch Kupfer verursacht wird. Im rechten Bild sieht man die elektrische Entladung im Quecksilberdampf. Beide verursachen ein Linienspektrum:

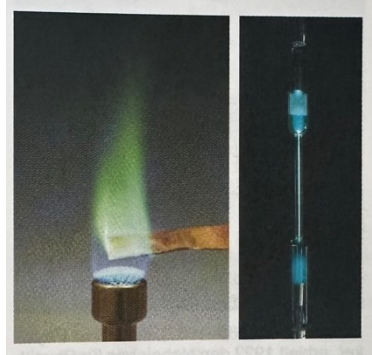


Abbildung 13: Durch Kupfer verursachte grüne Flamme (links) und elektrische Entladung im Quecksilberdampf (rechts)

Weiter unten am rechten Seitenrand wird das Linienspektrum von verschiedenen Elementen gezeigt und verglichen:

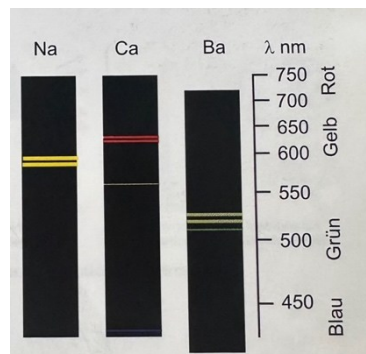


Abbildung 14: Linienspektren von Natrium Na, Calcium Ca und Barium Ba

Auf der nächsten Buchseite wird die Energieabgabe und -aufnahme des Lichts durch ein Atom skizzenhaft dargestellt:

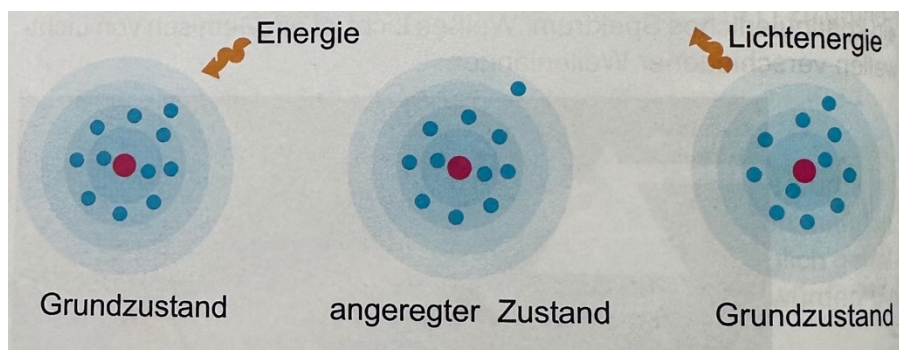


Abbildung 15: Energieabgabe und -aufnahme eines Atoms

Am linken Seitenrand wird ein Bild des Wissenschaftlers Niels Bohr dargestellt und in der Bildüberschrift erwähnt, dass er im Jahr 1922 den Nobelpreis für Physik erhielt.

2.4.1.4 Schulbuch 4: ELMO 1. Elemente von Magyar et al.

Textstellen

Im Schulbuch „ELMO 1. Elemente“ von Roderich Magyar et al. ist das erste Kapitel „Atombau und Periodensystem der Elemente“ (S. 8). Es behandelt den Aufbau des Atoms. Dabei wird als Einführung erwähnt, dass es zum Atom mehrere Vorstellungen gibt, die sich im Laufe der Geschichte entwickelten. So werden die Namen Demokrit, Dalton, Thomson Rutherford, Bohr und Schrödinger grob genannt und eine Skizze dazu dargestellt, die im nächsten Abschnitt „Bilder und Skizzen“ abgebildet wird.

Im ersten Unterkapitel „Der Aufbau der Atome“ wird das Rutherfordsche Atommodell mit dem Namen „Kern-Hülle-Modell“ erläutert. Dabei wird der Streuversuch oberflächlich erklärt und die Schlussfolgerung gezogen, dass ein Atom einen dichten positiven Kern besitzen muss, der fast die gesamte Masse des Atoms ausmacht und dessen Durchmesser im Vergleich zum ganzen Atomdurchmesser sehr klein ist. Er besteht aus Protonen und Neutronen, die zusammen auch Nukleonen genannt werden. Außerdem wird erwähnt, dass sich die Elektronen in einer Hülle aufhalten und sehr große Abstände zueinander haben. Die Hülle soll einen viel größeren Durchmesser haben als der Kern. Um sich das besser vorzustellen, wird erwähnt, dass wenn man sich den Kern erbsengroß vorstellt, dass der ganze Stephansdom in die Hülle hineinpassen würde.

Im Anschluss werden die Eigenschaften der Elementarteilchen genauer erläutert und weitere Begrifflichkeiten wie Ordnungszahl, Massenzahl, Nuklid, Element und Isotope definiert.

So ist zu erkennen, dass das Bohrsche Atommodell mit dem Namen nicht erwähnt und genauer erläutert wird.

Bilder und Skizzen

Als Einführung wird die folgende Skizze zu den Atommodellen dargestellt:

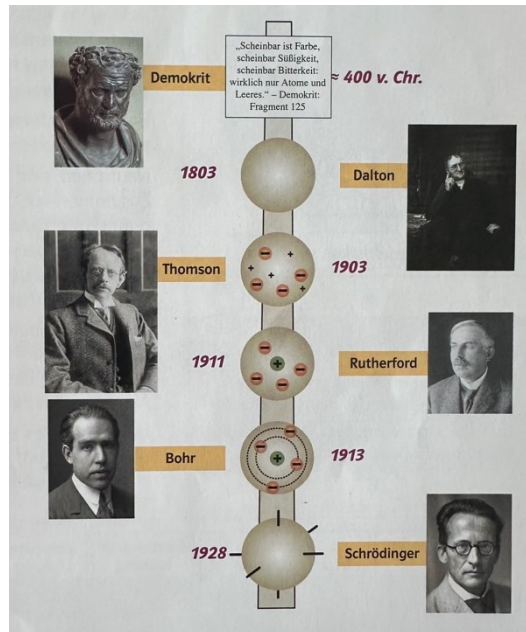


Abbildung 16: Atomvorstellungen von Wissenschaftlern

Das Durchmesserverhältnis zwischen Kern und Hülle wird mit folgendem Bild gezeigt:



Abbildung 17: Verhältnis des Kern-Hülle-Durchmessers

Mit einer Tabelle werden die Eigenschaften von Kern und Hülle abgebildet:

	Kern	Hülle
Durchmesser	10^{-15} bis 10^{-14} m	10^{-10} m
Elementarteilchen	p^+, n	e^-
Masse	fast gesamte Masse	fast masselos $\approx 0,04 \text{ ‰}$

Abbildung 18: Kern- und Hülle-Eigenschaften

2.4.1.5 Schulbuch 5: Von der Chemie von Schmut

Textstellen

In diesem Schulbuch „Von der Chemie“ von Dvorak Schmut werden Atommodelle in zwei großen, nicht hintereinander folgenden Kapiteln beschrieben. Im fünften Kapitel „Atome – Aufbau und Veranschaulichung I“ werden die Vorstellungen zum Atomaufbau von Dalton, Thomson und Rutherford erläutert.

Dabei wird betont, dass all diese Modelle in verschiedenen Bereichen gut genug sein können, um physikalische und chemische Phänomene zu erklären. Außerdem sollen sie nur zur Veranschaulichung für uns Menschen dienen.

Im siebten Kapitel „Atome – Aufbau und Veranschaulichung II“ (S. 38ff) wird das Bohrsche Atommodell mit einem Theorieinput hergeleitet. Dies wird mit dem ersten Unterkapitel „Vom Atom zu. Ion“ gemacht: Die Elektronen kreisen durch die Anziehungskraft des Kerns um ihn. So müssten sie theoretisch mit der Zeit in den Kern stürzen, da sie laut der klassischen Physik durch die Kreisbewegung Energie abgeben müssten. Mit dieser Vorstellung lässt sich somit die Stabilität der Atome nicht erklären, jedoch wird betont, dass dieses Atommodell trotzdem nützlich ist, da dessen Einsatz Erklärungen für einige Experimente liefert.

Weiters wird erklärt, dass jedes Elektron aufgrund des Abstandes zum Atomkern und der Geschwindigkeit eine Energie besitzt. Bei Energiezufuhr kommt es zur Energieaufnahme und

zur Veränderung des Abstandes zum Kern. Elektronen können ab einer bestimmten Energie – die Ionisierungsenergie – das Atom auch komplett verlassen. So wird das anfangs neutrale Atom zum positiv geladenen Ion. Jedes Element hat für seine Elektronen – abhängig vom Abstand zum Atomkern – eine Stufung von Ionisierungsenergien. Sieben solcher Stufen können schweren Elementen zugeordnet werden. Diese Stufen können auch Elektronenschalen genannt und von innen nach außen mit Buchstaben bezeichnet werden – beginnend mit K und endend mit Q. In jede Schale passt nur eine bestimmte Anzahl an Elektronen. So passen in die K-Schale maximal zwei, in die L-Schale acht und in die M-Schale achtzehn Elektronen hinein.

Atome können neben der Elektronenabgabe auch Elektronen aufnehmen und zu negativen Ionen werden. Die Veränderung der Energie dadurch wird Elektronenaffinität E_A bezeichnet. Sie kann bei Elektronenaufnahme von Atomen und positiven Ionen negativ sein. Die freiwerdende Energie nimmt innerhalb der Periode zu. Für die Vollbesetzung der Außenschale müssen in manchen Fällen mehrere Elektronen aufgenommen werden, in diesem Fall ist die Elektroaffinität positiv.

Es wird erwähnt, dass man heutzutage sagt, dass das Elektron an jeder Stelle in der Atomhülle sein könnte. Die Wahrscheinlichkeiten, dass die Elektronen sich an jeweiligen Stellen befinden, sind jedoch unterschiedlich groß. Elektronen, die eine größere Energie besitzen, haben eine größere Entfernung zum Kern als die, die eine geringere Energie besitzen.

Im zweiten Unterkapitel „Die Spektroskopie bringt Licht in den Aufbau der Atomhülle“ wird das Emissions- und Absorptionsspektrum erläutert: Kontinuierliches Spektrum entsteht, wenn weißes Licht durch ein Prisma zerlegt wird. Mit einem Spektroskop lässt sich das als Farbbänder sehen, die nach den Wellenlängen λ der Farben nebeneinander erscheinen. Mit folgender Formel kann jeder Farbe eine bestimmte Energie zugeordnet werden:

$$E = h * f$$

Dabei hat rotes Licht weniger Energie als blaues Licht.

Betrachtet man das Licht, das vom Wasserstoff-Gas in einer Leuchtröhre ausgestrahlt wird, so ist zu erkennen, dass dieses Licht nur bestimmte Wellenlängen aufweist. Es lässt sich ein Linienspektrum beobachten. Dabei nehmen die Wasserstoff-Atome in der Leuchtröhre

Energie auf und geben sie wieder ab. So kann das Linienspektrum auch als Emissionsspektrum bezeichnet werden, wobei das lateinische Wort „emittere“ aussenden bedeutet. Wenn elektromagnetische Strahlung durch einen Stoff hindurchgeht, kann er sie absorbieren. Wenn die durchgegangene Strahlung detektiert wird, erhält man das sogenannte Absorptionsspektrum. Das Emissions- und Absorptionsspektrum eines Stoffes sind komplementär zueinander: Das Absorptionsspektrum eines Stoffes zeigt genau dort schwarze Stellen, die beim Emissionsspektrum als farbige Linien zu sehen sind.

Bei jedem Element lässt sich ein bestimmtes Linienspektrum beobachten. Die Sonne besitzt ein Emissionsspektrum, auf dem schwarze Linien zu sehen sind. Diese Linien werden Fraunhofersche Linien bezeichnet und entstehen, wenn die Sonnenstrahlung durch die Gashölle hindurchgeht, die die Sonne umhüllt. Somit wurde das davor unbekannte Element Helium entdeckt.

Die verschiedenen Energiezustände der Atome sind durch die bestimmten Wellenlängen der Linienspektren zu erkennen. Durch sie und die Stufung der Ionisierungsenergien kann die Atomhölle mit dem Energiestufungsmodell beschrieben werden.

Nach diesem Theorieinput wird mit einer kleinen Unterüberschrift das Bohrsche Atommodell eingeführt. So werden die Linienspektren als Basis genommen und gesagt, dass sie mit dem sogenannten „Bohrschen Schalenmodell“ erklärt werden können. So können Elektronen nur in bestimmten Schalen sein. Wenn Energie zugeführt wird, wird das Elektron auf eine höhere Schale gebracht. Der Zustand vor der Energiezufuhr wird Grundzustand, nach der Energiezufuhr angeregter Zustand genannt.

Nachdem das Elektron auf eine höhere Schale gebracht wird, fällt es nach sehr kurzer Zeit wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurück. Währenddessen wird Energie in Form von Licht in einer bestimmten Wellenlänge abgegeben. Diese Energie ist die Differenz der Energiewerte der beiden Schalen. Daraus lässt sich ableiten, dass Energie nur in bestimmten Energiepaketen oder Energiequanten aufgenommen oder abgegeben werden kann. So können sich die Elektronen nicht zwischen den Schalen aufhalten.

Im darauffolgenden Unterkapitel „Quantenzahlen“ wird erklärt, dass die Energiezustände der Elektronen durch Quantenzahlen beschrieben werden können. So gibt die Hauptquantenzahl n die jeweilige Energiestufe von K bis Q an. Dabei kann die Hauptquantenzahl nur natürliche

Zahlen beginnend mit eins annehmen. In jede Energiestufe passt höchstens nur eine bestimmte Anzahl an Elektronen, die mit $2 \cdot n^2$ ausgerechnet werden kann.

Bilder und Skizzen

Im siebten Kapitel des Buches „Atome – Aufbau und Veranschaulichung II“ wird, bevor das Bohrsche Atommodell eingeführt wird, folgende graphische Darstellungen präsentiert:

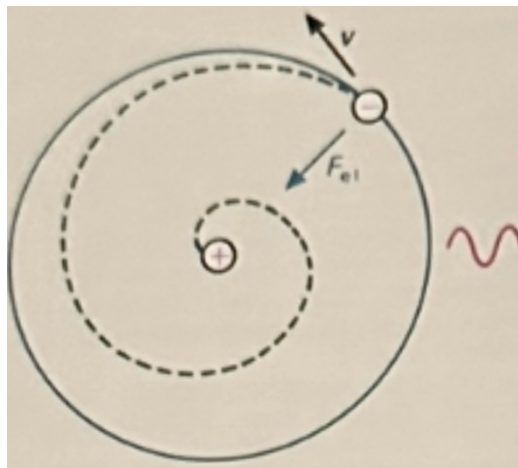


Abbildung 19: Elektron stürzt in den Kern

Wie bereits erwähnt wird mit dieser Abbildung gezeigt, dass die Vorstellung vor dem Bohrschen Atommodell nicht ausreichend ist, da das Elektron nach ihr in den Kern stürzen müsste.

Mit den folgenden zwei Abbildungen wird die Bildung von Ionen und die Atom- und Ionenradien in pm dargestellt:

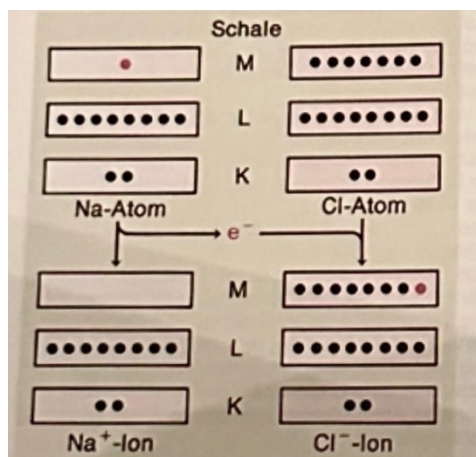


Abbildung 20: Entstehung von Ionen

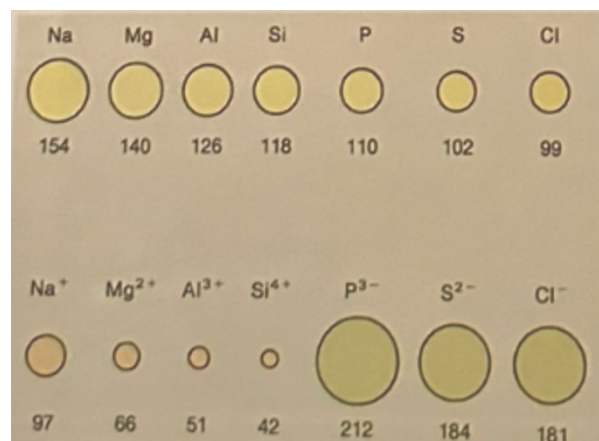


Abbildung 21: Atom- und Ionenradien in nm

Die nächste Abbildung zeigt die Ionisierungsenergien von außen nach innen jedes einzelnen Elektrons der ersten elf Elemente im Periodensystem:

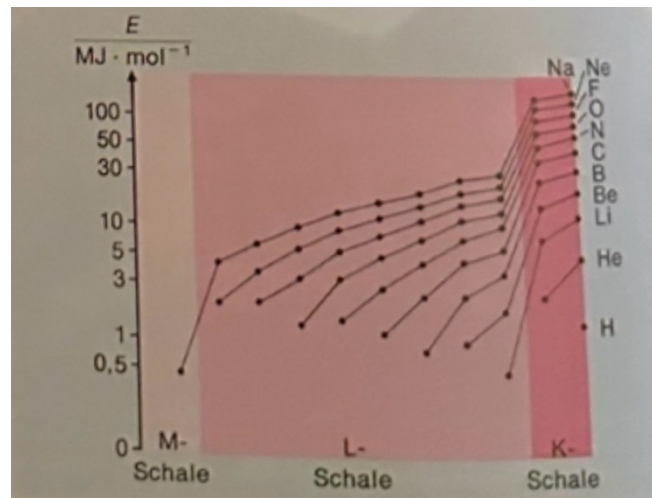


Abbildung 22: Ionisierungsenergien der ersten elf Elemente

Da das Bohrsche Atommodell basierend auf Linienspektren eingeführt wird, wird ein kontinuierliches Spektrum des weißen Lichts, das Linienspektrum von Wasserstoff und die Elektronenübergänge im Wasserstoff-Atom (Lyman-Serie, Balmer-Serie und Paschen-Serie) mit den folgenden Abbildungen dargestellt:

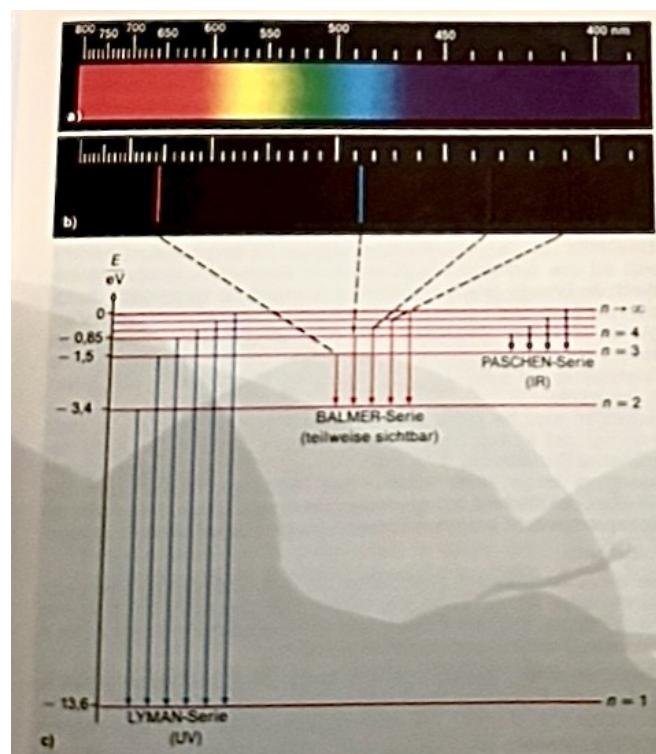


Abbildung 23: Spektrum des Lichtes, Linienspektrum von H, Serien

Das Unterkapitel „Quantenzahlen“ wird mit folgenden Abbildungen unterstützt:

n	l	m	s	N
1	0	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	$1 \cdot 2 = 2$
2	0	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	$1 \cdot 2$
	1	-1, 0, 1	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	$3 \cdot 2$
8				
3	0	0	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	$1 \cdot 2$
	1	-1, 0, 1	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	$3 \cdot 2$
	2	-2, -1, 0, 1, 2	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	$5 \cdot 2$
18				

Abbildung 24: Quantenzahlen

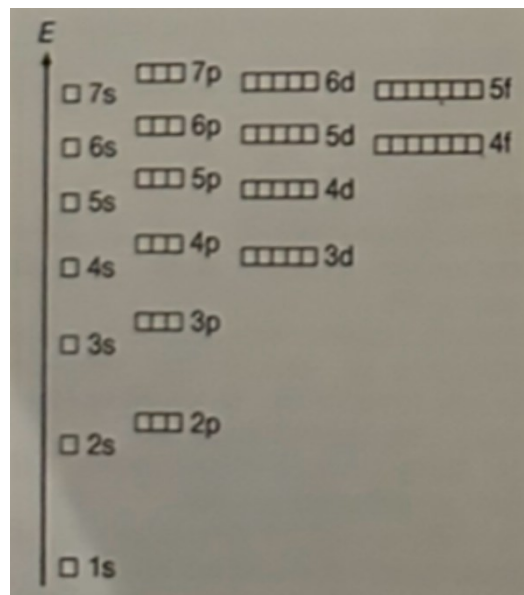


Abbildung 25: Abstufung der Orbitalenergien

2.4.2 Methodisches Vorgehen der Analyse

Es wurden fünf Schulbücher verschiedener Verlage herangezogen, die im Chemieunterricht eingesetzt werden können. Untersucht wurde jeweils das Kapitel zu den Atommodellen mit besonderem Fokus auf das Bohrsche Atommodell. Zuerst wurden alle relevanten Textstellen, dann die dazugehörigen Abbildungen systematisch beschrieben.

