

Vorst, Helena van [Hrsg.]; Sumfleth, Elke [Hrsg.]
Von Sprosse zu Sprosse. Innovative Erarbeitung des Bohr'schen Atomkonzepts mit der Lernleiter

Münster ; New York : Waxmann 2020, 154 S. - (Ganz In)



Quellenangabe/ Reference:

Vorst, Helena van [Hrsg.]; Sumfleth, Elke [Hrsg.]: Von Sprosse zu Sprosse. Innovative Erarbeitung des Bohr'schen Atomkonzepts mit der Lernleiter. Münster ; New York : Waxmann 2020, 154 S. - (Ganz In)
- URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-202131 - DOI: 10.25656/01:20213

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-202131>

<https://doi.org/10.25656/01:20213>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Von Sprosse zu Sprosse

Innovative Erarbeitung des Bohr'schen Atomkonzepts
mit der Lernleiter

Helena van Vorst, Elke Sumfleth (Hrsg.)

STIFTUNG
MERCATOR

IFS  Institut für
Schulentwicklungs-
forschung



Ministerium für
Schule und Bildung
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ganz In. Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganzttagsgymnasium NRW

Materialien für die Praxis

herausgegeben von
Hanna Pfänder und Wilfried Bos

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Print-ISBN 978-3-8309-4093-7
E-Book-ISBN 978-3-8309-9093-2

Waxmann Verlag GmbH, 2020
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Inna Ponomareva, Jena
Umschlagfoto: © Panumas – stock.adobe.com
Druck: Elanders GmbH, Waiblingen

Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Nicht-kommerziell
Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International
(CC BY-NC-SA 4.0)



Vorwort der Reihenherausgeber

Das Projekt *„Ganz In. Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganzttagsgymnasium NRW“* ist ein gemeinsames Projekt der Stiftung Mercator, dem Institut für Schulentwicklungsforschung, dem Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen sowie der Universitätsallianz Metropole Ruhr. Das übergeordnete Projektziel ist es, ausgewählte Gymnasien bei der Entwicklung des Ganztags zu begleiten. Dabei gilt es, die Schulen bei ihrer Arbeit und in ihrer Unterrichtsentwicklung so zu unterstützen, dass alle Schülerinnen und Schüler – insbesondere auch diejenigen mit Migrationshintergrund oder niedrigem sozio-ökonomischen Status – im Ganzttag bestmöglich individuell gefördert werden.

Nachdem die erste Phase des Projekts bis Oktober 2015 für die beteiligten Schulen vor allem die organisationale und strukturelle Umgestaltung auf den Ganztagsbetrieb bedeutete, standen in der zweiten Projektphase bis Juni 2019 insbesondere die Ausgestaltung der Lerngelegenheiten im Fokus der Projektschulen und der wissenschaftlichen Begleitung. Eine besondere Stärke des Projektes liegt in der intensiven Begleitung der unterschiedlichen schulischen Akteursgruppen. Schulleitungen, Ganztagskoordinatorinnen und -koordinatoren sowie ausgewählte Lehrkräfte der Projektschulen erhalten die Möglichkeit an – durch Schulentwicklungsberaterinnen und -berater des Instituts für Schulentwicklungsforschung moderierten – regionalen Netzwerktreffen teilzunehmen und hier im professionellen Diskurs mit Kolleginnen und Kollegen die eigene inhaltliche Konzeptgestaltung, organisatorisch-strukturelle sowie personelle Weiterentwicklungen zu reflektieren und zu optimieren. Ein zentraler Baustein des Projektes sind darüber hinaus die bedarfsorientierten und individuell zugeschnittenen schulischen Projekte in den Fächern Deutsch, Englisch, Mathematik, Biologie, Chemie und Physik sowie in den übergreifenden Themen wie Sprachbildung, individuelle Förderung oder selbstreguliertes Lernen. Übergreifende Schwerpunkte dabei sind die Entwicklung von Diagnose- und Förderinstrumenten und für den Ganzttag geeigneten Unterrichtskonzepten sowie die Verbindung der unterschiedlichen Lerngelegenheiten im Ganzttag.

In den vergangenen Jahren hat das wissenschaftliche Konsortium des Projekts in Kooperation mit Schulpraktikerinnen und -praktikern, wertvolle Erkenntnisse zur Gestaltung des Ganztags gewonnen. Ihre vielfältigen Ergebnisse präsentieren sie in dieser Praxisreihe zu dem Projekt. In den Veröffentlichungen stellen sie die entwickelten Konzepte und Erfahrungen der Ganz In-Gymnasien unter anderem in Form von Unterrichtsmaterialien, Prozessbeschreibungen und Handlungsempfehlungen zur Verfügung. Gemeinsam ist allen Bänden der Anspruch, erfahrungsbasiert erprobte Materialien auszuwählen und diese interdisziplinär mit Bezug zu aktuellen ganztagspezifischen Diskursen und dem Forschungs- und Wissensstand der zentralen Referenzdisziplinen einzuordnen. Die Bände richten sich an die unterschiedlichen durch das Projekt angesprochenen Akteure in der Wissenschaft, Schulpraxis und Bildungsadministration.

Hanna Pfänder
Wilfried Bos

Inhalt

Helena van Vorst, Marie-Therese Hauerstein

I. Strukturierung von Unterricht mit dem Lernleiter-Konzept.....	7
---	----------

Helena van Vorst, Elke Sumfleth

II. Entwicklung binnendifferenzierter Lernaufgaben für den Chemieunterricht	15
--	-----------

Helena van Vorst, Martina Strübe

III. Systematische Förderung der Modellkompetenz mithilfe der Lernleiter	21
---	-----------

Ferdinand Stebner, Corinna Schuster, Xenia-Lea Weber, Julian Roelle & Joachim Wirth

IV. Indirekte Förderung des selbstregulierten Lernens – Praxistipps für den Fachunterricht	28
---	-----------

V. Literatur.....	39
--------------------------	-----------

Anhang

1. Materialien Atombau.....	43
------------------------------------	-----------

2. Materialien Schalenmodell.....	80
--	-----------

3. Materialien Schalenmodell/Periodensystem.....	116
---	------------

1. Strukturierung von Unterricht mit dem Lernleiter-Konzept

1. Strukturierung als Merkmal von Unterrichtsqualität

Wie sieht ein erfolgreicher und effektiver Unterricht aus? Wie kann ein systematischer und kumulativer Wissensaufbau gefördert werden? Solche und ähnliche Fragen beschäftigen Lehrerinnen und Lehrer sowie Forscherinnen und Forscher schon seit langer Zeit. Dabei wird eine transparente und systematische *Strukturierung* des Unterrichts als eine wichtige Grundlage für den erfolgreichen Verlauf von Lernprozessen gesehen (Helmke, 2017; Meyer, 2013). Doch gerade die naturwissenschaftlichen Fächer müssen sich nach wie vor dem Vorwurf stellen, einen vernetzten Wissensaufbau zu wenig zu fördern (Gilbert, 2006; Parchmann, Ralle & Di Fuccia, 2008).

Was jedoch unter einer klaren Strukturierung zu verstehen ist, wird in der Literatur nicht eindeutig beschrieben. Allgemein verstehen Hospel und Galand (2016) unter Strukturierung die Klarheit über die Erwartungen der Lehrkraft an die Lernenden und den Weg zur Erreichung der Unterrichtsziele. Demnach äußert sich Strukturierung in einem für Lernende und Lehrende erkennbaren „roten Faden“, der nicht nur die Ziele des Unterrichts vorgibt, sondern auch den Unterrichtsprozess transparent beschreibt (Meyer, 2013; Seidel & Shavelson, 2007). Fasst man die unterschiedlichen Definitionen zusammen, lassen sich zwei Facetten der Unterrichtsstrukturierung ableiten (Holländer, 2010):

- 1) **Inhaltsstrukturierung:** Die Facette der Inhaltsstrukturierung beschreibt die sachlogische Gliederung der Unterrichtsinhalte. Dazu werden die Unterrichtsziele klar formuliert und in eine sinnvolle Abfolge gebracht, die sowohl der fachlichen Struktur Rechnung trägt als auch die Voraussetzungen der Lernenden in den Blick nimmt.
- 2) **Prozessstrukturierung:** Die Facette der Prozessstrukturierung beschreibt die methodisch-didaktische Gestaltung des Unterrichts und bezieht sich damit auf eine Strukturierung des Unterrichtsgangs, der zur Erreichung der Unterrichtsziele genutzt werden soll. Hierbei sind z. B. auch typische Elemente des Classroom-Managements von Bedeutung.

Um eine gelungene Strukturierung des Unterrichts zu erreichen, werden in der Literatur zahlreiche Methoden der Inhalts- und Prozessstrukturierung beschrieben. Concept-Maps oder Advance Organizer sind nur zwei Beispiele für prominente Methoden, die gegenwärtig im Unterricht zum Einsatz kommen. Sie dienen zur Abbildung einer Inhaltsstruktur und werden z. B. für die Beschreibung der Zusammenhänge innerhalb eines Fachinhalts vor oder nach einem erfolgten Lernprozess genutzt. Wahser (2008) und Walpuski (2006) beschreiben zusätzlich Strukturierungshilfen, die Lernende beim Durchlaufen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses unterstützen sollen und damit stärker auf die Prozessstruktur des Unterrichts fokussieren. Eine weitere Strukturierungsmethode stellen *Lernleitern* dar. Sie bieten eine Möglichkeit, Inhalts- und Prozessstrukturierung miteinander zu verbinden und bilden damit den vollständigen Lernprozess der Schülerinnen und Schüler transparent ab.

2. Das Lernleiter-Konzept als Strukturierungsmethode

Das Konzept der Lernleitern wurde in den 1980er Jahren in Indien entwickelt. Das ursprüngliche Ziel dieser Methode war es, das gemeinsame Unterrichten von Schülerinnen und Schülern unterschiedlichen Alters mit unterschiedlichem Vorwissen in einem Klassenraum durch eine einzelne Lehrkraft zu ermöglichen und damit eine reguläre Schulbildung in der indischen Landbevölkerung zu etablieren (Girg, Lichtinger & Müller, 2012).

In Deutschland fand das Lernleiter-Konzept eine erste Verbreitung vor allem an Grundschulen im Raum Regensburg.

2.1 Grundlagen des Lernleiter-Konzepts

In ihrer ursprünglichen Form bildet eine Lernleiter den Unterrichtsinhalt sowie die verwendeten Unterrichtsmethoden in einer linearen Abfolge einzelner Bausteine ab. Dazu wird der Fachinhalt zunächst in inhaltliche Abschnitte gegliedert. Jeder inhaltliche Abschnitt bildet einen s. g. *Milestone*, der einer Leitersprosse entspricht. Der Unterrichtsprozess wird wiederum durch einzelne Bausteine innerhalb eines Milestones abgebildet. Sie folgen stets einem festen Muster:

- Baustein 1 (*Einführung und Erarbeitung*): Erwerb neuen Wissens
- Baustein 2 (*Vertiefung, Übung, Anwendung*): Gelegenheit zur selbstständigen Anwendung und Festigung des Wissens
- Baustein 3 (*Evaluation*): Diagnose möglicher Wissenslücken
- Baustein 4 (*Förderungsübung*): Bearbeitung von Übungsaufgaben, um mögliche Lücken zu schließen
- Baustein 5: (*Ausweitende Aktivität*): Vertiefung und Transfer des erworbenen Wissens

Innerhalb eines Bausteins bildet ein Piktogramm sowohl den Inhalt als auch die genutzte Methodik und Sozialform ab. Zusätzlich verweisen Zahlen auf den Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe. Auf diese Weise entsteht eine Abbildung des vollständigen Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler, die auf einem Poster im Klassenraum stets präsent ist.

Die Aufgabenstellung, die innerhalb eines Bausteins zu bearbeiten ist, wird auf einer Aktivitätskarte beschrieben. In der Kopfzeile einer Aktivitätskarte werden sowohl das Piktogramm als auch der Schwierigkeitsgrad des Bausteins aufgeführt, sodass eine eindeutige Zuordnung der Aktivitätskarten zu den Bausteinen möglich ist. Durch diese Form der Kodierung können Schülerinnen und Schüler selbstständig mit dem Material der Lernleiter arbeiten und individuell von Baustein zu Baustein voranschreiten.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, wurden im Verlauf der Anpassung des Lernleiter-Konzepts über die rein lineare Anordnung der Bausteine hinaus auch systemische Lernleitern entwickelt, die einer stärkeren Vernetzung von Inhalten und Unterrichtsprozessen Rechnung tragen. Zusätzlich ist eine Kombination aus linearen und systemischen Segmenten in der Lernleiter denkbar. Dabei folgt auf einen linearen Abschnitt eine systemische Struktur oder umgekehrt.

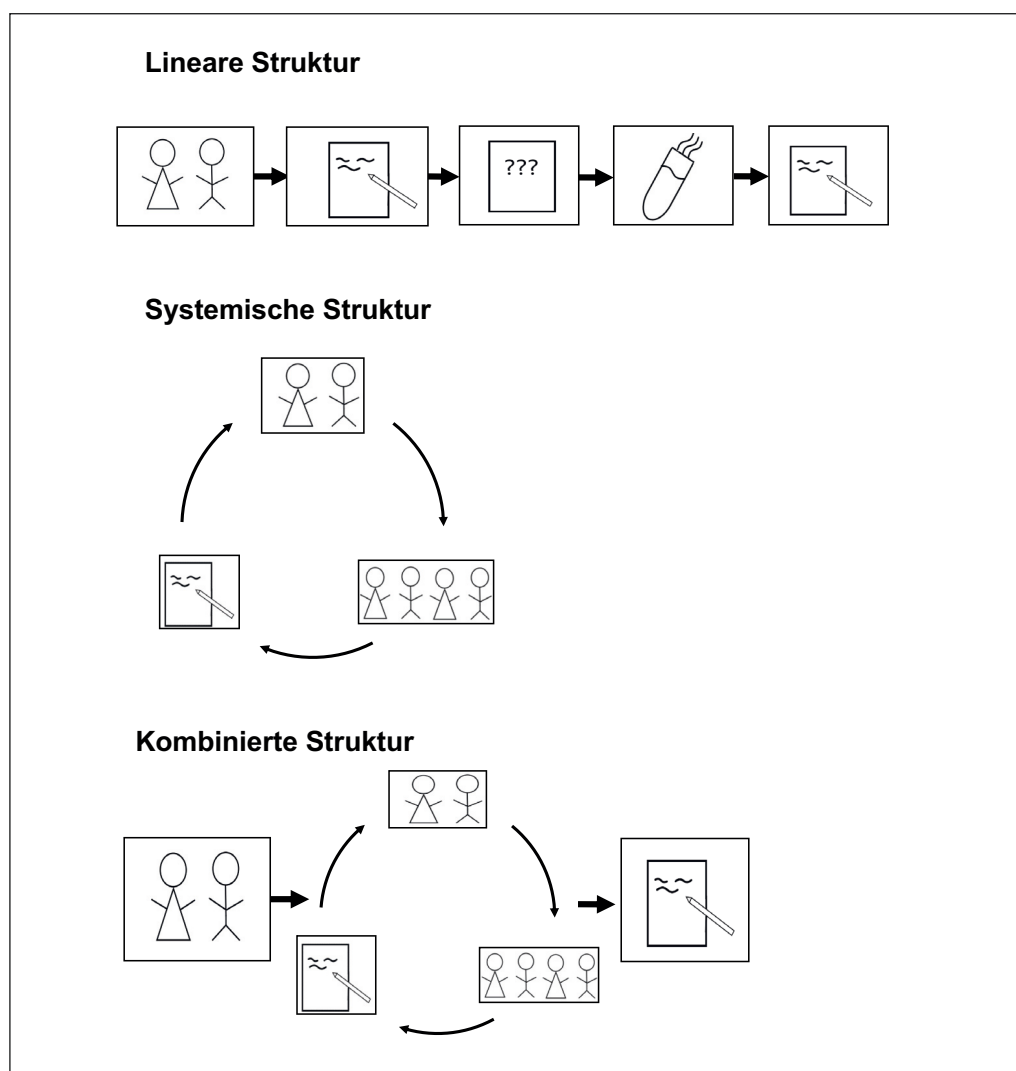


Abbildung 1:
Mögliche Strukturen einer
Lernleiter (in Anlehnung an
Girg, Lichtinger & Müller,
2012)