Die Darstellung der in den Schulbüchern vorkommenden Text- und Bildmaterialien erfolgte ohne inhaltliche Bewertung oder Interpretation. Ziel war es, das in den Schulbüchern vorkommende Material vollständig zu dokumentieren, um im Anschluss eine Übersicht über die vorkommenden Repräsentationsformen zu ermöglichen.

2.4.3 Arten von Repräsentationsformen in den Schulbüchern

Wie bereits im Unterkapitel 2.3 „Arten von Repräsentationsformen“ beschrieben, gibt es folgende Arten der Darstellung in naturwissenschaftlichen Fächern:

- Text
- Bild, darunter realistisch (Fotos, Zeichnungen, Skizzen), logisch (Diagramme) und Schemadarstellung (Kombination von ikonischen, symbolischen und texthaltigen Komponenten)
- Multiple externe Repräsentationsformen (MER), darunter die Kombinationen Text-Text, Bild-Bild oder Text-Bild

In diesem Unterkapitel wird beschrieben, welche dieser Arten in den in dieser Arbeit analysierten Schulbüchern vorkommen.

Es ist zu sehen, dass alle Werke die Repräsentationsform Text verwenden. Chemische Vorgänge und Zusammenhänge werden in der Regel zuerst verbal erklärt, um grundlegende Konzepte zugänglich und verständlich zu machen und fachliche Präzision zu erreichen. Diese Texte können somit als die Basis der Repräsentation chemischer Sachverhalte verstanden werden und führen die Inhalte ein bzw. vertiefen diese.

Ergänzend zu den Texten setzen alle Werke in großem Ausmaß bildhafte Darstellungsformen ein. Es sind sowohl realistische Bilder – wie z.B. die charakteristischen Flammenfärbungen von verschiedenen Metallsalzen in der Gasflamme (siehe Abb. 4) und die grüne Flamme, die durch Kupfer verursacht wird (siehe Abb. 13) – als auch logische Bilder – wie z.B. das kontinuierliche Spektrum der Sonne und das Linienspektrum des Wasserstoffs (siehe Abb. 5), die Tabelle mit den Kern- und Hülle-Eigenschaften (siehe Abb. 18) oder das Diagramm mit den Ionisierungsenergien der ersten elf Elemente (siehe Abb. 22) – zu sehen.

Auch Schemadarstellungen sind in den Schulbüchern zu finden, wie beispielsweise das kontinuierliche Spektrum, das durch ein Prisma geleitetes weißes Licht verursacht wird (siehe Abb. 2), die Lichtemission mit dem Bohrschen Atommodell (siehe Abb. 6 und Abb. 15), der Atomaufbau von Wasserstoff, Helium und Lithium mit dem Bohrschen Atommodell (siehe Abb. 7), das Verhältnis des Kern-Hülle-Durchmessers mit dem Stephansdom (siehe Abb. 17) oder der hypothetische Absturz des Elektrons in den Kern (siehe Abb. 19).

Realistische Bilder dienen der Anschaulichkeit und helfen bei der Visualisierung der chemischen Vorgänge wie die Experimente zur Flammenfärbung (Abb. 4). Auch wenn der Versuch nicht im Unterricht durchgeführt wird, können sich Schüler*innen mit dem Bild die Ergebnisse vorstellen. Logische Bilder machen Zusammenhänge klar, wie beispielsweise das kontinuierliche Spektrum der Sonne, bei dem neben den Linienspektren die dazugehörigen Wellenlängen abgebildet sind (Abb. 5) oder die Linienspektren von Natrium, Calcium und Barium, wo ebenso zusätzlich die Wellenlängen zu sehen sind (Abb. 14). Die Schemadarstellungen verknüpfen wie bereits erwähnt reale Objekte mit einigen passenden Symbolen, um Lernende beim Vorstellen der Phänomene zu unterstützen. So werden reale Objekte wie beispielsweise der Stephansdom und eine Erbse herangezogen, um den Größenunterschied zwischen dem ganzen Atom und dem Atomkern deutlich zu machen.

Alle drei Bildtypen erfüllen somit unterschiedliche Funktionen im Lernprozess und unterstützen die rein textbasierenden Repräsentationen.

Besonders auffällig ist, dass in allen fünf untersuchten Schulbüchern multiple externe Repräsentationsformen vorkommen und am häufigsten auftreten. Vor allem die Kombination Text-Bild lässt sich oft beobachten. Diese Form der Verknüpfung dient dazu, komplizierte Inhalte zugänglich zu machen, indem verschiedene kognitive Zugänge berücksichtigt werden. Dass sie so häufig verwendet werden, zeigt, dass die Absicht hinter den Schulbüchern die ist, dass man Schüler*innen beim Übergang zwischen unterschiedlichen Darstellungsebenen unterstützt.

Auch die Kombination Bild-Bild ist zu beobachten, wie beispielsweise bei der Abb. 3, in der der skizzenhafte Aufbau eines Versuchs zur Bestimmung des Linienspektrums von Wasserstoff dargestellt wird, unterstützt vom Endergebnis – das Linienspektrum. Auch in der Abb. 6, mit der die Lichtemission im Bohrschen Atommodell demonstriert wird, wird mit einer weiteren Abbildung unterstützt (Abb. 7), mit der der Atomaufbau von Wasserstoff, Helium und Lithium nach Bohr dargestellt wird.

Insgesamt kann aus der Analyse der Schulbücher abgeleitet werden, dass sie ein breites Spektrum an Darstellungsformen nutzen, wobei die Repräsentation „Text“ die Basis darstellt und durch vielfältige graphische Darstellungen unterstützt wird. Das hohe Ausmaß an Einsatz

von MER betont die Bedeutung des Zusammenspiels verschiedener Repräsentationsformen für den Lernprozess im Chemieunterricht.

3 Empirischer Teil

3.1 Methode und Ziel der Untersuchung

Das Ziel der empirischen Untersuchung ist, einen Einblick zu gewinnen, wie Lernende mit unterschiedlichen Darstellungsformen von Modellen im Chemieunterricht umgehen, wie sie diese bewerten und welche sie zum Verstehen bevorzugen. Wie bereits in vorherigen Kapiteln erwähnt, spielen Repräsentationsformen von Modellen in naturwissenschaftlichen Fächern eine enorm wichtige Rolle, da sie schwer zugängliche und komplizierte Lerninhalte veranschaulichen und dafür sorgen, dass komplexere Inhalte besser verstanden werden. Vor allem in der Schule ist es enorm wichtig, wie Lernende Darstellungsformen wahrnehmen und einsetzen, da dieses zum Lernerfolg führen kann.

Die vorliegende Untersuchung sollte Aufschluss darüber geben, welche verschiedenen Modellarten Schüler*innen nützlich finden und für die zum Verständnis von chemischen Unterrichtsinhalten beitragen. Außerdem wird untersucht, welche Präferenzen sich bezogen auf deren Einsatz zeigen.

Im Folgenden werden Informationen zur Stichprobe genannt: An der Befragung nahmen 51 Schüler*innen teil, die sich zum Zeitpunkt der Untersuchung im zweiten Semester der 7. Schulstufe einer AHS befanden. Die Geschlechterverteilung war nicht geplant ungleich verteilt. So nahmen laut individueller Angaben der Lernenden 41 weibliche, neun männliche und eine diverse Personen an der Befragung teil.

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit dieser empirischen Untersuchung konkret mehrere Aspekte untersucht wurden. Darunter fallen die Art, wie Schüler*innen Modelle wahrnehmen und bewerten, welche Darstellungsformen sie bevorzugen und wie verständlich und nützlich sie diese einschätzen.

Die erhobenen Daten werden dann im Anschluss analysiert und diskutiert, indem die Bedeutung der unterschiedlichen Darstellungsformen im Lernprozess gezeigt wird.

Es liegt mit 51 Teilnehmenden eine kleine Stichprobe vor. Trotzdem ermöglichen die Ergebnisse der Befragung einen wertvollen Einblick in die Wahrnehmung verschiedener Darstellungsformen. Die Ergebnisse können aber aufgrund der kleinen

Teilnehmer*innenanzahl trotzdem nicht ohne Weiteres verallgemeinert werden, sie leisten jedoch einen wichtigen Beitrag zur fachdidaktischen Forschung, da sie die Präferenzen der Lernenden sichtbar machen und bereits ermittelte Annahmen aus der Literatur stützen oder hinterfragen.

3.2 Organisatorischer Rahmen der Untersuchung

Die empirische Untersuchung wurde im zweiten, somit im Sommersemester des Schuljahres durchgeführt, da im ersten Semester dieser Schulstufe zentrale Themen wie „Atommodelle“, „chemische Bindungen“ oder „Molekülstrukturen“ unterrichtet werden, die mit einer Vielfalt von Modellen und Darstellungsformen erklärt werden. So wurde davon ausgegangen, dass Schüler*innen während der Teilnahme an der Befragung bereits das nötige Wissen besitzen, welche Modelle und Repräsentationen existieren. So können sie entscheiden, welche Modelle sie nützlich finden und welche für sie zum Verständnis beitragen. Sie können sich somit kritisch zu deren Nutzen und Verständlichkeit äußern.

In der AHS, in der die Umfrage durchgeführt wurde, werden die siebten Klassen nicht klassenweise, sondern zweigweise im Fach Chemie unterrichtet. Das heißt, dass die Schüler*innen für den Chemieunterricht in kleine Gruppen aufgeteilt werden und den Unterricht nicht zusammen mit den Klassenkamerad*innen besuchen, sondern nur mit denen, die denselben Zweig als schulischen Schwerpunkt gewählt haben. So kann gesagt werden, dass die Gruppen im Chemieunterricht innerhalb einer Jahrgangsstufe heterogen zusammengesetzt sind, die aus Schüler*innen aus verschiedenen Klassen bestehen.

Es existieren in der untersuchten Schule drei verschiedene Zweige, die sich in Wochenstunden und inhaltlichem Ausmaß an Chemie unterscheiden: Es gibt den Realgymnasium-Zweig, mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt, in dem Chemie sowohl in der siebten als auch in der achten Klasse mit drei Wochenstunden unterrichtet wird. Dann gibt es den Gymnasium-Zweig mit sprachlichem Schwerpunkt, in dem Chemie sowohl in der siebten als auch in der achten Klasse mit zwei Wochenstunden unterrichtet wird. Der dritte Zweig ist der ACG-Zweig (Angewandte, computergestützte Geometrie), in dem Chemie in der siebten Klasse mit drei Wochenstunden und in der achten Klasse mit zwei Wochenstunden unterrichtet wird.

Diese Unterschiede können dazu führen, dass Lernende je nach Zweig in unterschiedlichen Häufigkeiten mit chemischen Inhalten und den dazugehörigen Modellen bzw. Repräsentationsformen arbeiten. Das könnte als ein potenzieller Einflussfaktor gesehen werden, der die Einschätzungen und Präferenzen der Schüler*innen im Umgang mit Darstellungsformen beeinflussen könnte.

In der Oberstufe wird Chemie von zwei Lehrpersonen unterrichtet, wodurch die beteiligten Gruppen nicht alle dieselbe Lehrperson haben. Dies könnte ebenso einen Einfluss auf die Einschätzung und Präferenzen der Lernenden im Umgang mit Repräsentationsformen haben, wenn sie beispielsweise in unterschiedlichem Ausmaß mit Modellen und Darstellungen gearbeitet haben.

Die Durchführung der Befragung erfolgte online mittels eines davor erstellten Fragebogens, der ebenso in den nächsten Unterkapiteln analysiert und beschrieben wird. Der Fragebogen wurde während des Chemieunterrichts über einen Link zur Verfügung gestellt. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und anonym und es nahmen alle anwesenden Schüler*innen teil. Sie bearbeiteten die Befragung auf ihren eigenen Smartphones, was eine unkomplizierte und schnelle Durchführung ermöglichte. Je nach Klasse fand die empirische Untersuchung an unterschiedlichen Tagen statt, jedoch immer im regulären Chemieunterricht. Die Lehrkräfte stellten sicher, dass alle Lernenden einzeln arbeiten und dass es zu keinem Informationsaustausch kam. Für die Bearbeitungszeit wurden 15 Minuten festgelegt und alle Teilnehmenden wurden bis spätestens 20 Minuten nach dem Start mit der Bearbeitung fertig.

3.3 Erhebungsinstrumente – Befragung

Zur Erhebung der notwendigen Daten wurde ein Online-Fragebogen mit Google-Formular erstellt, der sowohl quantitativ als auch qualitativ Informationen zur jeweiligen Thematik erfassen soll. Ziel der Befragung war – wie bereits im Unterkapitel 3.1 Methode und Ziel der Untersuchung genauer beschrieben – Einstellungen, Erfahrungen und Einschätzungen der befragten Personen zu im Unterricht eingesetzten Repräsentationsformen systematisch zu

erfassen. Der Fragebogen wird in diesem Unterkapitel analysiert und beschrieben, er selbst kommt im Anhang vor und kann nachgeschlagen werden.

Der Fragebogen umfasste insgesamt 29 Fragen, der in sieben Bereiche gegliedert werden kann: Im ersten Bereich ging es um allgemeine persönliche Fragen wie das Geschlecht, Notendurchschnitt vom letzten Zeugnis von Schularbeitsfächern Deutsch, Englisch und Mathematik und das Interesse an Chemie. Im zweiten Bereich wurden Fragen zum Grundverständnis und Definition des Modellbegriffs gestellt. Im dritten Teil wurden Erfahrungen mit verschiedenen Modelltypen und im vierten Teil die Einsatzhäufigkeit und allgemeine Bewertung von Modellen im Chemieunterricht erfasst. Im fünften Bereich ging es um die Einstellung und Verständnisprobleme im Umgang mit Modellen. In den letzten beiden Teilen wurden Fragen zur Bewertung spezifischer Modelle wie das Bohrsche Atommodell und Bindungsmodelle und bevorzugte Modelle zur Erklärung von bestimmten chemischen Konzepten gestellt.

Im Befragungsbogen kommen mehrere Fragetypen zum Einsatz, die sich sowohl für einfache Beschreibungen der Ergebnisse als auch für genauere statistische Auswertungen eignen. So kommen Single-Choice-Fragen vor, bei denen Befragte nur eine Antwort ankreuzen können. Darunter fallen Fragen wie Geschlecht oder bevorzugtes Modell zum Erklären einer Bindungsart hinein. Es gibt 24 Fragen mit diesem Fragetyp, die sich zur Häufigkeitsanalyse eignen.

Neben den Single-Choice-Fragen kommen Multiple-Choice-Fragen vor, bei denen Mehrfachnennungen als Antwort möglich sind. So kommt dieser Fragetyp beispielsweise bei der Definition des Modellbegriffs und bei den Modellen, die im Unterricht eingesetzt wurden, vor. Es gibt insgesamt 4 Fragen mit diesem Fragetyp. Sie erlauben differenzierte Angaben über persönliche Erfahrungen und Wissensstände.

Außerdem gibt es Skalenfragen, die in zwei unterschiedlichen Formaten vorkommen: Die vierstufige Likert-Skala (1 = trifft voll zu, 4 = trifft gar nicht zu) und die numerische Skala von 0 bis 10. Die erstere wurde zur Erfassung von Einstellungen und Einschätzungen eingesetzt, die zweite bei der Messung des Interesses an Chemie. Beide Skalen kommen bei den Single-Choice-Fragen vor. Bei der Likert-Skala wurde eine mittlere neutrale Antwortoption

vermieden und somit klare Tendenzen in den Antworten erfasst. Die Skalenfragen bilden den Kern der quantitativen und qualitativen Auswertung.

Der vierte und letzte Fragetyp, der in der Befragung vorkommt, ist die offene Frage. Sie kommt einmal vor und ermittelt den Notendurchschnitt in den drei Schularbeitsfächern Deutsch, Englisch und Mathematik im letzten Zeugnis.

Die Fragen wurden schülergerecht, klar und konkret formuliert, um Unklarheiten zu vermeiden. Manche Fragen erhalten außerdem kurze Erläuterungen oder Beispiele, wie beispielsweise bei den Modelltypen: Unter der Fragestellung wurde eine kurze Anmerkung hinzugefügt und genannt, wie zum Beispiel „Als Beispiel wird zu jedem Modell die passende Darstellungsform von Wasser abgebildet“.

Zu den Antwortmöglichkeiten gibt es auch oft passende graphische Abbildungen. Bei der Frage „Diese Modelle wurden mir im Chemieunterricht vorgestellt“ werden beispielsweise die zur Option stehenden Modelle zusätzlich mit Bildern dargestellt, damit Lernende wissen, welches konkrete Modell gemeint ist, falls sie sich allein mit dessen Namen nicht daran erinnern können.

Außerdem sind die Antwortmöglichkeiten sprachlich einheitlich strukturiert: Sie kommen in der Ich-Form und im Präsens vor, wie zum Beispiel „Ich verstehe die im Chemieunterricht vorkommenden Modelle sofort“. Die Antwortmöglichkeiten sind außerdem so gestaltet, dass sie eindeutige Gegensätze bilden (trifft voll zu – trifft gar nicht zu). So kann eine eindeutige Bewertung gewährleistet werden. Außerdem gibt es eine inhaltliche Harmonie, da viele Fragen ähnliche Aspekte wie Verständlichkeit oder Nützlichkeit thematisieren.

3.4 Ergebnisse

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der empirischen Befragung präsentiert. Diese werden deskriptiv in Form von Diagrammen und Tabellen dargestellt, um einen Überblick über die zentralen Ermittlungen zu ermöglichen. Eine inhaltliche Interpretation der Ergebnisse erfolgt erst im nächsten Kapitel 4 „Interpretation der Ergebnisse“, in dem die hier dargestellten Diagramme hinsichtlich der Forschungsfragen und theoretischen Grundlagen analysiert und diskutiert werden.

Wie bereits erwähnt nahmen 51 Proband*innen an der Befragung teil, darunter 41 weibliche (80,4%), neun männliche (17,6%) und eine diversgeschlechtliche Person (2%).