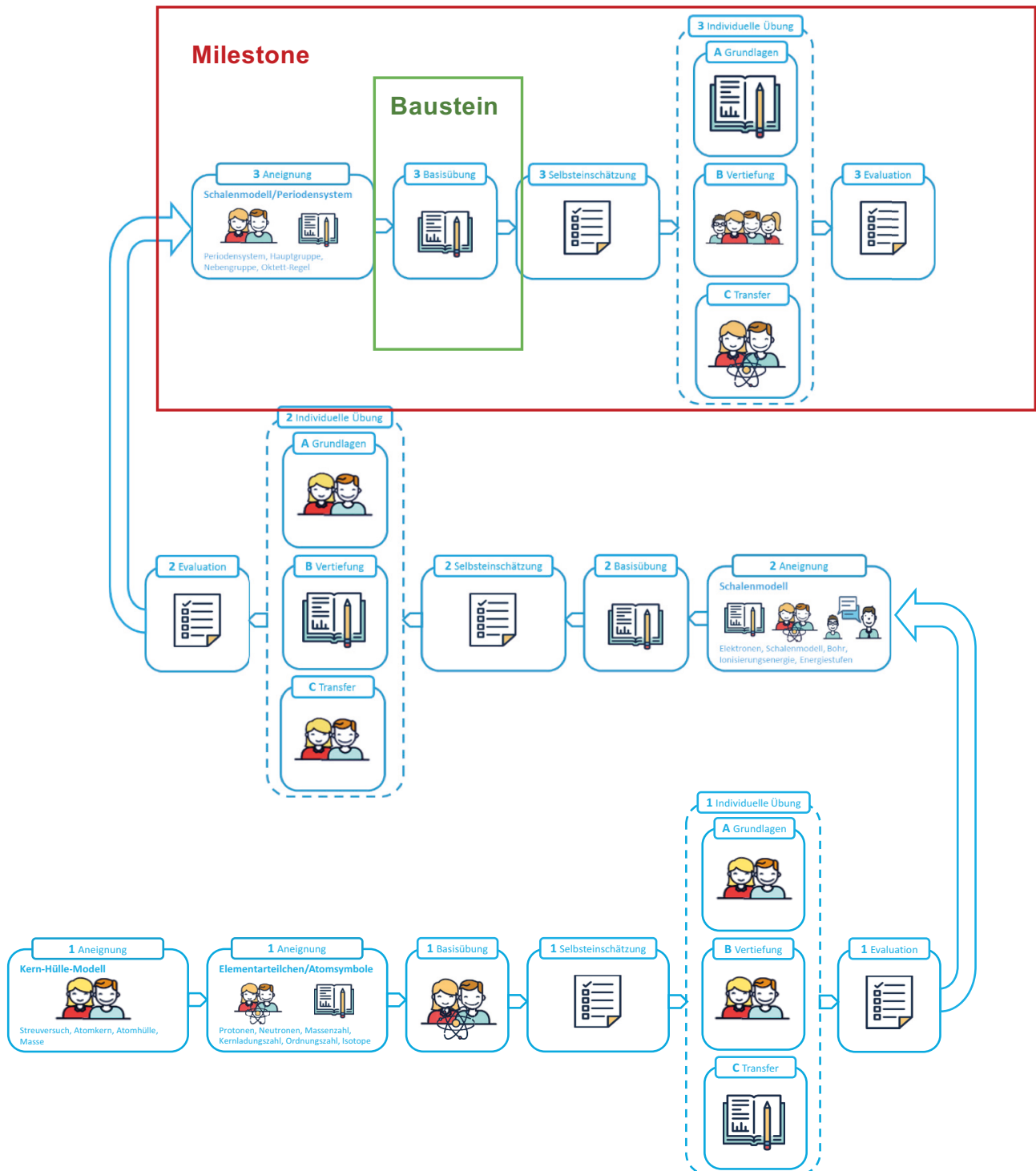
2.2 Eine Lernleiter zum Atombau

Im Rahmen der chemiedidaktischen Begleitung innerhalb des Ganz In-Projekts wurde das Lernleiter-Konzept als Grundlage für die Entwicklung einer binnendifferenzierenden Unterrichtseinheit zur Einführung des Atommodells nach Bohr im Chemieunterricht der Sekundarstufe I genutzt. Dazu wurden die Fachinhalte zum Atombau in drei Milestones gegliedert (Tabelle 1).

Milestone 1	Rutherfords Streuversuch, Kern-Hülle-Modell, Atomkern, Atomhülle, Protonen, Neutronen, Isotope
Milestone 2	Elektronen, Schalenmodell, Ionisierungsenergie
Milestone 3	Periodensystem, Hauptgruppen, Oktett-Regel

Tabelle 1:
Übersicht über die zentralen
Themen der drei Milestones
der Lernleiter zum Atombau
(van Vorst, 2018b)

Abbildung 2:
Lernleiter zum Atombau,
entwickelt im Rahmen
der chemiedidaktischen
Begleitung im Projekt
Ganz In



Die Basis der entwickelten Lernleiter zum Atombau bildet eine kombinierte Struktur. Analog zur ursprünglichen Version aus Indien folgen die Bausteine eines Milestones der Lernleiter zum Atombau einer festen Abfolge:

- 1) Aneignungsphase: Erarbeitung neuer Fachinhalte
- 2) Basisübung: Erste eigenständige Anwendung des erworbenen Wissens
- 3) Selbsteinschätzung: Diagnose der eigenen Kompetenzen mithilfe eines Selbsteinschätzungsbogens
- 4) Individuelle Übung: Binnendifferenzierte Bearbeitung von Übungsaufgaben auf drei Schwierigkeitsniveaus
- 5) Evaluation: Schriftliche Leistungsüberprüfung

Die Bausteine zur Aneignungsphase (1), Basisübung (2) und Selbsteinschätzung (3) folgen zunächst einer linearen Struktur. Für die Phase der individuellen Übung (4) wurde eine systemische Komponente in den Milestone integriert. Der letzte Baustein zur Evaluation (5) schließt sich linear an.

Piktogramme visualisieren innerhalb eines Bausteins die genutzte Sozialform bzw. Methode und verdeutlichen damit die Prozessstruktur der Unterrichtseinheit. Im ersten Baustein eines Milestones werden darüber hinaus die wesentlichen fachinhaltlichen Begriffe und Konzepte des jeweiligen Milestones aufgeführt, sodass insgesamt auch die Inhaltsstruktur nachvollzogen werden kann. Zahlen innerhalb der Bausteine repräsentieren die Zugehörigkeit zu den einzelnen Milestones, während Buchstaben für die Schwierigkeitsniveaus der Aufgaben innerhalb der Phase zur individuellen Übung genutzt werden. Abbildung 2 veranschaulicht die entwickelte Lernleiter zum Bohrschen Atommodell im Ganz In-Projekt. Diese Abbildung wurde als Poster in den Chemiefachräumen während der Arbeit mit der Lernleiter aufgehängt und den Lernenden zusätzlich in Form eines Arbeitsblattes zur Verfügung gestellt. Damit konnten die Schülerinnen und Schüler stets ihren Fortschritt in der Lernleiter nachvollziehen und einen vollständigen Überblick über die bereits abgeschlossenen sowie noch bevorstehenden Inhalte und Unterrichtsschritte erhalten.

Um das selbstregulierte Lernen der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen, wurde in jeden Milestone ein Baustein zur Selbsteinschätzung integriert, mit dessen Hilfe die Lernenden ihre bisherigen Kompetenzen eigenständig diagnostizieren sollen. Hierzu wurden in Anlehnung an den Ansatz von Kallweit (2015) passende Selbsteinschätzungsbögen entwickelt (siehe Abbildung 3), in welchen die zu erwerbenden Kompetenzen des Milestones in schülergerechter Sprache aufgelistet wurden. Jeder Kompetenz wurde passendes Übungsmaterial zugeordnet, welches die Schülerinnen und Schüler in der individuellen Übungsphase bearbeiten sollen, falls sie über die jeweilige Kompetenz noch nicht verfügen. Sind die Lernenden der Meinung, die geforderten Kompetenzen bereits erworben zu haben, steht auf der höchsten Niveaustufe eine Transferaufgabe zur Verfügung.

Zur weiteren Unterstützung des selbstregulierten Lernens innerhalb der Lernleiter wurden im Arbeitsmaterial der individuellen Übungsphase zusätzliche Symbole integriert, die auf unterschiedliche Arbeitsschritte des selbstregulierten Lernens verweisen und die Lernenden somit im Verlauf ihres selbstständigen Lernprozesses bei der Selbstregulation unterstützen sollen (siehe Kapitel 4). Zusätzlich wurden passende Arbeitsaufträge ergänzt, welche die Schülerinnen und Schüler beispielsweise dazu auffordern, sich für den weiteren Arbeitsprozess ein Ziel zu setzen oder zum Abschluss der Bearbeitung eines Übungsmaterials den eigenen Lernprozess zu reflektieren, um die Reflexion des eigenen Kompetenzerwerbs über den Selbsteinschätzungsbogen hinaus aufrecht zu erhalten.

Um den Schülerinnen und Schülern das selbstständige Arbeiten mit der Lernleiter zu erleichtern, wurde das Kodiersystem der Lernleiterabbildung (siehe Abbildung 2) in der Kopfzeile der einzelnen Lernmaterialien aufgeführt, sodass eine eindeutige Zuordnung der Materialien zu den jeweiligen Bausteinen ermöglicht wird. Darüber hinaus wurde ein Einführungsvideo erstellt, welches das Lernleiter-Konzept sowie die Arbeit mit der Lern-









Meine Fähigkeiten	Das kann ich.	Da bin ich fast sicher.	Da bin ich mir unsicher.	Das kann ich noch nicht.	Übungsaufgaben
Ich kann die Begriffe <i>Hauptgruppe</i> und <i>Periode</i> definieren.					3A 
Ich kann erklären, was man unter der Oktett-Regel versteht.					3A 
Ich kann die Kriterien nennen, nach denen die Elemente im Periodensystem angeordnet sind.					3A 
Ich kann das Element Chlor in Lewis-Schreibweise darstellen.					3A 
Ich kann aus dem Aufbau eines Elements im Schalenmodell seine Position im Periodensystem ableiten und umgekehrt.					3B 
Ich kann Unterschiede und Gemeinsamkeiten verschiedener Darstellungsformen des Periodensystems benennen.					3B 
Ich kann ein Element mit der Lewis-Schreibweise darstellen, wenn ich seinen Aufbau im Schalenmodell oder seine Position im Periodensystem kenne.					3B 
Wenn du bei den oberen Aussagen immer „Das kann ich.“ angekreuzt hast, dann bearbeite folgende Aufgaben:					3C 

Abbildung 3:
Beispiel für einen
Selbsteinschätzungsbogen
des Lernleiter-Materials

leiter zum Atombau erklärt. Dieses Video kann den Schülerinnen und Schülern vor Beginn der Arbeit mit der Lernleiter gezeigt werden, um strukturelle und organisatorische Fragen bereits vorab klären zu können.

3. Evaluation der Lernleiter zum Atombau

Um die Effektivität der entwickelten Lernleiter zu überprüfen, wurde die Implementierung des Materials wissenschaftlich begleitet. Dazu wurde das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler zum Thema Atombau vor und nach der Unterrichtsreihe mithilfe eines Multiple-Choice-Tests erhoben. Zusätzlich wurde auch das Interesse der Lernenden am Chemieunterricht sowie ihre Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Fach Chemie (chemiebezogenes Selbstkonzept) mithilfe eines Fragebogens erfasst. Um auch die Einschätzung der Lernenden der Klassen mit Lernleiter-Unterricht beschreiben zu können, wurden jeweils drei Schülerinnen und Schüler aus jeder Lernleiter-Klasse interviewt. Zusätzlich sollte ein Vergleich der Ergebnisse zur Lernleistung und dem Schülerinteresse mit regulärem Chemieunterricht ermöglicht werden, sodass auch Schülerinnen und Schüler vergleichbarer Schulen vor und nach der Unterrichtsreihe zum Bohrschen Atomkonzept

mithilfe der Fragebögen getestet wurden. Eine detaillierte Übersicht über die dabei erhaltenen Ergebnisse können bei van Vorst (2018) nachgelesen werden. Im Folgenden werden zentrale Erkenntnisse aus der Evaluationsuntersuchung zusammengefasst.

3.1 Ergebnisse zum Lernerfolg, Interesse und Selbstkonzept

Insgesamt erlauben die Ergebnisse der Fragebogenstudie eine positive Bilanz des Lernleiter-Einsatzes. Betrachtet man zunächst den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler, wird deutlich, dass die Lernenden der Lernleiter-Klassen einen höheren Lernzuwachs zeigen als Lernende, die einen regulären Chemieunterricht erfahren haben. Dieses Ergebnis kann für alle Leistungsgruppen gleichermaßen festgestellt werden. Bei einer genaueren Betrachtung der Schülerleistungen im Fachwissenstest wird darüber hinaus deutlich, dass es den leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern der Lernleiter-Klassen gelingt, dasselbe Leistungsniveau zu erreichen wie es die leistungsstarken Schülerinnen und Schüler in den Kontrollklassen mit regulärem Chemieunterricht zeigen. Diese verbesserte Leistung im Fachwissen spiegelt sich auch in der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Fach Chemie (chemiebezogenes Selbstkonzept) wider: Während die Schülerinnen und Schüler der Kontrollklassen keine Veränderung im chemiebezogenen Selbstkonzept zeigen, trauen sich Lernende der Lernleiter-Klassen im Fach Chemie nach der Unterrichtseinheit mit der Lernleiter mehr zu und schätzen ihre eigenen Fähigkeiten im Fach Chemie insgesamt höher ein.

Auch in Bezug auf das Interesse am Fach Chemie und seinen Inhalten kann ein positives Ergebnis durch den Lernleiter-Einsatz erzielt werden: Während sich das Interesse der Schülerinnen und Schüler der Kontrollklassen im Verlauf der Unterrichtsreihe zum Atombau rückläufig entwickelt, bleibt das Interesse der Lernenden der Lernleiter-Klassen stabil. Betrachtet man die Ergebnisse differenziert nach unterschiedlichen Leistungsgruppen, wird deutlich, dass vor allem leistungsschwache Schülerinnen und Schüler von der Lernleiter-Methode profitieren. Diese Schülergruppe zeigt sogar einen Zuwachs im Interesse am Fach Chemie und seinen Inhalten.

3.2 Schülerrückmeldungen aus den Interviews

Im Rahmen der durchgeführten Schülerinterviews wurden zwei Aspekte fokussiert: Erfahrungen im vorherigen, regulären Chemieunterricht und Erfahrungen im Unterricht mit dem Lernleiter-Konzept. Dabei gab eine große Mehrheit der Lernenden positive Rückmeldungen zum Lernen mit der Lernleiter. Vor allem leistungsschwache Schülerinnen und Schüler sowie Lernende mit mittlerem Leistungsstand betonten eine bessere Verständlichkeit der Fachinhalte durch das Lernleiter-Material. Diese Schülergruppe stellte zudem die transparente Strukturierung als förderlich für ihren Lernprozess heraus. Einige leistungsstarke Schülerinnen und Schüler kritisierten in diesem Zusammenhang jedoch eine fehlende Spontanität im Unterrichtsgeschehen. Aus den entsprechenden Schüleräußerungen ließ sich an dieser Stelle ableiten, dass den Lernenden die Planung einer Unterrichtsstunde bzw. einer vollständigen Unterrichtseinheit nicht Bewusst ist. Schülerinnen und Schüler scheinen den Unterrichtsverlauf als eine mehr oder minder spontane Entwicklung wahrzunehmen, da für sie die dahinerstehende Planung der Lehrkraft in aller Regel nicht transparent ist.

Eine besondere Wertschätzung zeigten die Lernenden der Möglichkeit der Selbsteinschätzung gegenüber. Obwohl einige Schülerinnen und Schüler durchaus zugaben, sich bei der Auswahl der Aufgaben für die individuelle Übungsphase mit dem Sitznachbarn oder einer Freundin abgesprochen zu haben, schätzten es die Lernenden sehr, schon wäh-

rend des Lernprozesses selbstständig über ihren Lernfortschritt reflektieren zu können und bei Bedarf auf geeignete Unterstützungsangebote zurückgreifen zu können.

4. Fazit zum Lernleiter-Einsatz im Chemieunterricht

Betrachtet man die Ergebnisse zum Lernleiter-Einsatz zusammenfassend, erweist sich die Lernleiter als geeignete Strukturierungsmethode für die transparente Abbildung binnendifferenzierter Lernprozesse. Dabei bietet sie Lernenden eine Orientierung sowohl hinsichtlich der zentralen Unterrichtsinhalte und fachlichen Konzepte als auch bezüglich der methodischen Organisation des Unterrichts. Dies bestätigen die Schülerrückmeldungen der durchgeführten Interviews. Gleichzeitig unterstreichen die Ergebnisse der Fragebogenstudie den positiven Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler sowie auf das chemiebezogene Selbstkonzept der Lernenden. Hinsichtlich des Interesses zeigen sich vor allem Erfolge bei leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern, deren Fachinteresse gesteigert werden konnte. Insgesamt kann die Lernleiter-Methode damit einen Beitrag zur Förderung leistungsschwacher Lernender leisten, ohne dabei leistungsstarke Schülerinnen und Schüler aus dem Blick zu verlieren. Der bausteinartige Aufbau der Lernleiter erlaubt es Lehrkräften darüber hinaus, Inhalte und Methoden an die individuellen Bedürfnisse und Gegebenheiten an der jeweiligen Schule anzupassen, indem Bausteine ersetzt, umstrukturiert oder ergänzt werden. So lassen sich auch beispielsweise weitere Förderschwerpunkte, z.B. hinsichtlich des Fachsprachenerwerbs einfach integrieren und so eine noch gezieltere Förderung umsetzen. Die kokonstruktive Zusammenarbeit zwischen den Lehrkräften des Ganz In-Projekts und der Chemiedidaktik der Universität Duisburg-Essen verdeutlicht zusätzlich, dass die Entwicklung einer vollständigen Lernleiter und damit die Umsetzung von Innovationen in der Unterrichtspraxis vor allem dann gelingt, wenn Teams von Lehrkräften arbeitsteilig zusammenarbeiten und in ihrem Entwicklungsprozess unterstützt werden. So kann die zusätzliche Arbeitsbelastung, die mit der Neuentwicklung eines Unterrichtskonzepts einhergeht, für die individuelle Lehrkraft verringert werden und so erst eine ganzheitliche Umsetzung im Unterricht ermöglicht werden.