Neun von 51 Lernenden gaben an, im vergangenen Schuljahr in den Fächern Deutsch, Englisch und Mathematik einen Notendurchschnitt von etwa 1 erzielt zu haben (17,7%). Zwölf Proband*innen gaben an, dass sie einen Durchschnitt von etwa 2 erreicht haben (23,5%), während 23 Lernende einen Wert von 3 angaben (45,1%). 6 Personen erreichten einen Notendurchschnitt von etwa 4 (11,8%) und eine Person machte hierzu keine Angabe (0,02%). Somit stellt die Note 3 mit dem Prozentanteil 45,1% den am häufigsten genannten Notendurchschnitt dar.

Das folgende Diagramm (Abb. 26) zeigt das Interesse der Befragten an Chemie:

Auf einer Skala von 0-10: Mein Interesse an Chemie

51 Antworten

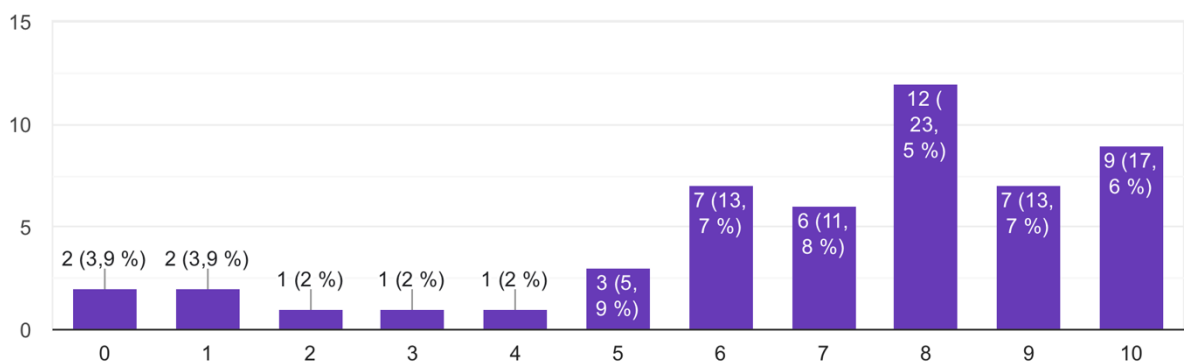


Abbildung 26: Interesse an Chemie unter den Befragten

Auf einer Skala von null bis zehn sollten die Proband*innen angeben, wie interessant sie Chemie finden, wobei die Optionen null für kein Interesse bis zehn für starkes Interesse zu ankreuzen waren. Aus Abb. 26 ist ersichtlich, dass 41 Personen (80,3%) die Optionen sechs bis zehn gewählt haben und angaben, großes Interesse an Chemie zu haben.

Die gewählten Antworten der vierten Frage „Wie würdest du den Begriff *Modell* definieren?“, bei der Schüler*innen mehrere Optionen gleichzeitig ankreuzen konnten, werden mit der folgenden Abbildung (Abb. 27) dargestellt:

Wie würdest du den Begriff "Modell" definieren?

51 Antworten

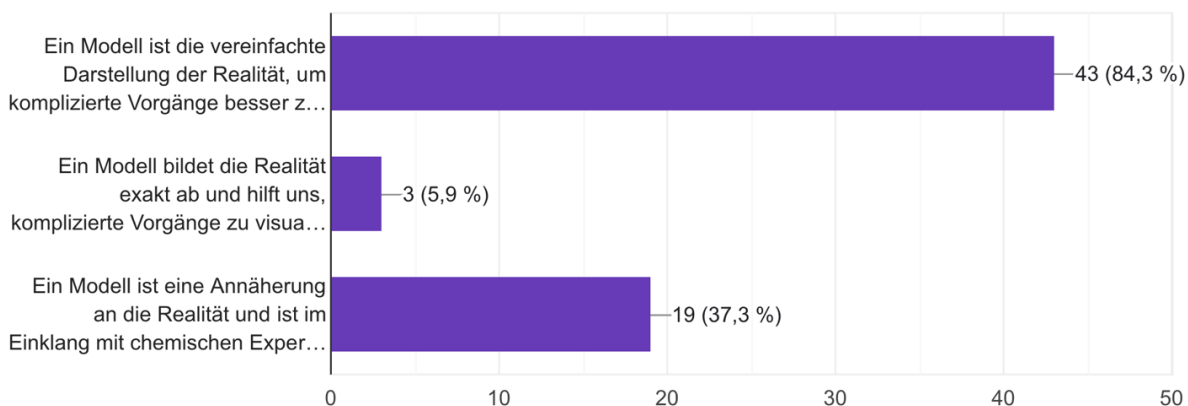


Abbildung 27: Auswahl der Antworten für Frage 4

Es ist ersichtlich, dass die Option „Ein Modell ist die vereinfachte Darstellung der Realität, um komplizierte Vorgänge besser zu verstehen.“ mit 43 Schüler*innen (84,3%) die am meisten gewählte Antwort ist, gefolgt von der Option „Ein Modell ist eine Annäherung an die Realität und ist im Einklang mit chemischen Experimenten bzw. Beobachtungen.“ mit 19 Schüler*innen (37,3%).

Im folgenden Balkendiagramm (Abb. 28) werden die angekreuzten Antworten zur Frage 5 dargestellt, bei der Schüler*innen mehrere Optionen wählen konnten:

Diese Modelle wurden mir im Chemieunterricht vorgestellt:

51 Antworten

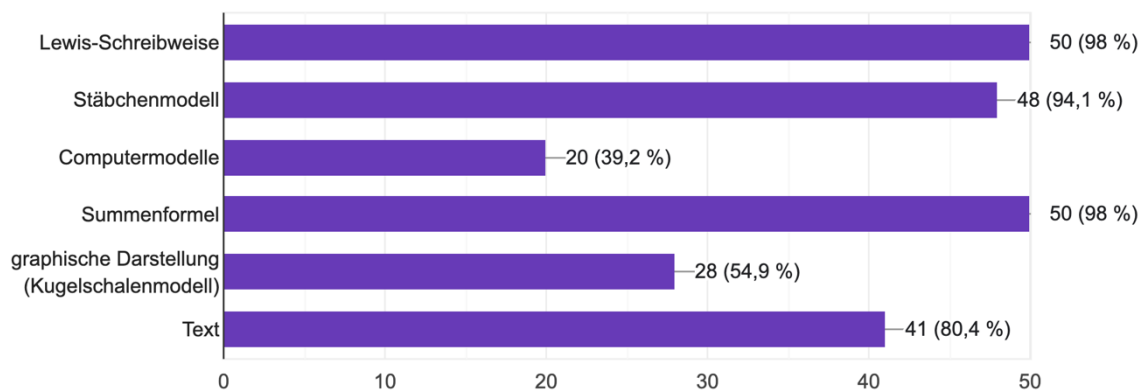


Abbildung 28: Angekreuzte Antworten der Frage 5

Zu erkennen ist, dass 50 von 51 Befragten (98%) die Optionen „Lewis-Schreibweise“ und „Summenformel“ ankreuzten. 48 Personen (94,1%) wählten zusätzlich die Antwort „Stäbchenmodell“ und 41 (80,4%) die Option „Text“. „Graphische Darstellung (Kugelschalenmodell)“ wurde von 28 Schüler*innen (54,9%) gewählt und „Computermodele“ von 20 Lernenden (39,2%).

Die nächste Abbildung (Abb. 29) zeigt die angekreuzten Antworten zur Frage 6, bei der es wieder möglich war, mehrere Optionen gleichzeitig zu wählen:

Diese Modelle haben mir beim Verständnis sehr geholfen.

51 Antworten

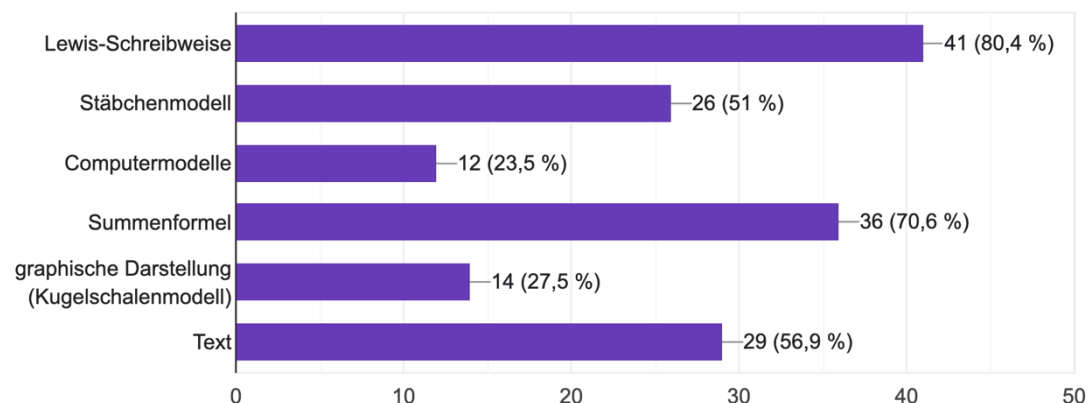


Abbildung 29: Angekreuzte Antworten der Frage 6

41 Personen (80,4%) kreuzten die Option „Lewis-Schreibweise“ an. 36 Befragte (70,6%) wählten außerdem die Antwort „Summenformel“. Das Modell „Text“ wurde von 29 Schüler*innen (56,9%) und „Stäbchenmodell“ von 26 (51%) gewählt. Die Option „graphische Darstellungen (Kugelschalenmodell)“ wurde von 14 Befragten (27,5%) und „Computermodele“ von 12 Befragten (23,5%) angekreuzt.

Das folgende Kreisdiagramm (Abb. 30) veranschaulicht die Antworten der Proband*innen zur Frage 7:

Im Chemieunterricht werden Modelle mit dieser Häufigkeit eingesetzt:

51 Antworten

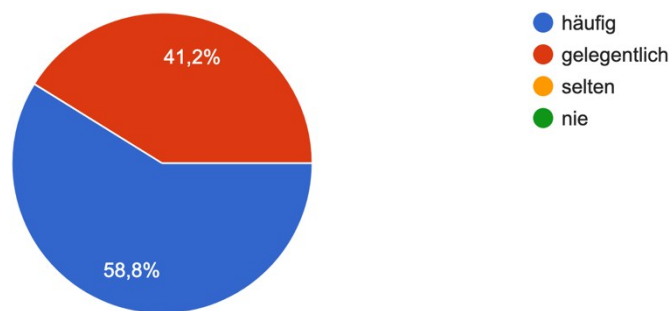


Abbildung 30: Angekreuzte Antworten der Frage 7

58,8% der Befragten gaben an, dass Modelle häufig im Chemieunterricht eingesetzt wurden, während 41,2% angaben, dass sie gelegentlich verwendet wurden. Die Optionen „selten“ und „nie“ wurden von keiner Person gewählt.

Die Fragen 8 bis 25 haben die Antwortmöglichkeiten 1 (trifft voll zu) bis 4 (trifft gar nicht zu). Die angekreuzten Antworten werden im Folgenden mit Säulendiagrammen dargestellt.

Befragte wählten bei Frage 8 mit „Ein Modell hat die Aufgabe, die Wirklichkeit abzubilden.“ folgende Optionen:

Ein Modell hat die Aufgabe, die Wirklichkeit abzubilden.

51 Antworten

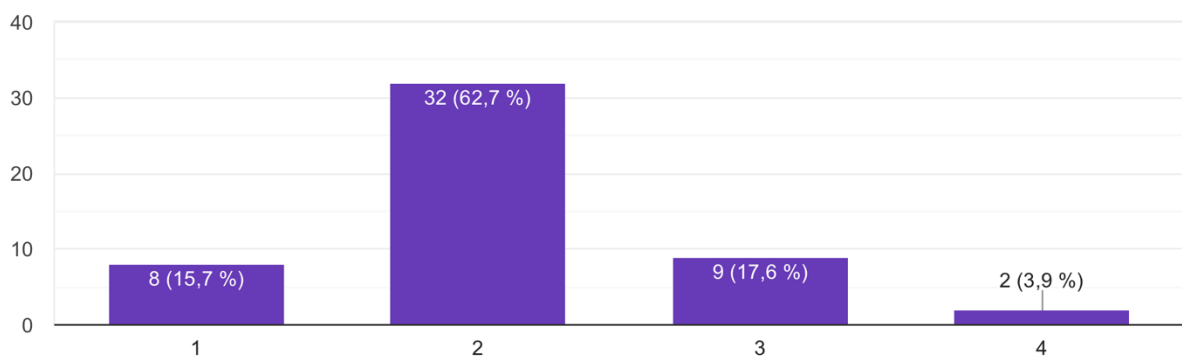


Abbildung 31: Angekreuzte Antworten der Frage 8

Acht Schüler*innen (15,7%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 32 Personen (62,7%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 9 (17,6%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 2 (3,9%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Schüler*innen wählten bei Frage 9 mit „Modelle helfen mir, chemische Vorgänge besser zu verstehen.“ folgende Optionen:

Modelle helfen mir, chemische Vorgänge besser zu verstehen.

51 Antworten

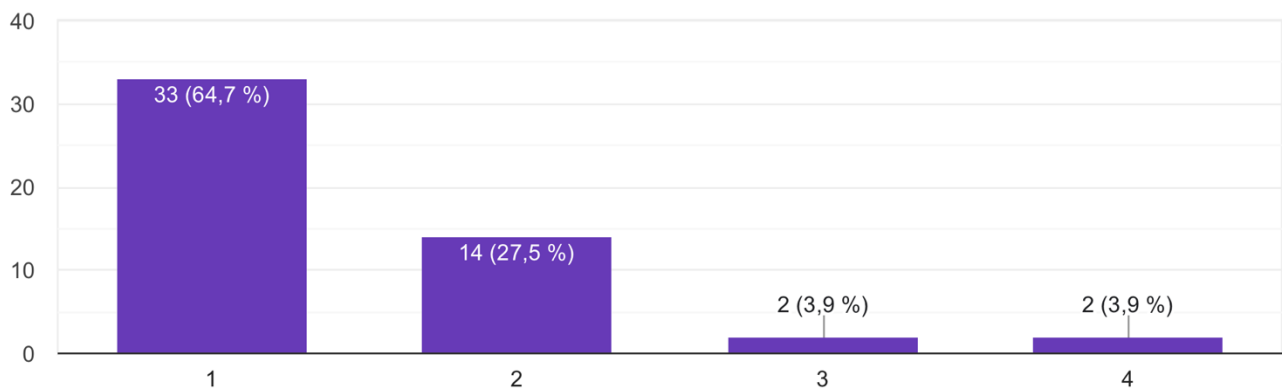


Abbildung 32: Angekreute Antworten der Frage 9

33 Proband*innen (64,7%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 14 Personen (27,5%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 2 (3,9%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 2 (3,9%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Schüler*innen kreuzten bei Frage 10 mit „Das Arbeiten mit Modellen macht den Chemieunterricht verständlicher.“ folgende Optionen an:

Das Arbeiten mit Modellen macht den Chemieunterricht verständlicher.

51 Antworten

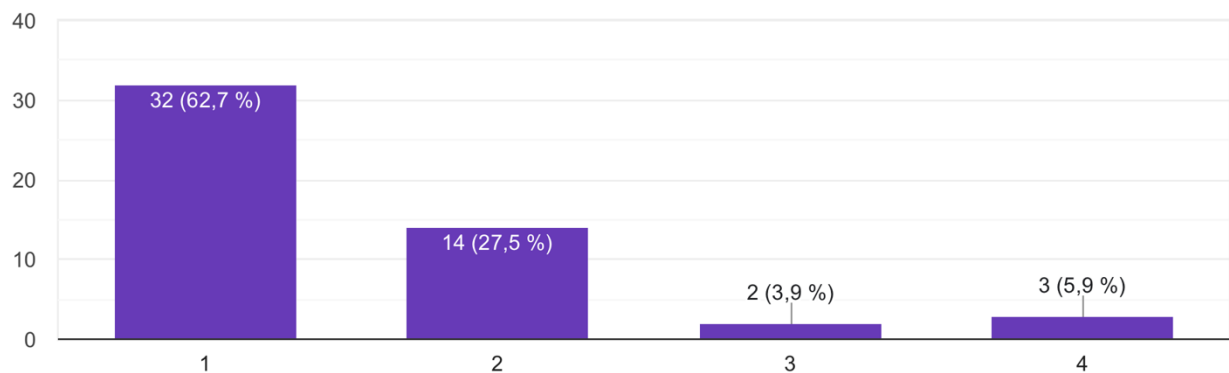


Abbildung 33: Angekreuzte Antworten der Frage 10

32 Schüler*innen (62,7%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 14 Personen (27,5%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 2 (3,9%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 3 (5,9%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Befragte Personen kreuzten bei Frage 11 mit „Ich verstehe die im Chemieunterricht vorkommenden Modelle sofort.“ folgende Optionen an:

Ich verstehe die im Chemieunterricht vorkommenden Modelle sofort.

51 Antworten

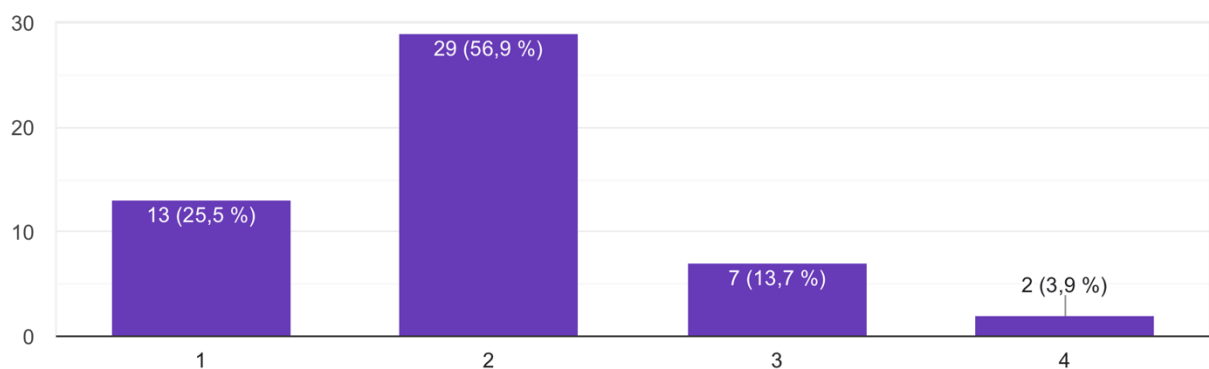


Abbildung 34: Angekreuzte Antworten der Frage 11

13 Schüler*innen (25,5%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 29 Personen (56,9%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 7 (13,7%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 2 (3,9%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Schüler*innen wählten bei Frage 12 mit „Modelle in der Chemie führen zu Unsicherheiten.“ folgende Antworten:

Modelle in der Chemie führen zu Unsicherheiten

51 Antworten

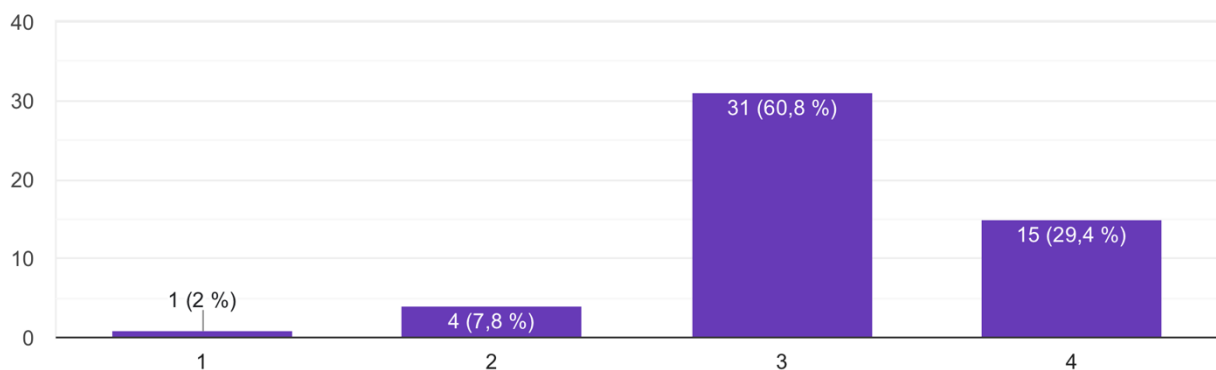


Abbildung 35: Angekreuzte Antworten der Frage 12

1 Schüler*in (2%) wählte die Antwort 1 (trifft voll zu), 4 Personen (7,8%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 31 (60,8%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 15 Schüler*innen (29,4%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Das folgende Säulendiagramm (Abb. 36) zeigt die gewählten Optionen zur Frage 13 „Ich würde es besser finden, wenn anstelle von Modellen im Chemieunterricht die konkreten Beobachtungen im Vordergrund stünden.“:

Ich würde es besser finden, wenn anstelle von Modellen im Chemieunterricht die konkreten Beobachtungen im Vordergrund stünden.