II. Entwicklung binnendifferenzierter Lernaufgaben für den Chemieunterricht

1. Binnendifferenzierung von Lernprozessen

Die Differenzierung schulischen Lernens entlang der individuellen Bedarfe der Schülerinnen und Schüler spielt in der gegenwärtigen bildungspolitischen Diskussion eine immer größere Rolle. Dabei bieten nicht zuletzt die anhaltende Inklusionsdebatte sowie die aktuelle Migrationsentwicklung neue Perspektiven der Differenzierung und Individualisierung von Lernprozessen an Regelschulen. In Nordrhein-Westfalen wurde das Recht auf individuelle Förderung bereits mit der Verabschiedung des geänderten Schulgesetzes in §1 gesetzlich verankert. Die Schulpraxis stellte diese Gesetzesänderung jedoch vor einige Herausforderungen, da die Entwicklung und Implementation geeigneter differenzierender Konzepte noch nicht hinreichend vorangeschritten war, um eine tatsächliche Binnendifferenzierung im Unterrichtsalltag zu ermöglichen. Betrachtet man darüber hinaus die Ergebnisse der PISA-Studie 2015, berichten nach wie vor über die Hälfte der Fünfzehnjährigen in Deutschland über eine seltene oder gar keine Differenzierung ihres naturwissenschaftlichen Unterrichts (Schiepe-Tiska et al., 2016). Oft orientiert sich der reguläre Unterricht an Schülerinnen und Schülern mit mittlerem Leistungsniveau, während besondere Stärken oder Schwächen einzelner Lernender meist unberücksichtigt bleiben (Bönsch, 2012). Die vorherrschende Heterogenität der Schülerschaft erfordert jedoch eine stärkere Berücksichtigung unterschiedlicher Lernvoraussetzungen, um individuelle Lernprozesse bei den Lernenden zu initiieren und einen kumulativen Wissensaufbau zu ermöglichen (Bohl, Bönsch, Trautmann, & Wischer, 2012).

Mögliche Differenzierungsansätze im Unterricht können sehr unterschiedlich aussehen. Dies zeigt sich nicht nur in der Betrachtung angebotener Konzepte der Binnendifferenzierung im Allgemeinen und im Fach Chemie im Speziellen, sondern auch in den Forschungsansätzen und -ergebnissen aus einer wissenschaftlichen Perspektive heraus. In einer ersten Annäherung beschreibt Meyer (2013) unterschiedliche Formen der Differenzierung:

- 1) Personale Differenzierung: Gruppierung von Lernenden gemäß ihrem Leistungsstand oder ihren Interessen
- 2) Didaktische Differenzierung: Differenzierung mithilfe unterschiedlicher Lernziele oder Unterrichtsinhalte
- 3) Sonstige Differenzierung: Eine auf dem Zufall basierende Differenzierung, z.B. aufgrund der Sitzordnung

Aus dieser groben Beschreibung ergeben sich zahlreiche Ansatzpunkte für die Umsetzung eines binnendifferenzierten Unterrichts. Dieser lässt sich beispielsweise durch eine gezielte Zusammensetzung der Lernenden während einer Kleingruppenarbeit realisieren, aber auch durch die Bereitstellung unterschiedlich komplexer Arbeitsmaterialien, Methoden und Hilfsangebote, eine Variabilität des erwarteten Arbeitsprodukts oder der zur Verfügung gestellten Lernzeit (Dixon, Yssel, McConnell, & Hardin, 2014; Klafki & Stöcker, 1976). Für den Chemieunterricht konnte Anus (2015) in ihrer Studie zeigen, dass eine systematische, diagnosegestützte Differenzierung anhand unterschiedlicher Aufgaben einen positiven Effekt auf den Lernerfolg leistungsstarker und leistungsschwacher Lernender hat. Schülerinnen und Schüler mit mittlerem Leistungsvermögen erreichten bessere Lernerfolge, wenn sie ihre Aufgaben zufällig auswählen oder undifferenziert nacheinander bearbeiten konnten. Insgesamt verdeutlicht die gegenwärtige Forschungslage zu den Ef-

fekten binnendifferenzierten Unterrichts, dass eine systematische Differenzierung mithilfe geeigneter Lernaufgaben im Unterricht das Potential hat, die Stärken und Schwächen der Lernenden zu berücksichtigen und damit Schülerinnen und Schüler in ihrem individuellen Wissenserwerb zu unterstützen (Tomlinson et al., 2003). Gleichzeitig betonen Bohl und Kollegen (2012) die Notwendigkeit einer Systematisierung und strukturierten Organisation binnendifferenzierter Lernprozesse, um eine Willkürlichkeit und zu starke Öffnung der Lernsettings zu vermeiden und damit vor allem leistungsschwächere Lernende nicht zu überfordern.

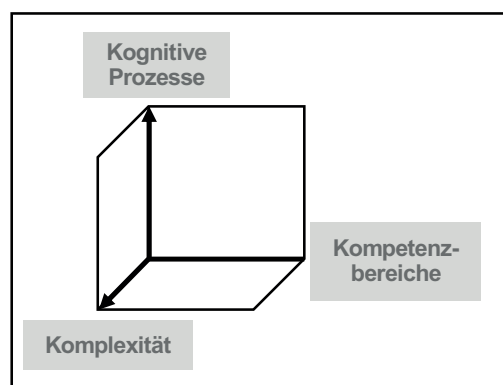
2. Das ESNaS-Kompetenzstrukturmodell als Grundlage einer systematischen Binnendifferenzierung

Um eine systematische Aufgabendifferenzierung im Rahmen des entwickelten Lernmaterials für die Lernleiter zu ermöglichen, wurde ein mehrdimensionales Kompetenzstrukturmodell für die Aufgabenentwicklung adaptiert, das im Rahmen der Überprüfung und Weiterentwicklung der Bildungsstandards im Projekt ESNaS (Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I) entwickelt und validiert wurde (Walpuski et al., 2010). Dieses so genannte ESNaS-Modell wurde für die systematische Entwicklung von Leistungstestaufgaben entwickelt, verbunden mit dem Ziel, das Kompetenzniveau der Schülerinnen und Schüler in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Chemie, Physik und Biologie am Ende der Sekundarstufe I präzise erfassen zu können. Im Rahmen der Aufgabenentwicklung für die Lernleiter zum Bohrschen Atomkonzept wurde das ESNaS-Modell für die Konstruktion von Lern- und Übungsaufgaben für den Unterricht adaptiert. So soll gewährleistet werden, dass die Zuordnung der Aufgabenschwierigkeiten nicht willkürlich erfolgt, sondern systematisch abgestuft und entsprechend der Leistungsniveaus der Lernenden zugeordnet wird.

2.1 Dimensionen des Kompetenzmodells

Das ESNaS-Modell beschreibt die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften auf drei Dimensionen, die in Abbildung 1 dargestellt sind.

Abbildung 4:
Dimensionen des ESNaS-Modells (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth, & Walpuski, 2010)



Dimension „Kompetenzbereiche“

In ihrer Definition beschreibt die Dimension „Kompetenzbereiche“ die in den Bildungsstandards festgelegten Kompetenzbereiche *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung*. Für die Entwicklung der individualisierten Übungsaufgaben innerhalb der Lernleiter wurde der Kompetenzbereich *Fachwissen* als Förderschwerpunkt in den Vordergrund gestellt. Ein zweiter Fokus lag darüber hinaus auf der Förderung der Modellkompetenz der Schülerinnen und Schüler, welche dem Kompetenzbereich der *Erkenntnisgewinnung* zuzuordnen ist.

Dimension „Kognitive Prozesse“

In einer Lern- oder Testaufgabe werden Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, sich mit der darin beschriebenen Situation und/oder den zuvor erlernten Fachinhalten auseinanderzusetzen und diese kognitiv zu verarbeiten, um zu einer geeigneten Lösung zu kommen. Dazu können innerhalb der Aufgabenstellung unterschiedliche Anforderungen an kognitive Verarbeitungsprozesse gestellt werden. Im genutzten Kompetenzstrukturmodell werden vier kognitive Prozesse bei der Aufgabenbearbeitung unterschieden: reproduzieren, selektieren, organisieren und integrieren. Für die Entwicklung der Lernleiter-Aufgaben wurden diese zu zwei kognitiven Prozessen zusammengefasst:

- **Wiedergeben:** Hiermit ist die Wiedergabe von zuvor erlernten oder dem Aufgaben-/Itemstamm entnommenen Informationen gemeint. Diese Aufgaben eignen sich vor allem für Schülerinnen und Schüler, die das notwendige Fachwissen in der vorherigen Lernphase noch nicht hinreichend erworben bzw. die Bedeutung einzelner Fachbegriffe und ihrer Zusammenhänge noch nicht vollständig durchdrungen haben.
- **Anwenden:** Bei der Anwendung werden fachliche Inhalte neu strukturiert oder kategorisiert bzw. auf eine neue Situation übertragen. Dazu wird im Aufgaben- oder Itemstamm eine neue Situation beschrieben, die Schülerinnen und Schüler werden anschließend aufgefordert, ihr erworbenes Wissen mit der neuen Situation funktional in Verbindung zu setzen. Dazu kann auch exemplarisches Wissen der vorherigen Lernphase auf eine übergeordnete Ebene übertragen werden, um z. B. Regeln und Gesetzmäßigkeiten daraus abzuleiten.

Einen Spezialfall stellt der Wechsel zwischen Repräsentationsebenen (z. B. von Text zu Modell, von Grafik zu Text) dar. Wenn etwa Informationen, dargestellt in einer Grafik, in der Aufgabe verbalisiert werden, wird dies dem kognitiven Prozess des Anwendens zugeordnet.

Dimension „Komplexität“

Die Komplexität einer Aufgabe wird durch die Anzahl der Fakten und ihrer Zusammenhänge definiert. Dabei gilt: Je komplexer eine Aufgabe ist, desto schwieriger ist sie. Angelehnt an das zugrundeliegende ESNaS-Modell wurden drei Komplexitätsniveaus unterschieden:

- **Fakt:** Ein Fakt ist beispielsweise eine Bezeichnung bzw. ein Fachbegriff, eine Eigenschaft, ein Symbol, ein Zustand, ein Aspekt oder ein Objekt.
Beispiel: *Ein Elektron ist negativ geladen.*
- **Zusammenhang:** Ein Zusammenhang beschreibt eine relationale, funktionale oder kausale Beziehung zwischen zwei oder mehr Fakten. Dabei werden z. B. gegenseitige Abhängigkeiten oder Bedingungen sowie Wechselwirkungen dargestellt.
Beispiel: *Da in einem Atom eine identische Anzahl an Protonen und Elektronen vorhanden ist, ist das Atom elektrisch neutral.*

- **Konzept:** Ein übergeordnetes Konzept beschreibt allgemein geltende Prinzipien, Gesetze und Regeln, die aus einer oder mehreren exemplarischen Situationen abgeleitet werden können. Dabei werden verschiedene Zusammenhänge zusammengefasst.
Beispiel: *Ein Atom besteht aus positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen im Kern. Um den Kern befinden sich negativ geladene Elektronen.*

2.2 Aufgabenentwicklung auf unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus

Der Kompetenzbereich der Aufgaben wurde durch die Festlegung auf das konkrete Themenfeld (Atomkonzept nach Bohr) im Fach Chemie vorab definiert. Um eine Differenzierung der Aufgabenschwierigkeit im Bereich Fachwissen zu erzielen, wurden die jeweils geforderten kognitiven Prozesse sowie die Komplexität der Aufgaben bestimmt. Dazu sind insgesamt sechs Kombinationsmöglichkeiten theoretisch denkbar, jedoch ist nicht jede davon inhaltlich sinnvoll. Dies betrifft insbesondere die Komplexitätsstufe *Fakt* in Kombination mit dem kognitiven Prozess *Anwenden*: Die Anwendung einzelner Fakten ist in der Praxis nicht umsetzbar, da hierzu stets ein Zusammenhang zwischen den Fakten bzw. zu einem übergeordneten Konzept hergestellt werden muss. Aus diesem Grund ist für die Komplexitätsstufe *Fakt* nur der kognitive Prozess **Wiedergeben** vorgesehen. In Tabelle 2 sind die Kombinationsmöglichkeiten zwischen kognitiven Prozessen und der Komplexitätsstufe zusammengefasst.

Tabelle 2:
Kombinationsmöglichkeiten zwischen der Aufgabenkomplexität und den geforderten kognitiven Prozessen der Aufgabenkonstruktion der differenzierten Lernaufgaben

	Wiedergeben	Anwenden
<i>Fakt</i>	✓	
<i>Zusammenhang</i>	✓	✓
<i>Konzept</i>	✓	✓

Die resultierenden fünf Kombinationsmöglichkeiten wurden drei Schwierigkeitsniveaus zugeordnet, die auf der Grundlage der Ergebnisse aus dem ESNaS-Projekt abgeleitet wurden. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die gewählte Abstufung.

Tabelle 3:
Schwierigkeitsniveaus der differenzierten Lernaufgaben der Lernleiter

	Kognitiver Prozess	Komplexität
Niveau I	Fakt	wiedergeben
	Zusammenhang	wiedergeben
Niveau II	Zusammenhang	anwenden
	Konzept	wiedergeben
Niveau III	Konzept	anwenden

Um Möglichkeiten der konkreten Aufgabenentwicklung entsprechend der Abstufung der Aufgabenschwierigkeit in Tabelle 3 zu veranschaulichen, sind im Folgenden Beispiele für jede Niveaustufe aufgeführt.

Spielanleitung:

1. Mischt die Spielkarten gut durch und verteilt sie gleichmäßig an jede Schülerin/jeden Schüler.
2. Jede Karte enthält auf der Vorderseite eine Frage und auf der Rückseite eine Antwort zu einer anderen Frage. Eine Schülerin/ein Schüler beginnt und liest ihre/seine Frage vor. Beide suchen dann in ihren Karten nach der passenden Antwort.
3. Hat eine Schülerin/ein Schüler die Antwort gefunden, liest sie/er sie vor. Nun wird diese Karte umgedreht und die nächste Frage auf ihrer Rückseite vorgelesen.

Hinweis: Ihr könnt als Hilfestellung den Text „Der Aufbau des Atomkerns“ nutzen.

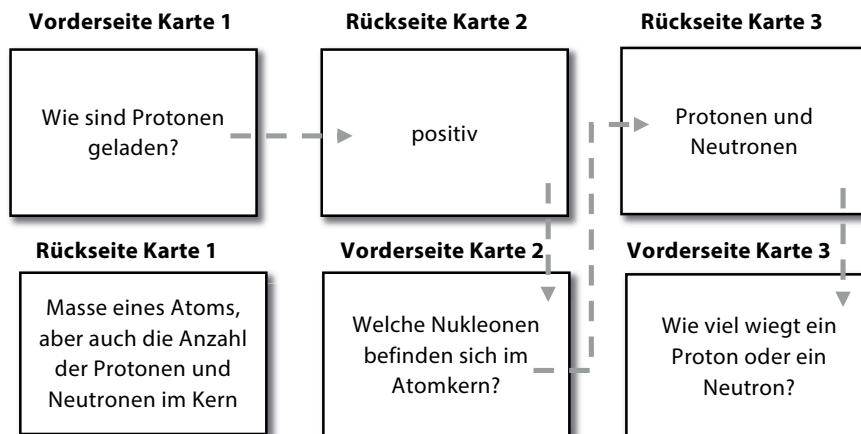


Abbildung 5:
Aufgabenbeispiel zu
Niveau 1 – Ausschnitt aus
dem Spiel „Spiel zum
Atomkern“

Spielanleitung:

1. Mischt die Spielkarten gut durch und verteilt sie gleichmäßig, mit der beschrifteten Seite nach untenliegend an jede Schülerin/jeden Schüler.
2. Auf jeder Karte befindet sich ein Oberbegriff, den die Mitspielerin/ der Mitspieler erraten soll. Derjenige, der den Oberbegriff beschreibt, muss alle darunter stehenden Begriffe bei der Beschreibung verpflichtend verwenden.
3. Wichtig bei der Beschreibung ist, dass der Ratende wartet, bis der andere seine Beschreibung abgeschlossen und alle Begriffe verwendet hat. Erst dann sollte der Oberbegriff genannt werden. Es geht hierbei also nicht um Schnelligkeit!
4. Hat der Ratende den Oberbegriff richtig genannt, bekommt dieser die Spielkarte und kann sie auf seinen Stapel der gewonnenen Karten legen. Wird der Oberbegriff nicht erraten, wird die Karte auf einen separaten Stapel mit allen anderen nicht erratenen Karten gelegt.

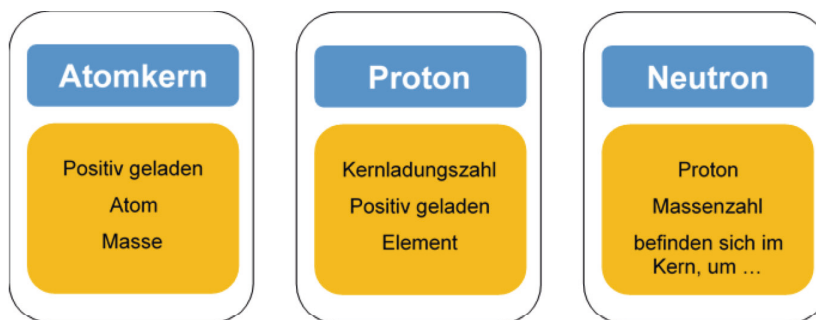


Abbildung 6:
Aufgabenbeispiel zu
Niveau 2 – Ausschnitt aus
dem Spiel „Worträtsel“

Abbildung 7:
Aufgabenbeispiel Niveau 3

- a) Stelle Vermutungen auf, wie sich die Größe der Atomradien eines Natrium-, Kalium- und eines Aluminiumatoms zueinander verhalten. Begründe deine Vermutungen.