51 Antworten

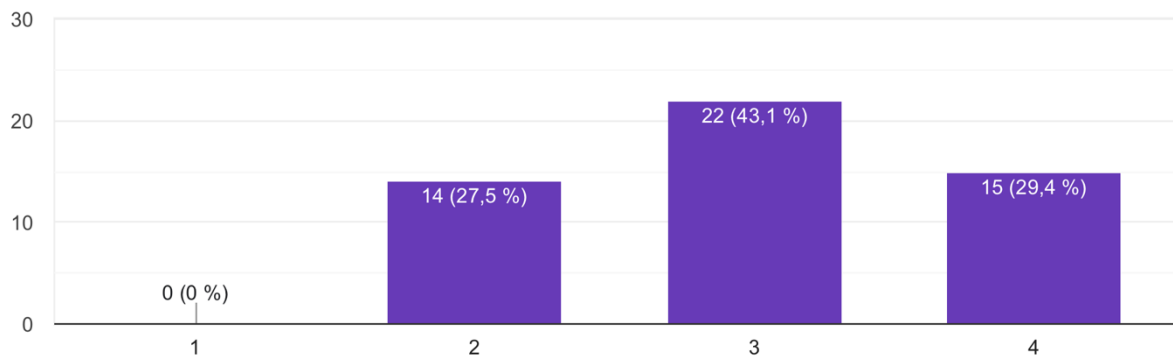


Abbildung 36: Angekreuzte Antworten der Frage 13

Keine*r unter den Befragten wählte die Antwort 1 (trifft voll zu). 14 Befragte (27,5%) kreuzten die Option 2 (trifft überwiegend zu) an, während 22 (43,1%) die Antwort 3 und 15 Personen (29,4%) die Antwort 4 wählten.

Befragte wählten bei Frage 14 mit „Chemische Modelle im Chemieunterricht sollten den Sachverhalt so realistisch wie nur möglich repräsentieren.“ folgende Antworten:

Chemische Modelle im Chemieunterricht sollten den Sachverhalt so realistisch wie nur möglich repräsentieren.

51 Antworten

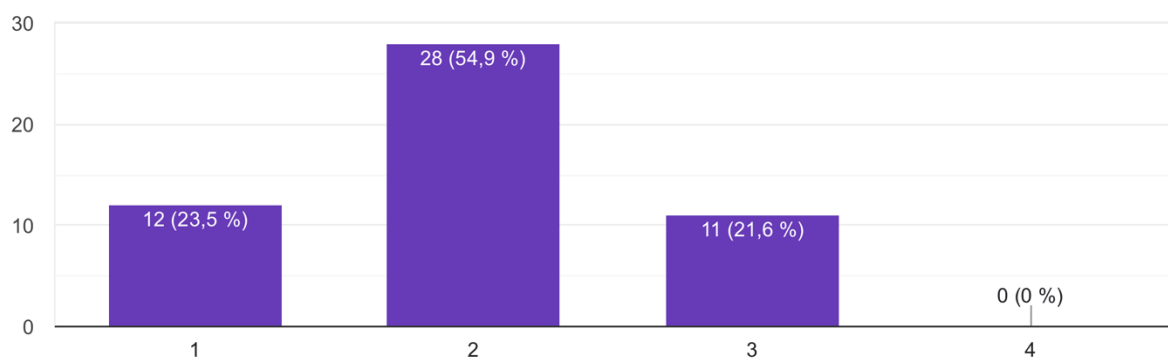


Abbildung 37: Angekreuzte Antworten der Frage 14

12 Schüler*innen (23,5%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 28 Personen (54,9%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 11 (21,6%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und keine*r der Befragten die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Die folgende Abbildung (Abb. 38) zeigt die gewählten Antworten zur Frage 15 „Das Bohrsche Atommodell macht es mir leicht, den Aufbau eines Atoms zu verstehen.“:

Das Bohrsche Atommodell macht es mir leicht, den Aufbau eines Atoms zu verstehen.

51 Antworten

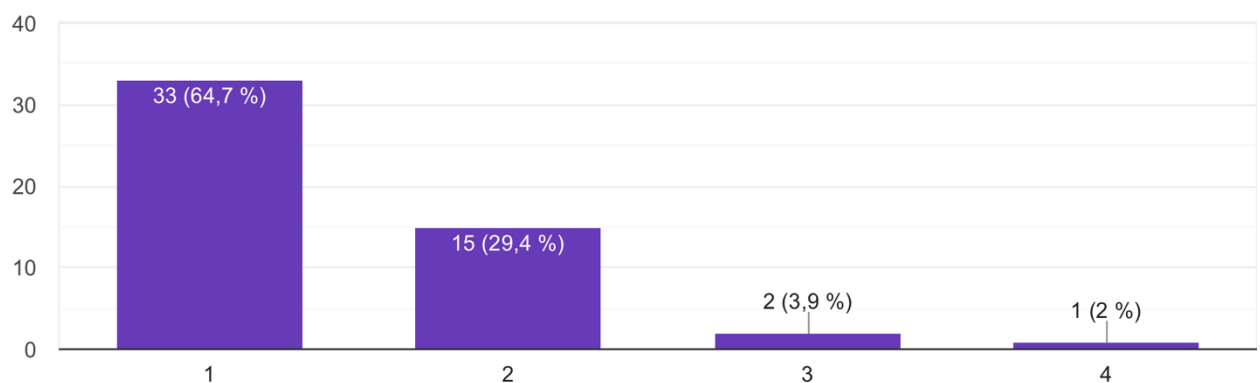


Abbildung 38: Angekreuzte Antworten der Frage 15

33 Schüler*innen (64,7%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 15 Personen (29,4%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 2 (3,9%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 1 Befragte*r (2%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Das folgende Diagramm (Abb. 39) zeigt die gewählten Antworten zur Frage 16 „Chemische Bindungen lassen sich mit dem Bohrschen Atommodell sehr verständlich darstellen.“:

Chemische Bindungen lassen sich mit dem Bohrschen Atommodell sehr verständlich darstellen.

51 Antworten

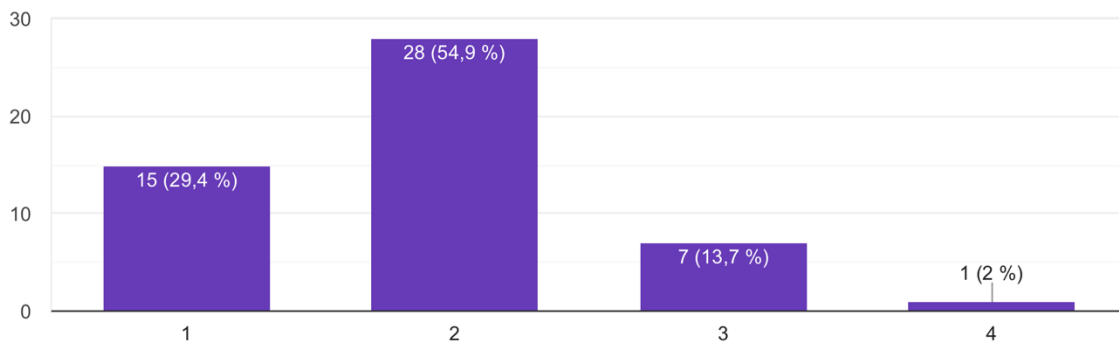


Abbildung 39: Angekreuzte Antworten der Frage 16

15 Proband*innen (29,4%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 28 Schüler*innen (54,9%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 7 (13,7%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 1 Befragte*r (2%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Schüler*innen wählten bei Frage 17 mit „Mit dem Bohrschen Atommodell kann man sich die Elektronenverteilung in einem Atom gut merken.“ folgende Optionen:

Mit dem Bohrschen Atommodell kann man sich die Elektronenverteilung in einem Atom gut merken.

51 Antworten

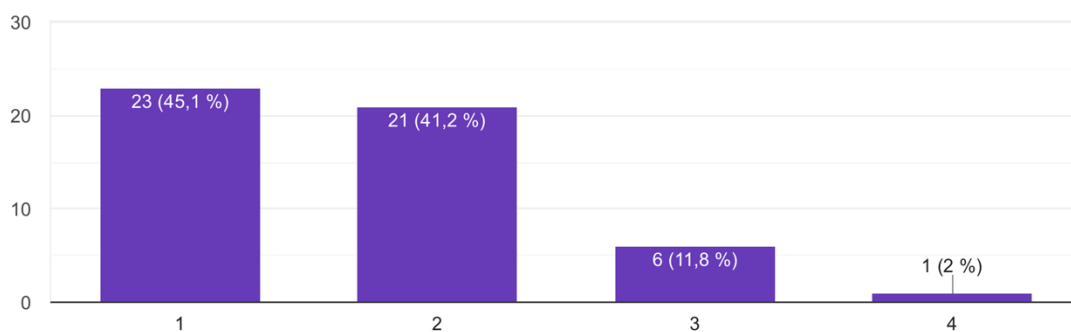


Abbildung 40: Angekreuzte Antworten der Frage 17

23 Befragte (45,1%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 21 Schüler*innen (41,2%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 6 (11,8%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 1 Person (2%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Das folgende Säulendiagramm (Abb. 41) zeigt die gewählten Optionen zur Frage 18 „Mit dem Bohrschen Atommodell kann man sich die Energieaufnahme (Absorption) und Energieabgabe (Emission) sehr gut vorstellen.“:

Mit dem Bohrschen Atommodell kann man sich die Energieaufnahme (Absorption) und Energieabgabe (Emission) sehr gut vorstellen.

51 Antworten

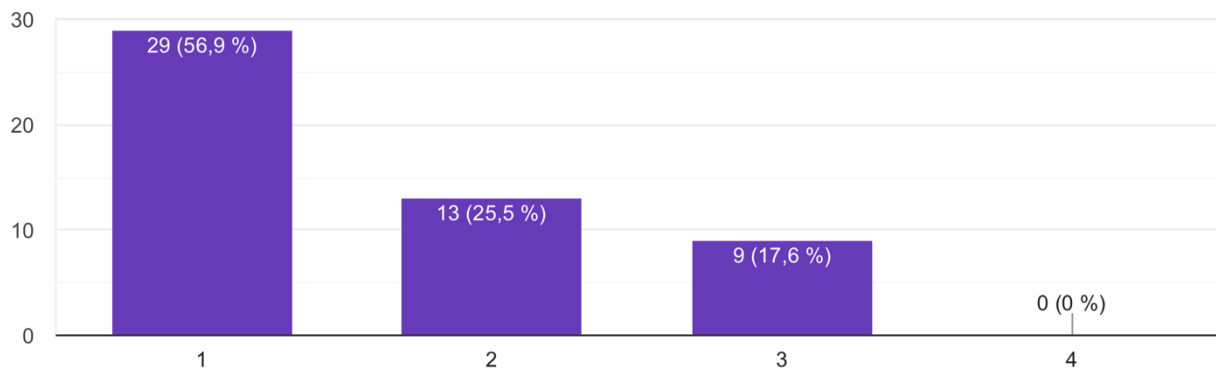


Abbildung 41: Angekreuzte Antworten der Frage 18

29 Befragte (56,9%) wählten die Option 1 (trifft voll zu), 13 Schüler*innen (25,5%) die Antwort 2 (trifft überwiegend zu), 9 (17,6%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 0 Personen die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Schüler*innen wählten bei Frage 19 mit „Wie Atome miteinander verbunden sein können, lässt sich mit Bindungsmodellen sehr gut vorstellen.“ folgende Antworten:

Wie Atome miteinander verbunden sein können, lässt sich mit Bindungsmodellen sehr gut vorstellen.

51 Antworten

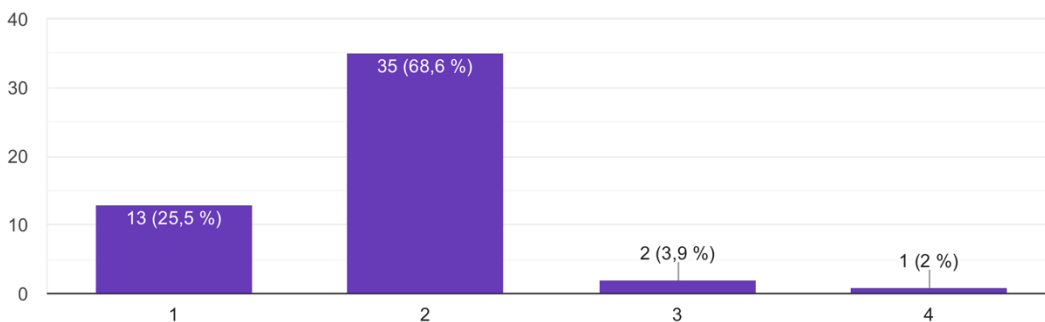


Abbildung 42: Angekreuzte Antworten der Frage 19

13 Befragte (25,5%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 35 Schüler*innen (68,6%) die Option 2 (trifft überwiegend zu), 2 (3,9%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 1 Person (2%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Nun werden die gewählten Antworten zur Frage 20 „Die Lewis-Schreibweise ist ein hilfreiches Modell zur Darstellung von der Atombindung.“ veranschaulicht:

Die Lewis-Schreibweise ist ein hilfreiches Modell zur Darstellung von der Atombindung.

51 Antworten

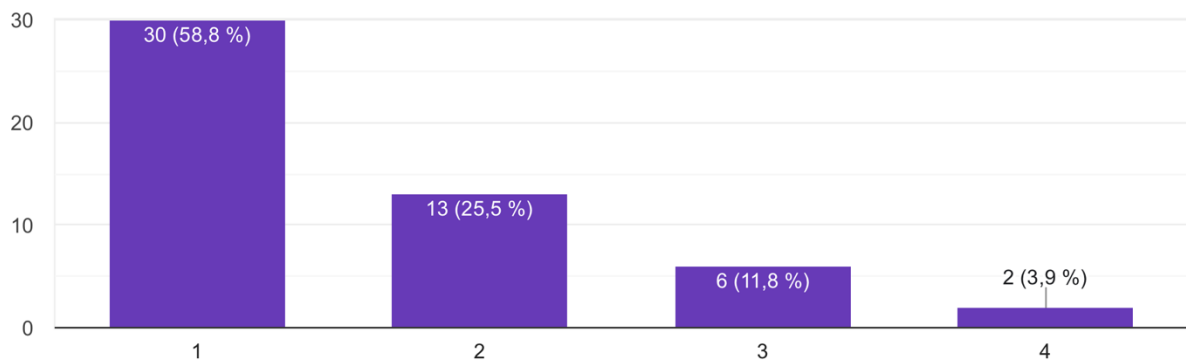


Abbildung 43: Angekreuzte Antworten der Frage 20

30 Proband*innen (58,8%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 13 Schüler*innen (25,5%) die Option 2 (trifft überwiegend zu), 6 (11,8%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 2 Befragte (3,9%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Die folgende Abbildung (Abb. 44) zeigt die gewählten Optionen zur Frage 21 „Mit kurzen Erläuterungen sind chemische Bindungsmodelle besser zu verstehen.“:

Mit kurzen Erläuterungen sind chemische Bindungsmodelle besser zu verstehen.

51 Antworten

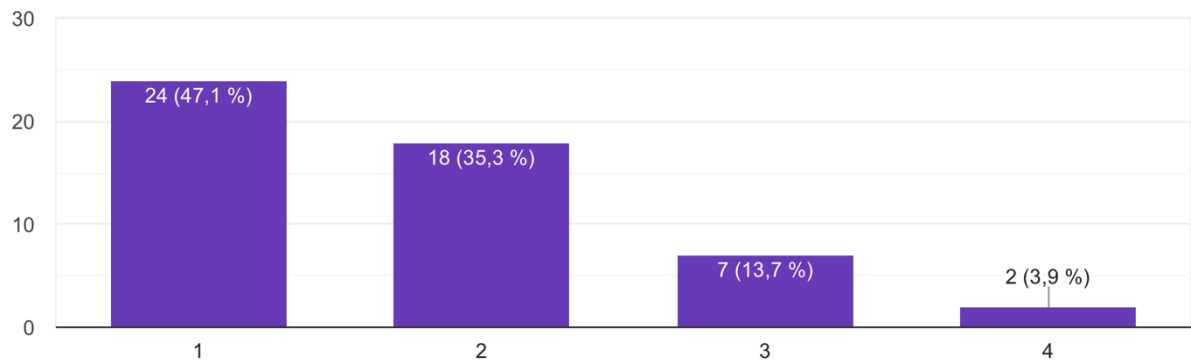


Abbildung 44: Angekreuzte Antworten der Frage 21

Die Antwort 1 (trifft voll zu) wurde von 24 Schüler*innen (47,1%) gewählt. 18 Personen (35,3%) kreuzten die Antwort 2 (trifft überwiegend zu) an, 7 (13,7%) wählten die Option 3 (trifft eher nicht zu) und 2 (3,9%) die Antwort 4 (trifft gar nicht zu).

Lernende wählten bei Frage 22 mit „Es fällt mir schwer, zwischen verschiedenen Bindungsmodellen zu wechseln.“ folgende Optionen:

Es fällt mir schwer, zwischen verschiedenen Bindungsmodellen zu wechseln.

51 Antworten

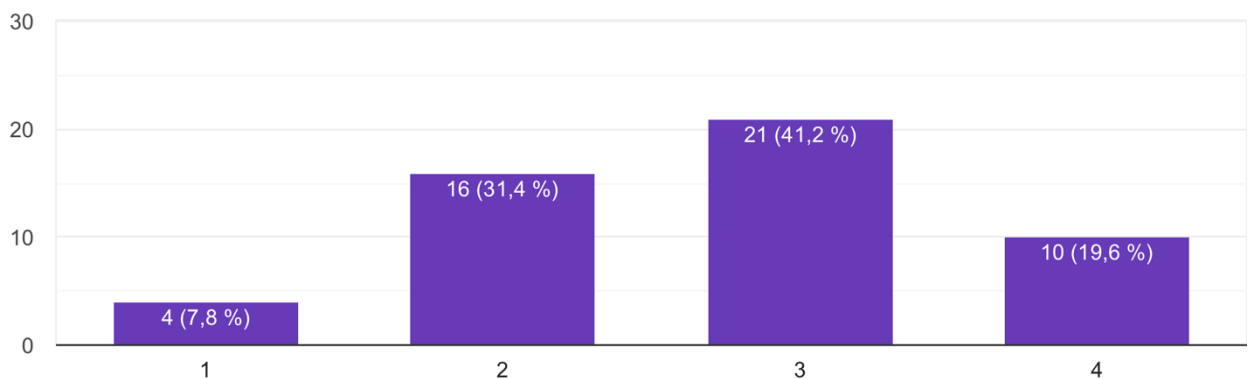


Abbildung 45: Angekreuzte Antworten der Frage 22

4 Proband*innen (7,8%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 16 Schüler*innen (31,4%) die Option 2 (trifft überwiegend zu), 21 (41,2%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 10 Befragte (19,6%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Das folgende Säulendiagramm (Abb. 46) zeigt die gewählten Optionen zur Frage 23 „Ohne Bindungsmodelle könnte ich die Bindungstypen *Atombindung*, *Ionenbindung* und *Metallbindung* schwer voneinander unterscheiden.“:

Ohne Bindungsmodelle könnte ich die Bindungstypen „Atombindung“, „Ionenbindung“ und „Metallbindung“ schwer voneinander unterscheiden.