Der Atomradius des Natrium-Atoms ist im Vergleich zum Atomradius des...	...kleiner.	...genauso groß.	...größer.
...Kalium-Atoms...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begründung: _____			
...Aluminium-Atoms...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begründung: _____			

3. Fazit

Obwohl das ESNaS-Kompetenzstrukturmodell für die Entwicklung von Leistungstestaufgaben zur Überprüfung der Bildungsstandards entwickelt wurde, ermöglicht das Modell auch die Konstruktion von Lernaufgaben für den Unterricht. Die einzelnen Kombinationen der Dimensionen Komplexität und kognitive Prozesse erlauben eine systematische Abstufung der Aufgabenschwierigkeiten, indem die Auseinandersetzung mit den Lerninhalten auf unterschiedlichen Ebenen bei den Lernenden angeregt wird. Damit kann das ESNaS-Modell auch als Grundlage für eine systematische Binnendifferenzierung gemäß den fachspezifischen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Schulalltag genutzt werden. Dazu können sowohl Aufgaben gemäß den vorgenommenen Niveauabstufungen entwickelt werden als auch bestehende Aufgaben den jeweiligen Niveaustufen zugeordnet werden. Einschränkend muss jedoch festgehalten werden, dass die Schwierigkeitsabstufung bisher empirisch nur in ersten Ansätzen überprüft wurde. Eine statistische Modellierung der Schwierigkeiten einzelner Aufgaben zeigt jedoch in der Tendenz eine gelungene Steigerung der Aufgabenschwierigkeit von Niveau 1 bis Niveau 3. In Schülerinterviews berichteten die Schülerinnen und Schüler zudem über eine subjektiv wahrgenommene Passung der Aufgabenschwierigkeit zu ihrem Leistungsvermögen.

Helena van Vorst, Martina Strübe

III. Systematische Förderung der Modellkompetenz mithilfe der Lernleiter

1. Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Nutzung von Modellen hat gerade im Fach Chemie eine große Bedeutung für das fachliche Lernen und Verstehen. Modelle schlagen eine Brücke zwischen makroskopisch beobachtbaren Phänomenen und deren theoretischen Erklärungsmustern auf der submikroskopischen Ebene. Gerade deshalb sind Modelle ein notwendiges Werkzeug, um neue Erkenntnisse im Chemieunterricht zu gewinnen und Ergebnisse aus Untersuchungen zu interpretieren (Gehlen, 2016). Sowohl im Unterricht als auch in der Wissenschaft übernehmen Modelle darüber hinaus eine mediale Funktion. Als Medium werden sie zur Vermittlung fachlicher Inhalte genutzt und unterstützen damit die Kommunikation und den Transfer von Erkenntnissen (Pfeifer & Sommer, 2018).

1.1 Modellarten im Chemieunterricht

Im Unterrichtsfach Chemie wird eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle genutzt. Pfeifer und Sommer (2018) unterscheiden dabei zunächst zwischen *Denkmodellen*, die sie als Idee zu einer Theorie bezeichnen, und *Anschauungsmodellen*, die konkrete Modellobjekte zu einem realen Gegenstand oder theoretischen Konzept sind. Anschauungsmodelle können darüber hinaus in zahlreichen Gestaltungsformen auftreten. Sie reichen von naturgetreuen Abbildern eines Objekts bis hin zu abstrakten Modellierungen mithilfe mathematischer Symbole. Im Chemieunterricht spielen Strukturmodelle eine wichtige Rolle. Sie veranschaulichen zum Beispiel den Aufbau von Stoffen unter Zuhilfenahme unterschiedlicher Objekte, wie Kugeln und Stäbe, aber auch Buchstaben (als Elementsymbole) in Kombination mit Strichen und Keilen zur Abbildung der geometrischen Anordnung von Atomen in einer Verbindung. Darüber hinaus kommen Funktionsmodelle zum Einsatz, die einen dynamischen Prozess abbilden. Hierzu werden beispielsweise computergestützte Simulations- und Animationsmodelle genutzt.

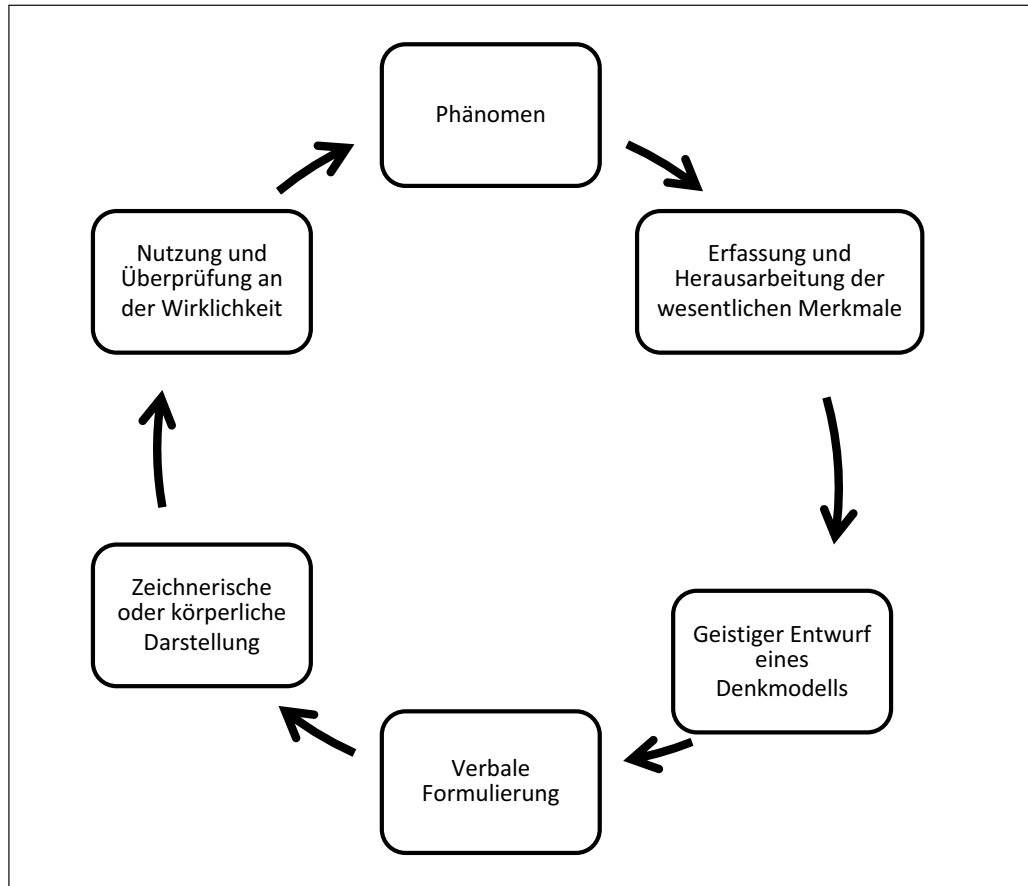
Aufgrund der hohen Bedeutung von Modellen für den Erwerb chemischen Fachwissens und der gleichzeitigen Vielzahl an unterschiedlichen Modellen im Chemieunterricht ist die Ausbildung einer grundlegenden Modellkompetenz bei Schülerinnen und Schülern von entscheidender Bedeutung. Wellnitz und Kollegen (2012) verstehen unter Modellkompetenz die Nutzung von Modellen zur Erkenntnisgewinnung und Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses. Zusätzlich ist auch der reflektierte Umgang mit Modellen und damit die Bewertung von Modellen und deren Eignung als Teil einer Modellkompetenz zu verstehen.

Gerade im gewählten Inhaltsfeld der Lernleiter zum Atomkonzept nach Bohr ist die Ausbildung einer fundierten Modellkompetenz unbedingt notwendig. In dieser Unterrichtsreihe soll den Schülerinnen und Schülern durch die Nutzung unterschiedlicher Modelle ein Zugang zum Verständnis des submikroskopischen Aufbaus der Materie ermöglicht werden. Dies ist eine essenzielle Grundlage für das Verständnis weiterer Konzepte der Chemie, wie z. B. dem Donator-Akzeptor-Konzept in den Themenfeldern Säuren und Basen oder Reduktion und Oxidation. Aus diesem Grund ist die Förderung von Modellkompetenz neben der Fachwissensförderung ein weiterer inhaltlicher Schwerpunkt der Lernleiter Atombau.

1.2 Modellierungskreislauf zur Entwicklung eines Modellverständnisses

Die Entwicklung eines umfassenden Modellverständnisses kann in einem Kreisprozess beschrieben werden.

Abbildung 8:
Modellierungskreislauf
(angelehnt an Graf, 2002)



Der Modellierungskreislauf beginnt zunächst mit Beobachtungen auf der Phänomenebene, z. B. im Rahmen eines Experiments. Anschließend werden die wesentlichen Merkmale des Beobachteten, die zur Entwicklung des neuen Modells und damit für die Deutung des Versuchs notwendig sind, herausgestellt. Damit jeder Schüler bzw. jede Schülerin anschließend einen geistigen Entwurf (eine Vorstellung) des Modells entwickeln kann, sollte der Unterricht an bereits bekannte Modelle anknüpfen, die dann erweitert und überarbeitet werden. Wichtig ist der anschließende verbale Austausch über das entwickelte geistige Modell sowie dessen zeichnerische oder auch haptische Darstellung, damit der praktische Umgang mit dem neuen Modell und seine Anwendung auf exemplarische Phänomene ermöglicht werden. Zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler sollten sie an dieser Stelle die Möglichkeit bekommen, Modelle selbst darzustellen oder zu bauen. Zur Festigung wird das Modell an weiteren Phänomenen erprobt und immer wieder überprüft, bis eine erneute Erweiterung des Modells erforderlich wird.