51 Antworten

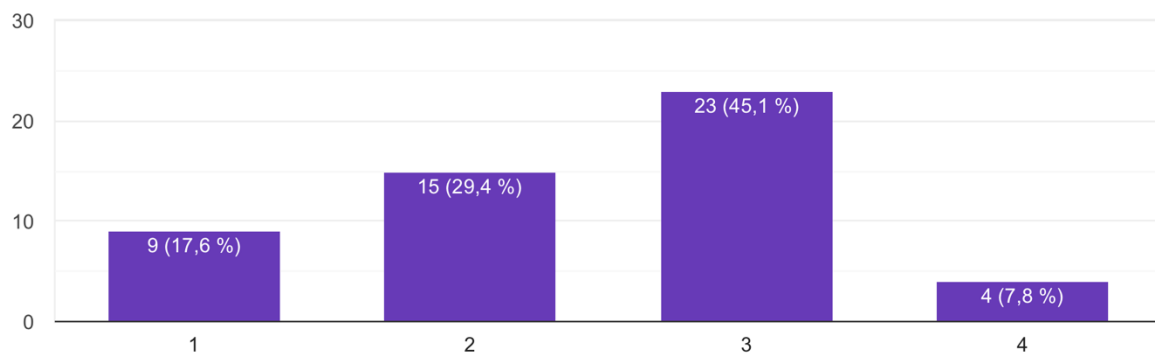


Abbildung 46: Angekreuzte Antworten der Frage 23

Die Antwort 1 (trifft voll zu) wurde von 9 Schüler*innen (17,6%) gewählt. 15 Personen (29,4%) kreuzten die Antwort 2 (trifft überwiegend zu) an, 23 (45,1%) wählten die Option 3 (trifft eher nicht zu) und 4 (7,8%) die Antwort 4 (trifft gar nicht zu).

Nun werden die gewählten Antworten zur Frage 24 „Bindungsmodelle werden oft zu vereinfacht dargestellt und führen somit zu Verwirrung.“ demonstriert:

Bindungsmodelle werden oft zu vereinfacht dargestellt und führen somit zu Verwirrung.

51 Antworten

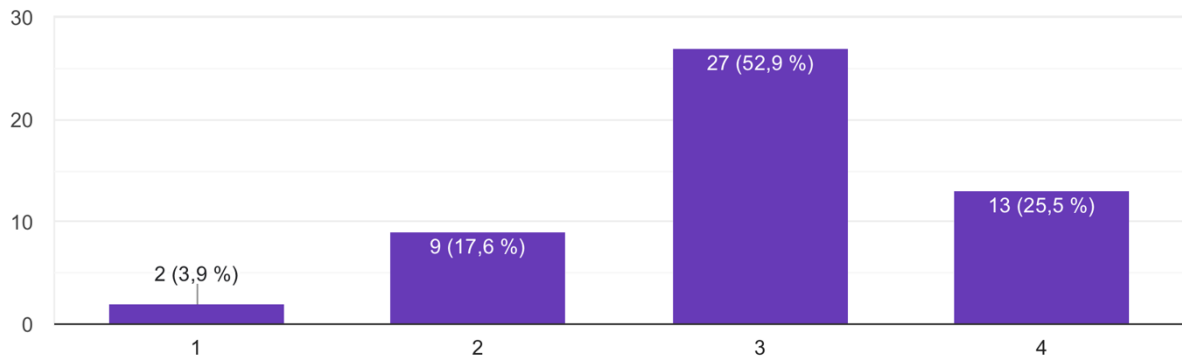


Abbildung 47: Angekreuzte Antworten der Frage 24

Die Antwort 1 (trifft voll zu) wurde von 2 Lernenden (3,9%) gewählt. 9 Personen (17,6%) kreuzten die Antwort 2 (trifft überwiegend zu) an, 27 (52,9%) wählten die Option 3 (trifft eher nicht zu) und 13 (25,5%) die Antwort 4 (trifft gar nicht zu).

Die folgende Abbildung (Abb. 48) zeigt die gewählten Optionen zur Frage 25 „Es ist sehr hilfreich, verschiedene Bindungsmodelle zu kennen und bedarfsgerecht einsetzen zu können, um chemische Strukturen besser zu verstehen.“:

Es ist sehr hilfreich, verschiedene Bindungsmodelle zu kennen und bedarfsgerecht einsetzen zu können, um chemische Strukturen besser zu verstehen.

51 Antworten

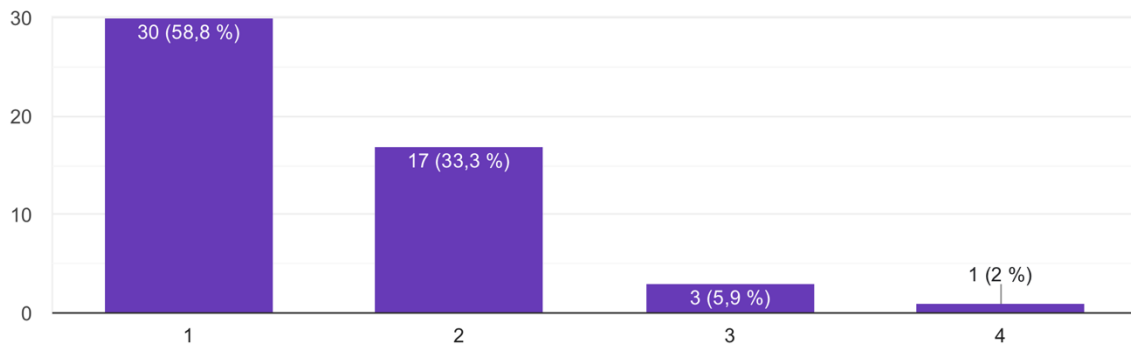


Abbildung 48: Angekreuzte Antworten der Frage 25

30 Befragte (58,8%) wählten die Antwort 1 (trifft voll zu), 17 Schüler*innen (33,3%) die Option 2 (trifft überwiegend zu), 3 (5,9%) die Antwort 3 (trifft eher nicht zu) und 1 Person (2%) die Option 4 (trifft gar nicht zu).

Das folgende Kreisdiagramm (Abb. 49) stellt die Wahl der Befragten zur Frage, welches Modell sie zum Erklären der Atombindung aussuchen würden, dar:

Für das Erklären von „Atombindung“ würde ich das folgende Modell wählen:

51 Antworten

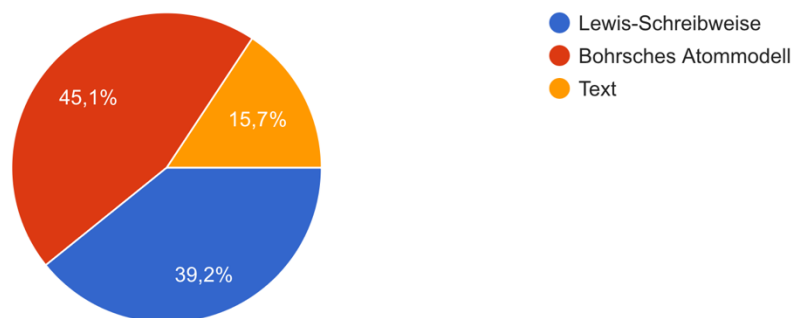


Abbildung 49: Angreuzte Antworten der Frage 26

Um die Atombindung zu erklären, entschieden sich 45,1% aller Befragten für das Bohrsche Atommodell, gefolgt von der Lewis-Schreibweise mit 39,2%. 15,7% wählten die Option Text.

Die ausgewählten Antworten zur Frage 27 mit „Für das Erklären von *Ionenbindung* würde ich das folgende Modell wählen“ werden mit der folgenden Abbildung (Abb. 50) veranschaulicht:

Für das Erklären von „Ionenbindung“ würde ich das folgende Modell wählen:

51 Antworten

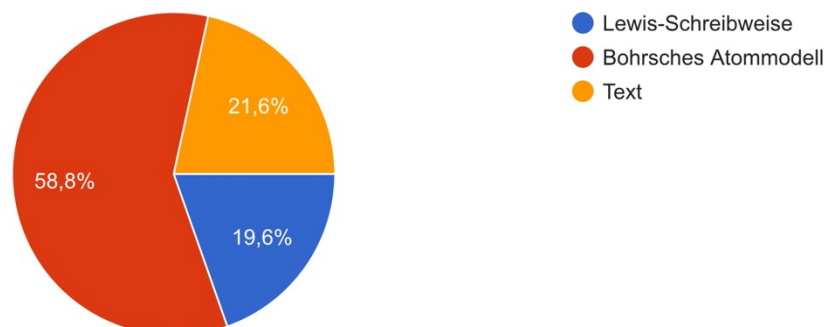


Abbildung 50: Angekreuzte Antworten der Frage 27

58,8 % der Schüler*innen entschieden sich für das Bohrsche Atommodell, um die Ionenbindung zu erklären. 21,6% wählten die Option mit dem Text, und die restlichen 19,6% kreuzten die Lewis-Schreibweise an.

Die folgende Abbildung (Abb. 51) zeigt, für welche Optionen sich Schüler*innen bei der Frage 28 mit „Für das Erklären der *Metallbindung* würde ich das folgende Modell wählen“ entschieden:

Für das Erklären von „Metallbindung“ würde ich das folgende Modell wählen:

51 Antworten

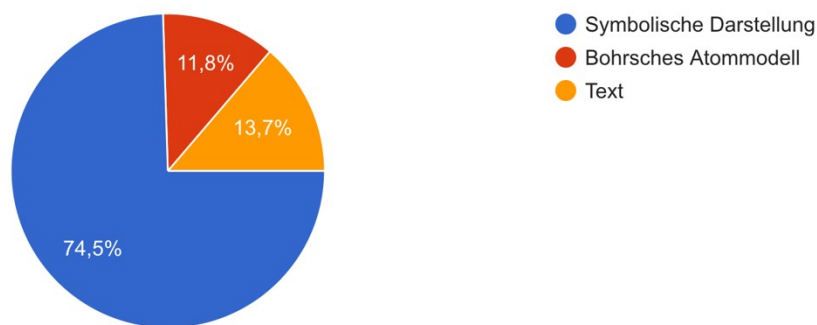


Abbildung 51: Angekreuzte Antworten der Frage 28

Um die Metallbindung zu erklären, entschieden sich 74,5% aller Befragten für die symbolische Darstellung. 13,7% wählten als Antwort den Text und 11,8% wählten das Bohrsche Atommodell.

Das folgende Balkendiagramm (Abb. 52) veranschaulicht die angekreuzten Antworten zur Frage 29 „Für die Erklärung der Flammenfärbung würde ich folgende(s) Modell(e) wählen“, bei der Schüler*innen mehrere Optionen gleichzeitig wählen konnten:

Für die Erklärung der Flammenfärbung würde ich folgende(s) Modell(e) wählen:

51 Antworten

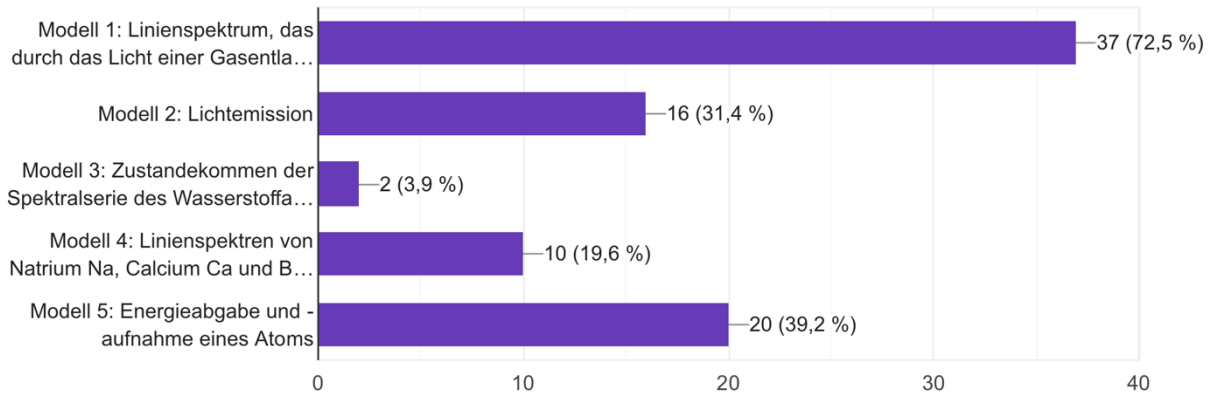


Abbildung 52: Angekreuzten Antworten der Frae 29

37 von 51 Befragten (72,5%) wählten das Modell 1 „Linienspektrum, das durch das Licht einer Gasentladungsröhre mit Wasserstoff verursacht wird“. 20 Schüler*innen (39,2%) wählten zusätzlich das Modell 5 „Energieabgabe und -aufnahme eines Atoms“. Das Modell 2 „Lichtemission“ wurde 16mal (31,4%) angekreuzt, gefolgt vom Modell 4 „Linienspektren von Natrium Na, Calcium Ca und Barium Ba“ mit 10 Angaben (19,6%) und Modell 3 „Zustandekommen der Spektralserie des Wasserstoffatoms nach dem Schalenmodell“ mit 2 Angaben (3,9%).

Im nächsten Kapitel werden nun die Interpretationen der hier dargestellten Ergebnisse erläutert.

4 Interpretation der Ergebnisse

Im Folgenden werden nun die im vorherigen Kapitel genannten Ergebnisse interpretiert.

Schaut man sich den Notendurchschnitt der Schüler*innen an, so kann man sehen, dass 86,3% der Befragten einen Wert von eins bis drei haben. Der Großteil der Proband*innen ist somit nicht einmal annäherungsweise leistungsmäßig gefährdet.

Bei der Interpretation der Ergebnisse wird das Geschlecht der Proband*innen nicht weiter berücksichtigt- Es wurde zwar während der Befragung das Geschlecht ermittelt, jedoch lässt sich bei der Verteilung der Stichprobe eine deutliche Ungleichheit bei den Geschlechtern beobachten: Wie bereits erwähnt wurden 51 Schüler*innen befragt, von denen sich 41 als weiblich, neun als männlich und eine Person als divers angegeben hat. Aufgrund der Ungleichheit wäre eine geschlechterspezifische Interpretation nicht aussagekräftig.

Außerdem ist aus Abb. 26 ersichtlich, dass der Großteil der Befragten großes Interesse an Chemie haben: 34 Personen (66,6%) kreuzten auf einer Skala von null bis zehn (null für kein Interesse, zehn für starkes Interesse) die Optionen sieben bis zehn an. Dies ist für die Befragung bedeutsam, da man somit davon ausgehen kann, dass die Schüler*innen aufnahmebereit für Unterrichtsinhalte im Chemieunterricht sind.

Das Diagramm (Abb. 27) zeigt, dass sich der Großteil der Schüler*innen (84,3%) bei der Wahl der Definition, was ein Modell sei, für die folgende entschieden haben: „Ein Modell ist die vereinfachte Darstellung der Realität, um komplizierte Vorgänge besser zu verstehen“. 37,3% der Befragten sahen Modelle zudem als Annäherung an die Realität im Einklang mit Experimenten bzw. Beobachtungen. Daraus kann abgeleitet werden, dass Lernende ein reflektiertes Verständnis von Modellen als vereinfachende, aber unterstützendes Mittel besitzen. So kann gesagt werden, dass Schüler*innen die Funktion von Modellen als Erklärung oder Vereinfachung von chemischen Sachverhalten verstehen.

Bei der Frage 5 (Abb. 28), welche Modelle im Chemieunterricht vorgestellt wurden, wurden vor allem sprachlich-symbolische Formen wie Lewis-Schreibweise und Summenformel von nahezu allen Teilnehmenden (98%) angekreuzt. Auch das Stäbchenmodell mit 94,1% und

textbasierende Erklärungen mit 80,4% wurden häufig gewählt. Graphische Darstellungen mit 54,9% und Computermodelle mit 39,2% hingegen wurden weniger angekreuzt. Diese Verteilung zeigt, dass symbolische und schematische Repräsentationen im Unterricht mehr eingesetzt werden als interaktive, dreidimensionale Visualisierungen.

Dass die Repräsentationen Lewis-Schreibweise und Summenformel am häufigsten angekreuzt wurden, zeigt, dass Schüler*innen häufig mit konventionellen Darstellungsformen vertraut sind. Die weniger häufig gewählte Form mit Computermodellen deutet auf das Potenzial für den stärkeren Einsatz digitaler Visualisierungen hin, insbesondere deswegen, weil mit ihnen kompliziertere Strukturen dynamisch veranschaulicht werden können.

Bei der Frage 6, welche Modelle Lernenden beim Verständnis sehr geholfen haben, sieht man im Diagramm in der Abb. 29, dass die Lewis-Schreibweise und Summenformeln erneut deutlich vorne liegen. Daraus ist abzuleiten, dass Schüler*innen hauptsächlich konventionelle, symbolische Repräsentationsformen als bedeutsam wahrnehmen. Sie spielen nämlich in schulischen Leistungs- und Prüfungsbereichen eine wichtige Rolle. Man kann sagen, dass die Präferenz seitens der Lernenden vermutlich die Gewöhnung widerspiegeln könnte.

Außerdem wurde die Option „Text“ mit 56,9% öfters gewählt als visuelle und räumliche Modelle. Das zeigt, dass viele Schüler*innen sprachliche, beschreibende Erklärungen bevorzugen. Der Grund ist möglicherweise – wie bereits im Theorieteil erwähnt –, dass sie ihnen helfen, komplexere Inhalte in eine nachvollziehbare Struktur zu bringen. Wie im Unterkapitel 2.4.3 „Arten von Repräsentationsformen in den Schulbüchern“ beschrieben, ist der Text als Darstellungsform die gängigste, die in den analysierten Schulbüchern eingesetzt wurde. Damit wird deutlich, dass die starke Gewichtung von Texten in Schulbüchern nicht nur ein fest verankertes didaktisches Mittel darstellt, sondern auch den Erwartungen und dem Unterstützungsbedarf der Schüler*innen entgegenkommt.

Stäbchenmodelle erreichen bei der Frage 6 mit 51% nur rund die Hälfte der Teilnehmenden, obwohl sie im Unterricht laut Angabe von 94,1% der Schüler*innen vorgestellt wurden (siehe Frage 5, Abb. 28). Graphische Darstellungen erreichen bei der Frage 6 sogar nur 27,5%. Das weist darauf hin, dass räumliche Visualisierungen weniger vertraut sind, weil sie zwar im Unterricht vorgestellt, jedoch eventuell seltener im Unterricht genutzt werden.

Nur 23,5% der Befragten kreuzten Computermodelle an, somit findet nur ein kleiner Teil diese hilfreich. Vergleicht man diesen geringen Prozentsatz mit dem von der Frage 5, bei der 39,2%

der Schüler*innen angaben, dass Computermodelle im Unterricht vorgestellt wurden, kann daraus abgeleitet werden, dass fehlende Unterrichtseinbindung Grund dafür sein kann, dass Lernende Computermodelle nicht hilfreich finden.

Beim Vergleich der Frage 6 mit Frage 5 ist zu sehen, dass die Rangfolge der angekreuzten Antworten ähnlich bleibt, aber die Werte bei Frage 6 etwas niedriger liegen. Das zeigt, dass in Frage 6 offenbar selektiver gewählt wurde, das heißt, dass die Schüler*innen bewusst unterscheiden, welche Darstellungen für sie wirklich relevant oder hilfreich sind, statt nur allgemein vertraute und bekannte anzukreuzen. Es ist trotzdem zu sehen, dass Lernende vertraute Repräsentationen bevorzugen: Symbolische Darstellungen vermitteln Sicherheit und Klarheit.

Bei der Frage 7, bei der Schüler*innen angeben sollten, wie häufig Modelle im Unterricht eingesetzt werden, ist zu sehen, dass 58,8% die Option „häufig“ und die restlichen 41,2% die Antwort „gelegentlich“ gewählt haben. Daraus lässt sich ableiten, dass Modelle aus der Sicht der Lernenden einen festen und regelmäßigen Bestandteil des Chemieunterrichts darstellen und somit nicht als Seltenheit bzw. Ausnahme, sondern als durchgängig eingesetztes Unterrichtselement wahrgenommen werden. Zugleich zeigt der Prozentsatz von 41,2% bei der Option „gelegentlich“, dass der Einsatz von Modellen zwar präsent, jedoch nicht vollständig ausgeschöpft ist. Es kann gesagt werden, dass hier Ansatzpunkte für eine intensivere Nutzung von Modellen bestehen.

Die Mehrheit mit 78,4% stimmt bei der Frage 8 mit dem Ankreuzen der Optionen „trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“ (Abb. 31) zu, dass Modelle die Wirklichkeit abbilden sollen. Außerdem gab der Großteil der Befragten an, dass Modelle helfen, chemische Vorgänge besser zu verstehen (Abb. 32: 92,2% kreuzten „trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“ an). Ebenfalls stimmen viele der Aussage zu, dass das Arbeiten mit Modellen den Chemieunterricht verständlicher macht (Abb. 33: 90,2% wählten „trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“). Gleichzeitig gibt ein Großteil an, Modelle sofort zu verstehen (Abb. 34: 82,4% wählten „trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“) und nur sehr wenige fühlen sich durch Modelle stark verunsichert (Abb. 35: 9,8% entschieden sich für die Optionen „trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“). Daraus lässt sich ableiten, dass Modelle von Schüler*innen als hilfreich und

sinnvoll wahrgenommen werden. Das Arbeiten mit Modellen ist nicht nur ergänzend, sondern funktional in den Lernprozess eingebettet.

Die Mehrheit wünscht sich, dass Modelle so realistisch wie möglich chemische Sachverhalte repräsentieren (Abb. 37: 78, 4% wählten die Optionen „trifft voll zu“ und „trifft überwiegend zu“). Gleichzeitig sehen 0% die komplette Verdrängung von Modellen durch reine Beobachtungen als wünschenswert, nur 27,5% stimmen „überwiegend“ für Beobachtungszentrierung (siehe Abb. 36). Es ist zu sehen, dass Schüler*innen realitätsnahe Modelle möchten, jedoch auch den Stellenwert abstrakter Modellvorstellungen für Erklärungen erkennen. Die analysierten Schulbücher bewegen sich somit in einem Bereich, der den Präferenzen der Schüler*innen entspricht, nämlich dass realistische Bilder von Versuchsergebnissen wie beispielsweise die Flammenfärbung (siehe Abb. 4) oder die grüne Flamme durch Kupfer (siehe Abb. 13) eingesetzt werden, ohne jedoch die für das chemische Verständnis wichtigen Modellvorstellungen komplett zu verdrängen.

Im Folgenden geht es um die Bewertung spezieller Modelle wie das Bohrsche Atommodell und die Lewis-Schreibweise.

Das erste wird von der Mehrheit als hilfreich zum Verständnis des Atomaufbaus bewertet: 64,7% kreuzten „trifft voll zu“ und 29,4% „trifft überwiegend zu“ an. Nur 5,9% sahen es als weniger hilfreich (siehe Abb. 38). Außerdem fanden 84,3% der Befragten, dass sich chemische Bindungen mit dem Bohrschen Atommodell sehr verständlich darstellen lassen (siehe Abb. 39). Auch bei der Frage 17, ob man sich mit dem Atommodell die Elektronenverteilung in einem Atom gut merken kann, wählte die Mehrheit mit 86,3 %, dass dies zutrifft (Abb. 40: 45,1% wählten die Option „trifft voll zu“ und 41,2% „trifft überwiegend zu“). Absorption und Emission lassen sich ebenso mit dem Bohrschen Atommodell laut Angabe von 82,4% der Befragten sehr gut vorstellen (siehe Abb. 41).

Daraus lässt sich ableiten, dass das Bohrsche Atommodell für viele Schüler*innen eine wichtige Orientierungshilfe beim Lernen von atomaren Strukturen und energiebezogenen Phänomenen darstellt. Seine klare Darstellung scheint dazu beizutragen, aufwendigere Inhalte zu vereinfachen und chemische Prozesse zugänglicher zu machen. Außerdem kann die Anschaulichkeit des Atommodells dazu führen, dass Lernende es als wirklichkeitsnah empfinden und eventuell die Hauptfunktion von Modellen – nämlich die Vereinfachung der

Wirklichkeit – weniger hinterfragen. Jedoch ist aus der Frage 4 (Abb. 27) ersichtlich, dass Schüler*innen den Sinn der Modelle erkennen – nämlich dass sie die vereinfachte Darstellung von der Realität und nicht die Realität selbst abbilden (nur 5,9% kreuzte die Antwort „Ein Modell bildet die Realität exakt ab und hilft uns, komplizierte Vorgänge zu visualisieren“ an). In drei von den fünf analysierten Schulbüchern wird das Bohrsche Atommodell herangezogen, um die Lichtemission und -absorption zu erklären. Hier entspricht der Einsatz dieses Modells ebenso den Präferenzen der Lernenden.

84,3% und somit die Mehrheit der Schüler*innen bewerten die Lewis-Schreibweise als ein hilfreiches Modell zur Darstellung von der Atombindung (siehe Abb. 43). Bei der Entscheidung, welches Modell sie für das Erklären von Atombindung wählen würden, entschieden sich jedoch die Mehrheit mit 45,1% für das Bohrsche Atommodell, 39,2% für die Lewis-Schreibweise und die restlichen 15,7% für den Text (siehe Abb. 49).

Für die Ionenbindung ziehen 58,8% das Bohrsche Atommodell vor (siehe Abb. 43), für Metallbindung hingegen 74,5% eine symbolische Darstellung (siehe Abb. 51).

Interessant ist, dass bei der Wahl für das passende Modell bei der Ionenbindung die Lewis-Schreibweise weniger gewählt wurde (19,6%) als die Option „Text“ (21,6%), auch wenn der Unterschied minimal ist (siehe Abb. 50). Man kann daraus ableiten, dass sich Schüler*innen in manchen Situationen gegen „bildhafte“ Darstellungen entscheiden können. Bei der Metallbindung kann dasselbe beobachtet werden: Die Option „Text“ wurde hier auch mehr gewählt (13,7%) als das Bohrsche Atommodell (11,8%) (siehe Abb. 51).

Diese Ergebnisse zeigen zunächst, dass die Einschätzung der Nützlichkeit eines Modells nicht unbedingt mit der tatsächlichen Wahl des Modells übereinstimmt. Obwohl 84,3% der Lernenden die Lewis-Schreibweise als besonders hilfreich für das Verständnis der Atombindung bewerteten, entschieden sich nur 39,2% dafür, wenn sie selbst erklären sollen. So wird das Bohrsche Atommodell deutlich häufiger gewählt. Dieser Unterschied lässt darauf schließen, dass Schüler*innen zwischen dem subjektiven Verstehen eines Modells und dessen praktische Verwendbarkeit unterscheiden. Die Lewis-Schreibweise scheint verständnisfördernd zu wirken, wird jedoch nicht als das beste passende Erklärinstrument wahrgenommen. So kann zusammenfassend gesagt werden, dass Nützlichkeit,

Verständlichkeit und die bevorzugte Einsatzwahl unterschiedliche Bereiche darstellen, die von Lernenden bewusst oder auch unbewusst getrennt bewertet werden.

Bemerkenswert ist auch, dass, wie bereits erwähnt, bei der Ionenbindung die Lewis-Schreibweise sogar weniger gewählt wurde als reiner Text. Das kann als ein Widerspruch zu der verbreiteten Annahme gesehen werden, dass visuelle Repräsentationen effektiver für das Lernen sind und mehr bevorzugt werden. Bei komplizierteren Sachverhalten können sich Lernende anscheinend auch für reduzierten, sprachlichen Darstellungsformen entscheiden. Es kann der Schluss gezogen werden, dass Lernende in manchen Situationen die Grenzen visueller Repräsentationen erkennen und sich manchmal dagegen entscheiden.

Außerdem stellt sich die Frage, ob die Vertrautheit von einigen Modellen die Ergebnisse beeinflussen. Das Bohrsche Atommodell ist curricular stark verankert und wird vermutlich öfter im Unterricht eingesetzt. Dass Schüler*innen oft dieses Modell gewählt haben, kann darauf hindeuten, dass sie bei Unsicherheiten oder Situationen, in denen sie sich für ein Modell entscheiden müssen, vertraute Repräsentationsformen wählen. Es kann gesagt werden, dass die Entscheidung für ein bestimmtes Modell nicht nur auf inhaltlichen Überlegungen basiert. Sie scheint auch durch Gewohnheiten und Vorerfahrung geprägt zu sein. So ist bei der Untersuchung ebenso wichtig, dass man die bisherigen Erfahrungen mit bestimmten Darstellungsformen bei Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

Es ist außerdem ersichtlich, dass die Wahl des Modells abhängig ist von der Art der chemischen Bindung. So nehmen Lernende die verschiedenen Bindungsarten hinsichtlich ihrer Komplexität unterschiedlich wahr. Bei der Metallbindung entschieden sie sich hauptsächlich für die symbolische Darstellung, da sie sie eventuell als eine vereinfachte Darstellung empfinden.

Allgemein kann man darunter verstehen, dass Lernende Modelle nicht als direkte Abbildungen der Realität sehen, sondern als Hilfsmittel, die abhängig von der untersuchten Fragestellung, unterschiedliche Erklärungsmöglichkeiten bieten. Die bewusste Wahl eines Modells, die auch zur jeweiligen Fragestellung passt, stellt eine Kompetenz dar, die neben der inhaltlichen Verinnerlichung des Modells ebenso erreicht werden muss. Dies wurde im Theorieteil mit dem Begriff „Repräsentationskompetenz“ beschrieben, die ein wichtiger

Bestandteil der Scientific Literacy und essenziell für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte ist.

Nun werden die Interpretation der Ergebnisse zu den Fragen präsentiert, die die Wahrnehmung von Bindungsmodellen untersuchen. Aus den Antworten der Schüler*innen ist ersichtlich, dass nur eine Minderheit von 39,2% der Lernenden Schwierigkeiten beim Wechsel zwischen den Bindungsmodellen hat (Abb. 45: 7,8% mit „trifft voll zu“ und 31,4% mit „trifft überwiegend zu“). Dagegen geben 60,8% an, dass der Modellwechsel für sie eher kein bzw gar kein Problem darstellt (Abb. 45: 41,2% mit „trifft eher nicht zu“ und 19,6% mit „trifft gar nicht zu“).

Weit mehr als die Hälfte mit 78,4% empfindet die Darstellung von Modellen nicht als stark vereinfacht und dadurch verwirrend (Abb. 47: 52,9% mit „trifft eher nicht zu“ und 25,5% mit „trifft gar nicht zu“). Außerdem schätzt die deutliche Mehrheit von 92,1% Schüler*innen die Kenntnis verschiedener Bindungsmodelle als sehr hilfreich ein (Abb. 48: 58,8% mit „trifft voll zu“ und 33,3% mit „trifft überwiegend zu“).

Es gab ein Großteil der Befragten mit 94,1% an, dass sie sich mit Bindungsmodellen sehr gut vorstellen können, wie Atome miteinander verbunden sein können (siehe Abb. 42). 82,4% gaben an, dass die chemischen Bindungsmodelle mit kurzen Erläuterungen besser zu verstehen sind (siehe Abb. 44). 47% gaben jedoch an, dass sie sich schwertun würden.

Die Mehrheit der Schüler*innen mit 52,9% gaben an, dass sie sich nicht schwertun, Bindungstypen ohne Modelle voneinander zu unterscheiden (siehe Abb. 46).

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass es differenzierte Wahrnehmungen und einen differenzierten Umgang der Lernenden mit verschiedenen chemischen Modellen gibt. Es ist zu beobachten, dass der Wechsel zwischen verschiedenen Repräsentationen für den Großteil der Befragten keine wesentliche Hürde darstellt. Obwohl 39,2% angaben, dass sie Schwierigkeiten haben, empfindet die größere Gruppe von 60,8% diesen Wechsel als weniger problematisch. Es ist zu verstehen, dass die meisten Schüler*innen flexibel genug sind, zwischen verschiedenen Darstellungsformen zu navigieren. Dies ist ein Zeichen für eine entwickelte und erreichte Modellkompetenz und wichtig für die Scientific Literacy. Jedoch ist es wichtig zu betonen, dass man die kleinere Gruppe, die angab, Schwierigkeiten zu haben,

nicht vergessen und eine effektive Unterstützungsmethode finden sollte, um den Modellwechsel sicher zu bewältigen.

Außerdem ist aus den Ergebnissen ersichtlich, dass 78,4% der Befragten die Modelldarstellungen nicht als stark vereinfachend oder verwirrend sehen. Das spricht dafür, dass sie die im Unterricht von ihnen eingesetzten Modelle überwiegend als angemessene Darstellungen sehen, um komplizierte Inhalte zugänglich zu machen. Eine kleinere Gruppe unter den Schüler*innen sieht die Vereinfachung jedoch als problematisch an. Der Grund könnte sein, dass einige Modelle für sie missverständlich wirken oder Lehrpersonen sie nicht ausreichend mit ihren Grenzen und Zwecken vorstellen.

Die Einschätzung der Nützlichkeit zeigt die Bedeutung von Modellen im Chemieunterricht: Die eindeutige Mehrheit mit 92,1% sieht die Kenntnis über verschiedene Bindungsmodelle als sehr hilfreich. Es ist zu verstehen, dass Schüler*innen den Mehrwert unterschiedlicher Sichten erkennen. Die Vielfalt verstärkt ihr Verständnis. Außerdem gaben 94,1% an, dass sie sich mithilfe von Bindungsmodellen gut vorstellen können, wie Atome untereinander eine Bindung eingehen. Modelle helfen somit Schüler*innen, aufwendigere Strukturen gedanklich und visuell zugänglich zu machen. So wird hier die Wichtigkeit von Modellen erneut sichtbar: Im Theorieteil wurde erwähnt, dass Schüler*innen durch die Auseinandersetzung mit Modellen aufwendigere Denkmodelle erstellen können. Die positive Einschätzung der Nützlichkeit von Modellen unter den Schüler*innen zeigt, dass auch sie die Wichtigkeit von Modellen erkennen.

Neben den visuellen Modellen helfen kurze passende Erläuterungen, denn 82,4% der Lernenden sehen chemische Bindungsmodelle mit kurzen Erklärungen als besser zugänglich und verständlich. Es ist essenziell, daraus abzuleiten, dass Modelle im Unterricht nicht allein vorgestellt und gelehrt werden, sondern in eine gut durchplante didaktische Unterrichtsstruktur eingebettet werden sollten, in der ihr Zweck und auch ihre Grenzen nähergebracht werden. Ohne passende Erklärungen können Modelle zu Missverständnissen führen oder falsche Schüler*innenvorstellungen unterstützen. Hier wird die Bedeutung von multiplen externen Repräsentationsformen (MER) sichtbar, denn wie bereits erwähnt spielen sie eine wichtige Rolle beim Verbinden fachlicher Kenntnisse miteinander.

Wie bereits erwähnt zeigen die Ergebnisse, dass 47% angaben, dass sie sich schwertun würden, die chemischen Bindungsarten ohne Modelle voneinander zu unterscheiden. So ist fast die Hälfte beim Verständnis chemischer Bindungen von Modellen abhängig. Die leicht überwiegende Mehrheit mit 52,9% fühlt sich hingegen auch ohne Modelle sicher genug. Es besteht die Möglichkeit, dass sie eine gewisse Abstraktionskompetenz entwickelt haben. Insgesamt kann aber gesagt werden, dass Modelle nicht nur als Einführung in chemische Themen, sondern auch weiterhin als Hilfestellungen zur inhaltlichen Orientierung dienen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Modelle für Schüler*innen eine zentrale und wichtige Rolle im Chemieunterricht spielen. Sie werden als eine effektive Hilfestellung und Unterrichtsunterstützung für das Verständnis chemischer Bindungsarten wahrgenommen. Gleichzeitig ist ersichtlich, dass das sorgfältige Einbauen und das Vermitteln der jeweiligen Modellzwecken und -grenzen notwendig sind, um sowohl Schüler*innen mit bereits weiterentwickelter Modellkompetenz als auch die mit Verständnisschwierigkeiten passend zu unterstützen.

Aus den Ergebnissen der Befragung zu Frage 29 (siehe Abb. 52) ist zu erkennen, dass sich der Großteil der Befragten für die Erklärung der Flammenfärbung eindeutig für phänomenbezogene Darstellungen entschieden. Mit 72,5% wird vor allem das Modell 1 gewählt, das das Linienspektrum einer Gasentladungsröhre mit Wasserstoff zeigt. Diese Wahl deutet darauf hin, dass Schüler*innen visuelle Darstellungen bevorzugen, die einen direkten Bezug zum beobachtbaren Vorgang herstellen. 39,2% aller Befragten wählten außerdem Modelle, die die Energieabgabe und -aufnahme von Atomen und somit die Lichtemission beschreiben. Daraus ist abzuleiten, dass viele Schüler*innen durchaus bereit sind, mehrere Erklärungsebenen parallel einzusetzen und zwischen phänomenologischen und atomaren Repräsentationsformen zu wechseln.

Bemerkenswert ist der deutliche Unterschied zwischen der häufigen Auswahl von Modell 1 und der geringen Auswahl von Modell 4, das die Linienspektren von Natrium Na, Calcium Ca und Barium Ba zeigt, obwohl beide Darstellungen auf demselben Prinzip beruhen: Charakteristische Linienspektren von Elementen. Dass 72,5% der Befragten das Linienspektrum der Wasserstoff-Gasentladungsröhre wählten, während nur 19,6% die

Linienpektren von Natrium, Calcium und Barium ankreuzten, zeigt, dass die Lernenden das Linienpektrum von Wasserstoff stärker mit dem Unterricht verknüpfen. Es ist nämlich im Chemieunterricht oft das Standardbeispiel für Spektrallinien und wird im Zusammenhang mit dem Bohrschen Atommodell behandelt. Dies wurde auch bei der Analyse der Schulbücher ersichtlich. Das kann der Grund sein, dass es deshalb vertrauter wirkt und leichter abrufbar ist. Beim Modell 4 wird zusätzliches Wissen über andere Elemente verlangt und scheint so, als ob es weniger verknüpft ist mit der Flammenfärbung, obwohl dies nicht der Fall ist. Dies zeigt, wie stark die Wahl von Modellen von der Unterrichtserfahrung und der Gewöhnung bzw. Vertrautheit mit bestimmten Repräsentationen abhängt.

Interessant ist, dass das theoretisch eher aufwendigere Modell mit den Spektralserien nach dem Schalenmodell nur von 3,9% der Befragten gewählt wurde. Das zeigt, dass aufwendigere und formellastigere Modelle für Schüler*innen eine größere Hürde darstellen und wenig auf die Flammenfärbung bezogen werden. In den analysierten Schulbüchern wurden die Spektralserien nur in zwei von fünf Werken gefunden (siehe Abb. 8, Abb. 9, Abb. 10 und Abb. 23). Dass sie nicht in vielen Büchern ausführlich thematisiert werden, könnte bezogen auf die geringere Präferenz von Lernenden als vorteilhaft gesehen werden.

Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass Lernende vor allem dann von Modellen profitieren, wenn sie visuell zugänglich sind. Außerdem zeigt die Mehrfachnutzung verschiedener Modelle, dass Schüler*innen unterschiedliche Repräsentationsformen kombinieren können, um das zugrundeliegende Phänomen zu verstehen, womit die Modellkompetenz als entwickelt gesehen werden kann. Der Chemieunterricht könnte somit sehr lernwirksam sein, wenn er zwischen Beobachtung und atomarer Erklärungsebene wechselt (siehe Abb. 1: Das Dreiebenenmodell von Johnstone).

Zusammenfassend zum Kapitel kann gesagt werden, dass Modelle für Lernende eine enorm wichtige Rolle im Chemieunterricht spielen und überwiegend als hilfreich und unterstützend im Verstehensprozess wahrgenommen werden. Dies unterstützt die im Theorieteil erwähnten Aussagen, dass der Einsatz mehrerer Repräsentationen den Lernprozess von Lernenden unterstützen und fördern kann. Die Schüler*innen verstehen außerdem, dass Modelle als vereinfachte Darstellungen komplizierterer Phänomene fungieren. Vor allem vertraute, symbolsiche Darstellungsformen wie die Lewis-Schreibweise und Summenformeln werden

öfters eingesetzt und als besonders hilfreich gesehen. Außerdem ist zu sehen, dass räumliche und digitale Modelle seltener genutzt und weniger als verständnisfördernd wahrgenommen werden. Der Grund könnte sein, dass sie weniger im Unterricht eingesetzt werden und somit weniger vertraut sind.

Es ist außerdem zu sehen, dass die Wahl des Modells stark von Gewohnheit, schulischer Erfahrung und der Art der Fragestellung abhängt. Obwohl einige Modelle wie beispielsweise das Bohrsche Atommodell als sehr nützlich wahrgenommen werden, sieht man, dass sich Schüler*innen je nach inhaltlichem Kontext anders bei der Wahl des Modells entscheiden können. Es ist sichtbar, dass Lernende bewusst zwischen Modellarten unterscheiden und deren Grenzen erkennen.

Die Mehrheit der Befragten sehen den Wechsel zwischen unterschiedlichen Darstellungsformen nicht als schwierig, was auf eine entwickelte Modellkompetenz hindeutet. Trotzdem gibt es eine kleinere Gruppe, die dabei Unterstützung benötigt. Es ist außerdem auffällig, dass Modelle besonders effektiv sind, wenn sie mit kurzen Erklärungen vorkommen.

Die Ergebnisse zur Flammenfärbung zeigen, dass Lernende vor allem Modelle bevorzugen, die klar an beobachtbare Vorgänge anknüpfen, und dass Vertrautheit (in dem Fall mit dem Linienspektrum des Wasserstoffs) die Wahl des Modells stark beeinflussen kann. Allgemein kann gesagt werden, dass ein effektiver Chemieunterricht erst dann zustande kommt, wenn die Vielfalt an Repräsentationsformen bewusst und passend eingesetzt wird und die Zwecke bzw. Grenzen von Modellen explizit erwähnt werden. So kann der Verständnisprozess und auch die Modellkompetenz gefördert werden.

5 Schluss und Ausblick

Die Ergebnisse der Masterarbeit verdeutlichen, dass Schüler*innen Modellen im Chemieunterricht eine wichtige Rolle zuschreiben. Sie werden hauptsächlich als hilfreich und unterstützend im Lernprozess wahrgenommen. Das bestätigt die im Theorieteil erwähnten Aussagen, dass der gezielte Einsatz verschiedener Darstellungsformen von Modellen das Verständnis unterstützen kann. Lernende verstehen, dass Modelle vereinfachte Darstellungen komplizierterer Vorgänge sind. Einer ihrer Zwecke ist es, als eine Brücke zwischen Beobachtungsebene und wissenschaftlicher Erklärung zu dienen.

Vor allem symbolische Repräsentationsformen wie die Lewis-Schreibweise und Summenformel werden als hilfreich wahrgenommen. Schüler*innen greifen auf diese Repräsentationen zurück, da sie im Unterricht häufig eingesetzt werden. Räumliche Modelle oder Computermodelle hingegen werden seltener im Unterricht eingesetzt und werden von Lernenden eher nicht bevorzugt.

Es ist trotzdem wichtig zu betonen, dass sich Schüler*innen je nach inhaltlicher Situation für ein passendes Modell entscheiden können und dass dieses nicht immer das im Unterricht am häufigsten eingesetzte und vertraute Modell sein muss. So können Modelle wie das Bohrsche Atommodell als besonders hilfreich wahrgenommen werden, dennoch wurde bei der Befragung die Beobachtung gemacht, dass sich Lernende je nach Fragestellung bewusst für ein anderes Modell oder eine andere Darstellung entschieden. Schüler*innen erkennen somit den Zweck und die Grenzen von Modellen, somit kann von einer entwickelten Modellkompetenz ausgegangen werden, die wichtig für die Scientific Literacy ist. So gab ein Großteil der Lernenden an, dass sie sich nicht schwertun, zwischen Modellen und Repräsentationen zu wechseln. Dennoch gibt es eine kleinere Minderheit, die dabei Unterstützung braucht. Dies sollte beim Arbeiten mit Modellen und generell bei der Unterrichtsgestaltung berücksichtigt werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass ein effektiver Chemieunterricht erst dann zustande kommt, wenn unterschiedliche Darstellungsformen im Unterricht bewusst und passend zur Thematik eingesetzt werden. Die Betonung des Zwecks und der Grenzen von Modellen ist

unverzichtbar, um den Verständnisprozess zu unterstützen und die Modellkompetenz zu fördern.

Die Befunde dieser Masterarbeit zeigen, dass es in mehrere Richtungen eine genauere Untersuchung geben kann. In der Zukunft könnte beispielsweise untersucht werden, was für einen Einfluss der häufigere Einsatz von digitalen Modellen wie Computermodelle auf die Entwicklung der Modellkompetenz haben kann. Da diese in der vorliegenden empirischen Untersuchung als weniger vertraut gesehen wurden, könnte deren gezielter Einsatz eventuell einen Einfluss auf den Lernerfolg haben.

Außerdem könnte man untersuchen, wie Schüler*innen über einen längeren Zeitraum hinweg mit Modellen und unterschiedlichen Repräsentationsformen arbeiten und wie es zur Entwicklung von Modellkompetenz kommt.

Auch die Rolle der Lehrpersonen könnte genauer erforscht werden. Es wäre relevant, herauszufinden, welche Kriterien sie bei der Auswahl von Repräsentationen oder Modellen anwenden und wie diese Einfluss auf die Modellkompetenzentwicklung bei Schüler*innen haben.

6 Literaturverzeichnis

Anton, Michael A. (2024): In Kapiteln und Sätzen über die Kräfte, mit denen Vergangenheit und Zukunft die Gegenwart formen. Universität Wien

Barke, Hans-Dieter / Harsch, Günther / Kröger, Simone / Marohn, Annette (2018): Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis. Deutschland: Springer-Verlag

Barthel, Helmut / Dietrich, Volkmar / Henning, Dietrich / Kleinpeter, Erich / Ludwig, Eberhard / Uhlemann, Erhard (1995): Chemie. Allgemeine Chemie. Organische Chemie. Berlin: Volk und Wissen Verlag

Beck, Christina Heidi (2017): Biologiespezifisches Bildverständnis beim Umgang mit multiplen externen Repräsentationen. Entwicklung und Validierung eines Kompetenzmodells zur Integration von Diagrammen und Schemata. Fakultät TUM School of Education

Bleher, Chris (2018): Unsere Schüler brauchen Bildkompetenz: Interview mit Bojan Godina. bayerische schule, 71(2), S. 34-38.

Bräun, Wolfgang (2021): Geschichte der Piktogramme. Von Hieroglyphen über die Heraldik zu Icon und Smiley. IPOSS. <https://www.iposs.de/7124/geschichte-der-piktogramme/>

Justi, Rosaria / Gilbert, John K. (2003): Models and Modelling in Chemical Education. In: Gilbert, John K. / de Jong, O. / Justi, R. / Treagust, D. F. / van Driel, J. H. (Hrsg): Chemical education: Towards research-based practice. S. 47-68. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Kern, Gerhard / Niel, Elisabeth / Onz, Sabine / Steiner, Jakob (2023): Reaktionen. Chemie für die 7. Klasse. Linz: Veritas-Verlag

Krajcik, Joseph S. / Sutherland, LeeAnn M. (2010): Supporting Students in Developing Literacy in Science. Science, 328, S. 456-459

Magyar, Roderich / Liebhart, Wolfgang / Jelinek, Gabriela / Faber, Wolfgang / Strnad, Andrea (2020): ELMO 1. Elemente. Wien: Österreichischer Bundesverlag

Nakoinz, Simone (2015): Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie. In: Niedderer, H. / Fischler, H. / Sumfleth, E. (Hrsg.): Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos Verlag

Neufingerl, Franz (2009): Chemie 1. Allgemeine und anorganische Chemie. Wien: Jugend & Volk

Rau, Martina A. / Rummel, Nikol / Aleven, Vincent (2015): Successful Learning With Multiple Graphical Representations and Self-Explanation Prompts. Journal of Educational Psychology, 107(1), S. 30-46

Scheiter, Katharina / Richter, Juliane / Renkl, Alexander (2020): Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In: Niegemann, Helmut / Weinberger, Armin (Hrsg.): Handbuch Bildungstechnologie. Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen. Berlin: Springer-Verlag

Schmut, Dvorak (2007): Von der Chemie. Wien: Verlag E. Dörner

Schnotz, Wolfgang / Wagner, Inga (2018): Construction and Elaboration of Mental Models Through Strategic Contjoint Processing of Text and Pictures. Journal of Educational Psychology. 110(6), S. 850-863. <https://doi.org/10.1037/edu0000246>

Stachowiak, Herbert (1965): Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle. Studium Gen. 18:432

Steinbuch, Karl (1977): Denken in Modellen. In: Schärfer, Gerhard (Hrsg.): Denken in Modellen. Braunschweig: Westermann-Verlag

7 Abbildungsverzeichnis

7.1 Abbildungen im Text

Abbildung 1: Das Dreiebenenmodell von Johnstone (Barke, Harsch, Kröger, Marohn, 2018, S. 252)

Abbildung 2: Kontinuierliches Spektrum, das durch ein Prisma geleitetes, weißes Licht verursacht wird (Kern, Niel, Onz, Steiner, 2023, S. 21)

Abbildung 3: Linienspektrum, das durch das Licht einer Gasentladungsröhre mit Wasserstoff, verursacht wird, das von einem Prisma zerlegt wird (Kern, Niel, Onz, Steiner, 2023, S. 21)

Abbildung 4: Charakteristische Flammenfärbungen von verschiedenen Metallsalzen in der Gasflamme (Kern, Niel, Onz, Steiner, 2023, S. 21)

Abbildung 5: Kontinuierliches Spektrum der Sonne und Linienspektrum des Wasserstoffs (Kern, Niel, Onz, Steiner, 2023, S. 21)

Abbildung 6: Lichtemission (Kern, Niel, Onz, Steiner, 2023, S. 21)

Abbildung 7: Atomaufbau von Wasserstoff, Helium und Lithium nach Bohr (Kern, Niel, Onz, Steiner, 2023, S. 21)

Abbildung 8: Balmer-Serie im Atomspektrum des Wasserstoffes (Barthel, Dietrich, Henning, Kleinpeter, Ludwig, Uhlemann, 1995, S. 8)

Abbildung 9: Deutung von Atomspektren des Wasserstoffs (Barthel, Dietrich, Henning, Kleinpeter, Ludwig, Uhlemann, 1995, S. 8)

Abbildung 10: Zustandekommen der Spektralserie des Wasserstoffatoms nach dem Schalenmodell (Barthel, Dietrich, Henning, Kleinpeter, Ludwig, Uhlemann, 1995, S. 9)

Abbildung 11: Die Entstehung des kontinuierlichen Spektrums (Neufingerl, 2009, S. 17)

Abbildung 12: Die Entstehung des Linienspektrums (Neufingerl, 2009, S. 17)

Abbildung 13: Durch Kupfer verursachte grüne Flamme (links) und elektrische Entladung im Quecksilberdampf (rechts) (Neufingerl, 2009, S. 17)

Abbildung 14: Linienspektren von Natrium Na, Calcium Ca und Barium Ba (Neufingerl, 2009, S. 17)

Abbildung 15: Energieabgabe und -aufnahme eines Atoms (Neufingerl, 2009, S. 18)

Abbildung 16: Atomvorstellungen von Wissenschaftlern (Maygar, Liebhart, Jelinek, Faber, Strnad, S. 7)

Abbildung 17: Verhältnis des Kern-Hülle-Durchmessers (Maygar, Liebhart, Jelinek, Faber, Strnad, S. 8)

Abbildung 18: Kern- und Hülle-Eigenschaften (Maygar, Liebhart, Jelinek, Faber, Strnad, S. 8)

Abbildung 19: Elektron stürzt in den Kern (Schmut, S. 38)

Abbildung 20: Entstehung von Ionen (Schmut, S. 38)

Abbildung 21: Atom- und Ionenradien in nm (Schmut, S. 38)

Abbildung 22: Ionisierungsenergien der ersten elf Elemente (Schmut, S. 38)

Abbildung 23: Spektrum des Lichtes, Linienspektrum von H, Serien (Schmut, S. 39)

Abbildung 24: Quantenzahlen (Schmut, S. 40)

Abbildung 25: Abstufung der Orbitalenergien (Schmut, S. 40)

Abbildung 26: Interesse an Chemie unter den Befragten (eigene Abb.)

Abbildung 27: Auswahl der Antworten zur Frage 4 (eigene Abb.)

Abbildung 28: Angekreuzte Antworten zur Frage 5 (eigene Abb.)

Abbildung 29: Angekreuzte Antworten zur Frage 6 (eigene Abb.)

Abbildung 30: Angekreuzte Antworten zur Frage 7 (eigene Abb.)

Abbildung 31: Angekreuzte Antworten zur Frage 8 (eigene Abb.)

Abbildung 32: Angekreuzte Antworten zur Frage 9 (eigene Abb.)

Abbildung 33: Angekreuzte Antworten zur Frage 10 (eigene Abb.)

Abbildung 34: Angekreuzte Antworten zur Frage 11 (eigene Abb.)

Abbildung 35: Angekreuzte Antworten zur Frage 12 (eigene Abb.)

Abbildung 36: Angekreuzte Antworten zur Frage 13 (eigene Abb.)

Abbildung 37: Angekreuzte Antworten zur Frage 14 (eigene Abb.)

Abbildung 38: Angekreuzte Antworten zur Frage 15 (eigene Abb.)

Abbildung 39: Angekreuzte Antworten zur Frage 16 (eigene Abb.)

Abbildung 40: Angekreuzte Antworten zur Frage 17 (eigene Abb.)

Abbildung 41: Angekreuzte Antworten zur Frage 18 (eigene Abb.)

Abbildung 42: Angekreuzte Antworten zur Frage 19 (eigene Abb.)

Abbildung 43: Angekreuzte Antworten zur Frage 20 (eigene Abb.)

Abbildung 44: Angekreuzte Antworten zur Frage 21 (eigene Abb.)

Abbildung 45: Angekreuzte Antworten zur Frage 22 (eigene Abb.)

Abbildung 46: Angekreuzte Antworten zur Frage 23 (eigene Abb.)

Abbildung 47: Angekreuzte Antworten zur Frage 24 (eigene Abb.)

Abbildung 48: Angekreuzte Antworten zur Frage 25 (eigene Abb.)

Abbildung 49: Angekreuzte Antworten zur Frage 26 (eigene Abb.)

Abbildung 50: Angekreuzte Antworten zur Frage 27 (eigene Abb.)

Abbildung 51: Angekreuzte Antworten zur Frage 28 (eigene Abb.)

Abbildung 52: Angekreuzte Antworten zur Frage 29 (eigene Abb.)

7.2 Abbildungen auf dem Befragungsbogen

Lewis-Schreibweise (<https://www.studydrive.net/de/tag/strukturformeln-die-lewis-formel>)

Stäbchenmodell

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:H2O_Kalottenmodell_und_St%C3%A4bchenmodell_8127.JPG)

Computermodelle (https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_all.html?locale=de)

Summenformel: (https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:H2O_molecular_formula.svg)

Graphische Darstellung (Kugelschalenmodell): (<https://chemiezauber.de/inhalt/basic-1/ein-neues-atommodell-muss-her/atome-bilden-molek%C3%BCle/901-die-summenformel-des-wassermolekuls-2.html>)

Text: (<https://studylfex.de/chemie/wassermolekul-4193>)

HCl mit der Lewis-Schreibweise:

(<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Chlorwasserstoff.svg>)

HCl mit dem Bohrschen Atommodell: (<https://learnattack.de/chemie/chemische-bindungen>)

HCl mit Text:

(<https://static.klett.de/software/html5/elemente/ec03ov820/ec03ov820.html#:~:text=Chlorwasserstoff%20besteht%20aus%20zweiatomigen%20Molek%C3%BClen,eine%20gef%C3%BCllte%20Au%C3%9Fenschale%20zu%20erreichen>)

NaCl mit der Lewis-Schreibweise:

(https://www.wikiwand.com/de/articles/Ionische_Bindung)

NaCl mit dem Bohrschen Atommodell: (<http://www.tomchemie.de/ionenbindung.htm>)

NaCl mit Text: (<http://www.tomchemie.de/ionenbindung.htm>)

Be mit der symbolischen Darstellung:

([https://de.wikibooks.org/wiki/Natur und Technik f%C3%BCr den Pflichtschulabschluss: Metallbindung](https://de.wikibooks.org/wiki/Natur_und_Technik_f%C3%BCr_den_Pflichtschulabschluss:_Metallbindung))

Be mit dem Bohrschen Atommodell: (<https://studyflix.de/chemie/metallbindung-2271>)

Be mit Text: (<https://simpleclub.com/lessons/chemie-grundlagen-zur-metallbindung>)

Befragung zur Modellvorstellung im Chemieunterricht

Bei dieser Befragung geht es darum, wie Modelle im Chemieunterricht wahrgenommen werden. Dabei sollt ihr euch entscheiden, wie verständlich und hilfreich ihr Modelle findet, und welche ihr im Unterricht bevorzugt.

Die Daten werden anonym ausgewertet und dienen für eine Masterarbeit, die zur Entwicklung der Unterrichtsforschung beitragen soll.

Vielen Dank für die Teilnahme!

*** Gibt eine erforderliche Frage an**

1. Geschlecht *

Markieren Sie nur ein Oval.

☐ männlich

☐ weiblich

☐ divers

2. Notendurchschnitt (letztes Zeugnis) von Deutsch, Englisch, Mathematik *

3. Auf einer Skala von 0-10: Mein Interesse an Chemie *

0...gar nicht; 10...großes Interesse

Markieren Sie nur ein Oval.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

4. Wie würdest du den Begriff "Modell" definieren? *

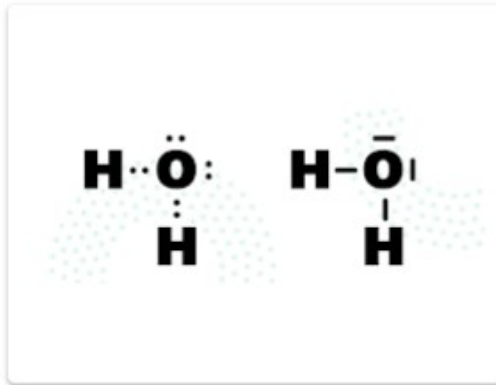
Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- ☐ Ein Modell ist die vereinfachte Darstellung der Realität, um komplizierte Vorgänge besser zu verstehen.
- ☐ Ein Modell bildet die Realität exakt ab und hilft uns, komplizierte Vorgänge zu visualisieren.
- ☐ Ein Modell ist eine Annäherung an die Realität und ist im Einklang mit chemischen Experimenten bzw. Beobachtungen.

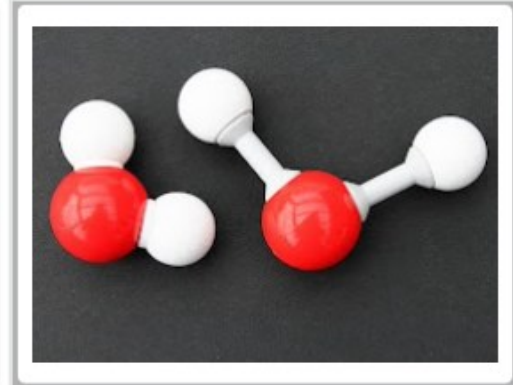
5. Diese Modelle wurden mir im Chemieunterricht vorgestellt: *

Als Beispiel wird zu jedem Modell die passende Darstellungsform von Wasser abgebildet.

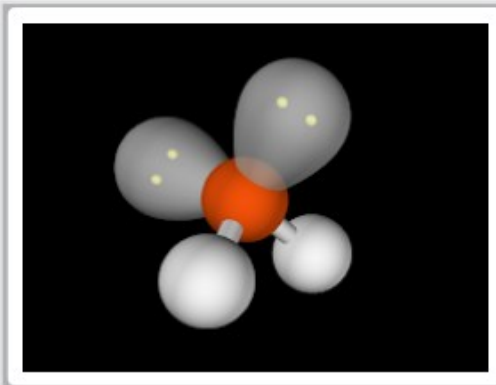
Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.



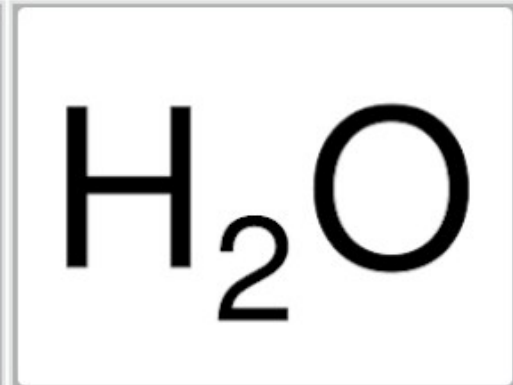
☐ Lewis-Schreibweise



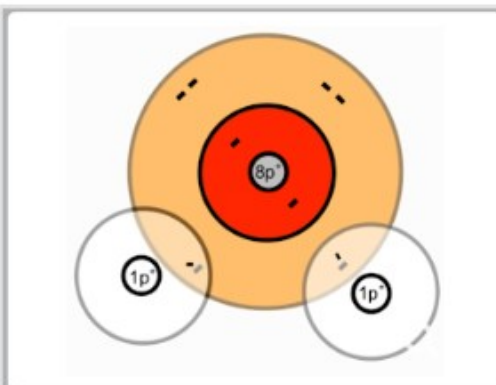
☐ Stäbchenmodell



☐ Computermodelle



☐ Summenformel



☐ graphische Darstellung
(Kugelschalenmodell)

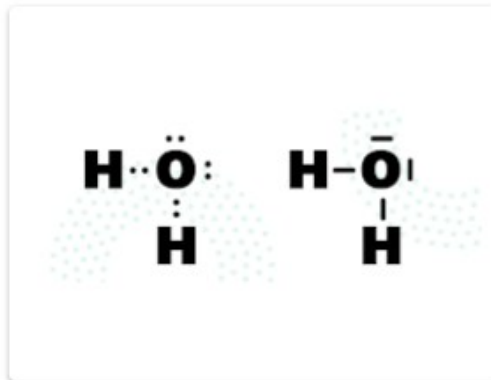
Im Wassermolekül ist das Sauerstoffatom mit jeweils einem Wasserstoffatom über eine sogenannte Elektronenpaarbindung, auch kovalente Bindung genannt, verknüpft. Das bedeutet hier, dass sich das Sauerstoffatom (O) und jeweils ein Wasserstoffatom (H) zwei Elektronen „teilen“. Es bildet sich also ein „Paar“ aus zwei Elektronen.

☐ Text

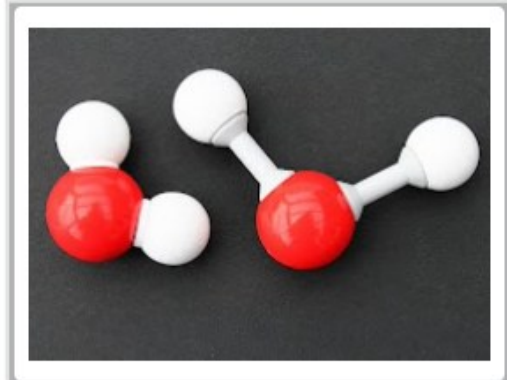
6. Diese Modelle haben mir beim Verständnis sehr geholfen. *

Als Beispiel wird zu jedem Modell die passende Darstellungsform von Wasser abgebildet.

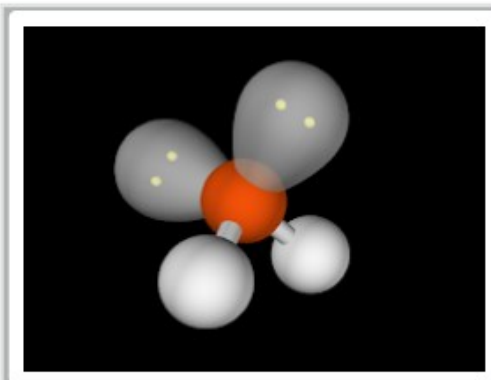
Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.



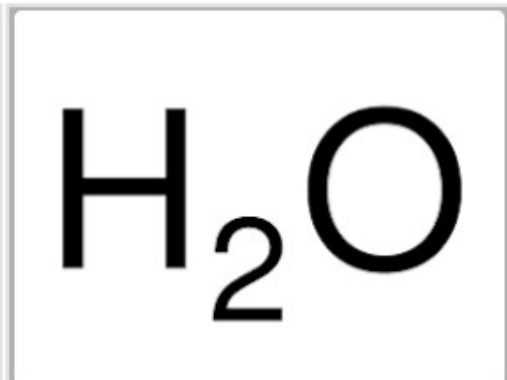
☐ Lewis-Schreibweise



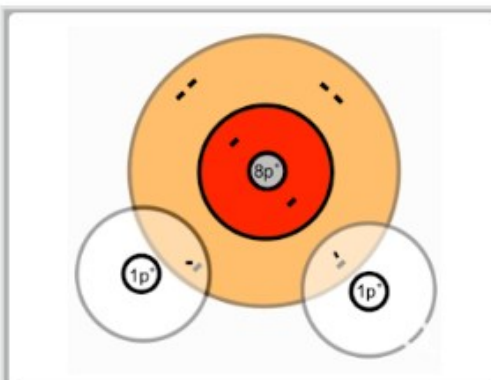
☐ Stäbchenmodell



☐ Computermodelle



☐ Summenformel



☐ graphische Darstellung
(Kugelschalenmodell)

Im Wassermolekül ist das Sauerstoffatom mit jeweils einem Wasserstoffatom über eine sogenannte Elektronenpaarbindung, auch kovalente Bindung genannt, verknüpft. Das bedeutet hier, dass sich das Sauerstoffatom (O) und jeweils ein Wasserstoffatom (H) zwei Elektronen „teilen“. Es bildet sich also ein „Paar“ aus zwei Elektronen.

☐ Text

7. Im Chemieunterricht werden Modelle mit dieser Häufigkeit eingesetzt: *

Markieren Sie nur ein Oval.

- ☐ häufig
☐ gelegentlich
☐ selten
☐ nie

8. Ein Modell hat die Aufgabe, die Wirklichkeit abzubilden. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

9. Modelle helfen mir, chemische Vorgänge besser zu verstehen. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

10. Das Arbeiten mit Modellen macht den Chemieunterricht verständlicher. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

11. Ich verstehe die im Chemieunterricht vorkommenden Modelle sofort. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

12. Modelle in der Chemie führen zu Unsicherheiten *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

13. Ich würde es besser finden, wenn anstelle von Modellen im Chemieunterricht die konkreten Beobachtungen im Vordergrund stünden. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

14. Chemische Modelle im Chemieunterricht sollten den Sachverhalt so realistisch wie nur möglich repräsentieren. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

15. Das Bohrsche Atommodell macht es mir leicht, den Aufbau eines Atoms zu verstehen. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

16. Chemische Bindungen lassen sich mit dem Bohrschen Atommodell sehr verständlich darstellen. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

17. Mit dem Bohrschen Atommodell kann man sich die Elektronenverteilung in einem Atom gut merken. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

18. Mit dem Bohrschen Atommodell kann man sich die Energieaufnahme (Absorption) und Energieabgabe (Emission) sehr gut vorstellen. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

19. Wie Atome miteinander verbunden sein können, lässt sich mit Bindungsmodellen sehr gut vorstellen.

*

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

20. Die Lewis-Schreibweise ist ein hilfreiches Modell zur Darstellung von der Atombindung.

*

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

21. Mit kurzen Erläuterungen sind chemische Bindungsmodelle besser zu verstehen.

*

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

22. Es fällt mir schwer, zwischen verschiedenen Bindungsmodellen zu wechseln. *

1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

23. Ohne Bindungsmodelle könnte ich die Bindungstypen „Atombindung“, „Ionenbindung“ und „Metallbindung“ schwer voneinander unterscheiden.
1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

*

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

24. Bindungsmodelle werden oft zu vereinfacht dargestellt und führen somit zu Verwirrung.
1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

*

Markieren Sie nur ein Oval.

1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

25. Es ist sehr hilfreich, verschiedene Bindungsmodelle zu kennen und bedarfsgerecht einsetzen zu können, um chemische Strukturen besser zu verstehen.
1... trifft voll zu; 4...trifft gar nicht zu

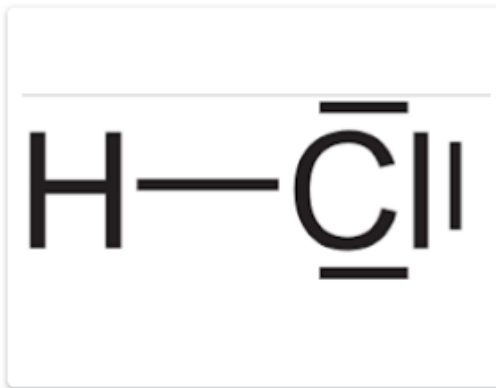
*

Markieren Sie nur ein Oval.

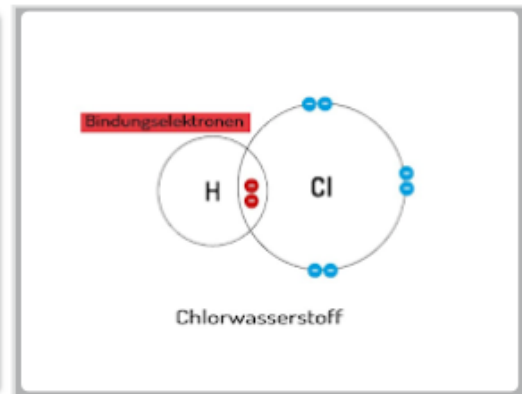
1	2	3	4
☐	☐	☐	☐

26. Für das Erklären von „Atombindung“ würde ich das folgende Modell wählen: *

Markieren Sie nur ein Oval.



☐ Lewis-Schreibweise



☐ Bohrsches Atommodell

Chlorwasserstoff besteht aus zweiatomigen Molekülen, in denen ein Wasserstoff-Atom und ein Chlor-Atom durch eine Atombindung miteinander verbunden sind. Dem Wasserstoff-Atom fehlt ein Elektron, um eine gefüllte Außenschale zu erreichen. Das Chlor-Atom benötigt ebenfalls ein Elektron zum Erreichen eines besonders stabilen Zustands. So gehen beide eine Bindung ein und erreichen jeweils eine vollgefüllte Außenschale, indem sie ihre Elektronen miteinander teilen.

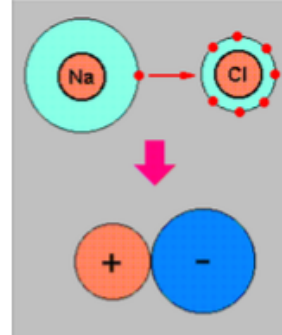
☐ Text

27. Für das Erklären von „Ionenbindung“ würde ich das folgende Modell wählen: *

Markieren Sie nur ein Oval.



☐ Lewis-Schreibweise



☐ Bohrsches Atommodell

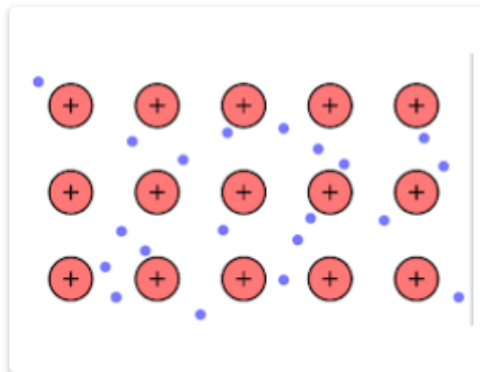
Ionenbindungen entstehen, wenn sich elektropositive und elektronegative Elemente miteinander verbinden. Die Verbindung entsteht durch den Übergang von Elektronen des einen Atoms auf das des anderen. Dabei findet eine Ladungsverschiebung statt und es wird kein gemeinsames Elektronenpaar gebildet wie bei der Atombindung, sondern es entstehen positive und negative Ionen. Edalgaskonfiguration wird also entweder durch die Aufnahme oder die Abgabe eines Elektrons erzielt. Dabei entsteht ein nach außen hin elektrisch neutrales Molekül.

☐ Text

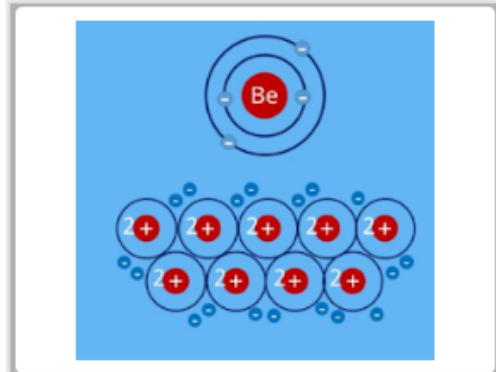
28. Für das Erklären von „Metallbindung“ würde ich das folgende Modell wählen: *

Die Atomrümpfe stellen Beryllium-Ionen dar.

Markieren Sie nur ein Oval.



☐ Symbolische Darstellung

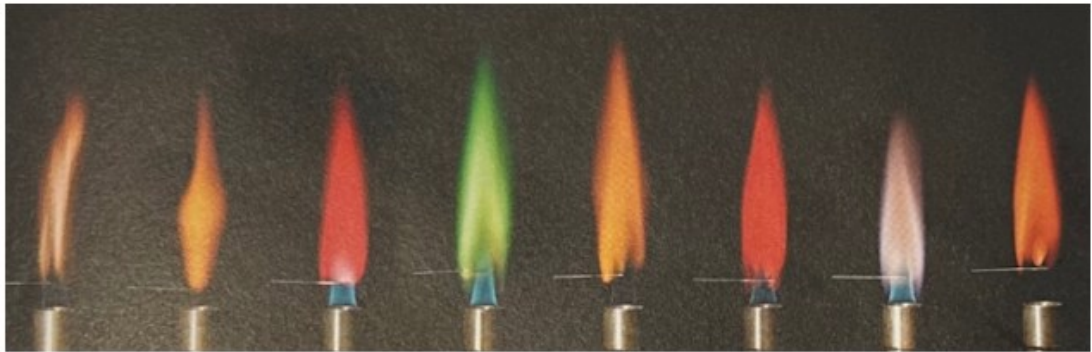


☐ Bohrsches Atommodell

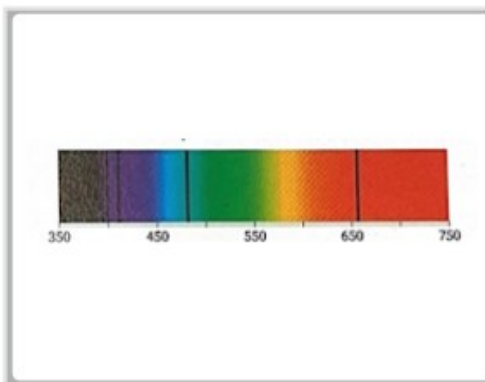
Alle Atome haben das Ziel, die Oktettregel zu erfüllen. Das bedeutet, dass sie gern acht Außenelektronen besitzen wollen. Um diese Oktettregel zu erfüllen, können die Atome Elektronen aufnehmen oder Außenelektronen abgeben. Metallatome nutzen den Weg der Außenelektronenabgabe. Dadurch bilden sich positiv geladene Ionen, die Kationen. Diese Metallkationen werden auch als Metallrümpfe bezeichnet. Die Metallrümpfe ordnen sich regelmäßig, also in geordneten Reihen, in einem Raum an. Die abgegebenen Elektronen gehören nun nicht mehr nur zu einem Metallkation. Stattdessen können sie sich frei bewegen. Alle frei beweglichen Elektronen werden auch als Elektronengas bezeichnet.

☐ Text

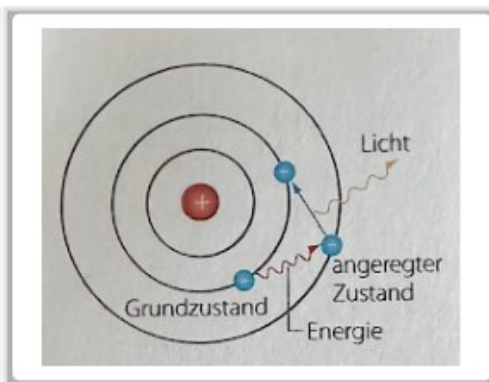
29. Für die Erklärung der Flammenfärbung würde ich folgende(s) Modell(e) wählen: *
Es sind Mehrfachnennungen möglich.



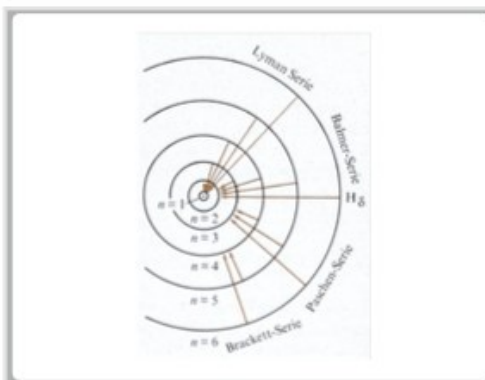
Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.



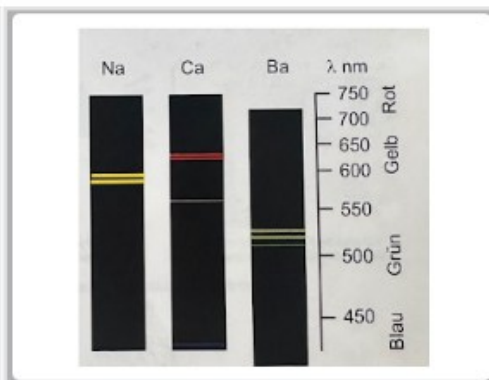
☐ Modell 1: Linienspektrum, das durch das Licht einer Gasentladungsröhre mit Wasserstoff verursacht wird



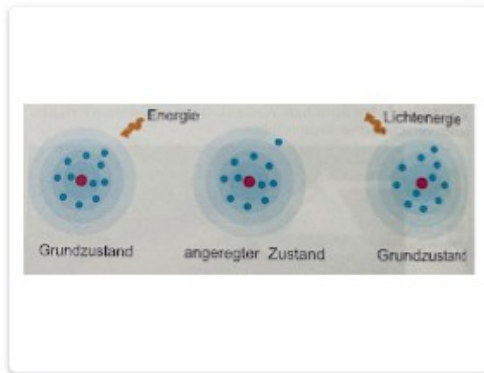
☐ Modell 2: Lichtemission



☐ Modell 3: Zustandekommen der Spektralserie des Wasserstoffatoms nach dem Schalenmodell



☐ Modell 4: Linienspektren von Natrium Na, Calcium Ca und Barium Ba



☐ Modell 5: Energieabgabe und -aufnahme eines Atoms

Dieser Inhalt wurde nicht von Google erstellt und wird von Google auch nicht unterstützt.

Google Formulare