Da der Modellierungskreis für Schülerinnen und Schüler sehr komplex ist, sollte die Modellentwicklung zunächst mit Unterstützung der Lehrkraft erfolgen. Die Nutzung und Überprüfung des Modells sollte außerdem anschließend in Übungsphasen trainiert werden. Um den Modellierungsprozess zu unterstützen, ist es außerdem hilfreich, die einzelnen Schritte des Kreislaufs auch auf einer Metaebene zu betrachten und damit den Nutzen des Modells und seine Entstehung zu reflektieren.

2. Das Kompetenzmodell der Modellkompetenz zur binnendifferenzierten Förderung von Modelldenken

Leitend für die systematische Entwicklung binnendifferenzierter Aufgaben zur Förderung der Modellkompetenz in der Lernleiter *Atombau* ist das Kompetenzmodell der Modellkompetenz nach Upmeyer zu Belzen und Krüger (2010), das zunächst für das Fach Biologie entwickelt wurde. Das Kompetenzmodell der Modellkompetenz unterscheidet zunächst zwei Dimensionen: Kenntnis über Modelle und Modellbildung. Diese beiden Dimensionen werden in weitere Unterdimensionen untergliedert. Die entsprechenden Kompetenzen der Lernenden werden darüber hinaus auf drei Niveaustufen mit zunehmendem Abstraktionsgrad beschrieben. Tabelle 4 gibt zunächst einen Überblick über die Dimensionen des Kompetenzmodells der Modellkompetenz und den dazugehörigen Niveaustufen.

Tabelle 4: Dimensionen und Niveaustufen des Kompetenzmodells der Modellkompetenz (angelehnt an Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010, S. 53)

	Kenntnis über Modelle			Modellbildung	
	Eigenschaften von Modellen	Alternative Modelle	Zweck von Modellen	Testen von Modellen	Ändern von Modellen
Niveau I	Modelle als Kopien von etwas	Unterschiede zwischen Modellobjekten	Modellobjekt zur Beschreibung von etwas	Modellobjekt überprüfen	Mängel am Modellobjekt beheben
Niveau II	Modelle als idealisierte Repräsentationen von etwas	Ausgangsobjekt ermöglicht Herstellung verschiedener Modelle von etwas	Bekannte Zusammenhänge und Korrelationen von Variablen im Ausgangsobjekt	Parallelisierung mit dem Ausgangsobjekt, Modell von etwas testen	Modell als Modell von etwas durch neue Erkenntnisse oder zusätzliche Perspektiven revidieren
Niveau III	Modelle als theoretische Rekonstruktionen von etwas	Modelle für verschiedene Hypothesen	Zusammenhänge von Variablen für zukünftige neue Erkenntnisse voraussagen	Überprüfen von Hypothesen bei der Anwendung, Modell für etwas testen	Modell für etwas aufgrund falsifizierter Hypothesen revidieren

Anmerkung: Für die Entwicklung von Lernaufgaben für die Lernleiter *Atombau* sind nicht alle Dimensionen und Niveaustufen der Tabelle 1 inhaltlich sinnvoll umsetzbar. Die entsprechenden Felder sind in der Tabelle grau hinterlegt.

Dimension „Kenntnis über Modelle“

Die erste Dimension des Kompetenzmodells zur Modellkompetenz bildet die *Kenntnis über Modelle*, die das konzeptuelle Wissen über Modelle beschreibt. Sie wird in zwei Unterdimensionen unterteilt: *Eigenschaften von Modellen* und *Alternative Modelle*.

Die Unterdimension *Eigenschaften von Modellen* unterscheidet verschiedene Niveaustufen bei der angenommenen Beziehung zwischen einem Modell und dem zugrundeliegenden Ausgangsobjekt in der realen Welt. Auf der ersten Niveaustufe wird ein Modell als exakte Kopie eines Ausgangsobjekts verstanden. Auf der zweiten Niveaustufe werden Modelle als ähnliche, maßstabsgetreue Repräsentationen eines Originals beschrieben. Dazu werden Zusammenhänge zwischen Modell und Original hergestellt und auf dieser Grundlage Unterschiede bzw. Vereinfachungen herausgearbeitet. Auf der dritten Niveaustufe werden Modelle als mentale, zweckgebundene Rekonstruktion des Ausgangsobjekts verstanden. Dabei wird ein vollständiges Modell dem Original gegenübergestellt und auf einer Metaebene betrachtet, sodass hierbei ein vollständiges Konzept angewendet wird. Um die verschiedenen Niveaustufen dieser Unterdimension besser zu beschreiben, hat Terzer (2013) eine zentrale Frage zu jeder Stufe formuliert:

- Niveaustufe I (Fakt): In welcher Eigenschaft stimmt das Modell mit dem Original überein?
- Niveaustufe II (Zusammenhang): Welche Eigenschaften des Originals sind im Modell vereinfacht?
- Niveaustufe III (Konzept): Welche Annahmen über das Original waren die Grundlage für die Entwicklung des Modells?

Zentral für die zweite Unterdimension **Alternative Modelle** ist die Frage, warum es unterschiedliche Modelle für ein Ausgangsobjekt gibt. Auf der untersten Niveaustufe werden lediglich Modellobjekte miteinander verglichen. Dazu werden einzelne Fakten aufgezählt. Schülerinnen und Schüler, die sich in ihrem Modelldenken auf dieser Stufe befinden, gehen davon, dass es nur ein richtiges Modell eines Originals gibt. Auf der zweiten Niveaustufe wird der Herstellungsprozess des Modells einbezogen. Dabei wird in Betracht gezogen, dass Modelle beispielsweise für unterschiedliche Zielgruppen konstruiert werden oder verschiedene Betrachtungsperspektiven des Originals abbilden können, sodass mehrere gleichwertige Modelle nebeneinander existieren. Auf der dritten Niveaustufe rückt die Anwendungssituation in den Vordergrund: Modelle werden für einen bestimmten Zweck entwickelt. Dabei wird auch der Modellierer in den Blick genommen, der eine bestimmte Absicht bei der Modellkonstruktion verfolgt.

Dimension „Modellbildung“

Die zweite Dimension *Modellbildung* rückt den Umgang mit Modellen während des Prozesses der Modellierung in den Vordergrund und beschreibt damit das prozedurale Wissen über Modelle. Hier werden drei Unterdimensionen unterschieden: *Zweck von Modellen*, *Testen von Modellen* und *Ändern von Modellen*.

Bei der Unterdimension **Zweck von Modellen** wird auf der ersten und zweiten Niveaustufe zunächst die Beziehung zwischen Modell und Original während der Modellbildung beschrieben. Dabei werden auf der ersten Niveaustufe Fakten des Modells mit Fakten des Originals verglichen, auf der zweiten Niveaustufe werden dann auch Zusammenhänge innerhalb des Originals mit Zusammenhängen innerhalb des Modells in Beziehung gesetzt. Auf der dritten Niveaustufe rückt die Anwendungsperspektive in den Vordergrund. Dabei werden z. B. Hypothesen über Zusammenhänge und Wirkmechanismen des Originals aus dem Modell abgeleitet. Terzer (2013) formuliert zu den Niveaustufen dieser Unterdimension folgende zentralen Fragen:

- Niveaustufe I (Fakt): Was kann man mit dem Modell zeigen?
- Niveaustufe II (Zusammenhang): Welchen Zusammenhang kann man mit dem Modell erklären?
- Niveaustufe III (Konzept): Welche Vermutung über das Original kann man aus der Betrachtung des gesamten Modells ableiten?

Die zweite Unterdimension **Testen von Modellen** beschreibt die Reflexionsfähigkeit über die Modellgüte. Auf der ersten Niveaustufe wird dabei lediglich das Modellobjekt selbst hinsichtlich seiner strukturellen und funktionellen Güte untersucht und damit vor allem die bauliche Qualität des Modells in den Vordergrund gestellt. Hier werden z. B. das Material und seine Widerstandsfähigkeit betrachtet oder nach möglichen Darstellungsfehlern in grafischen Visualisierungen gesucht. Da innerhalb der Unterrichtsreihe zum Atombau vor allem theoretische oder visualisierte Modelle im Vordergrund stehen, ist die Förderung der Auseinandersetzung mit der baulichen Qualität der Modelle innerhalb der Lernleiter nicht sinnvoll, sodass diese Niveaustufe bei der Aufgabenkonstruktion nicht berücksichtigt wurde.

Auf der zweiten Niveaustufe erfolgt eine Parallelisierung zwischen Original und Modell. Dabei wird die Passung des Modells zu bereits bekannten Fakten des Originals überprüft. Auf der dritten Niveaustufe wird erneut eine Anwendungsperspektive einge-
nom-

men, indem Hypothesen über das Original mithilfe des Modells überprüft werden. Dies kann entweder zu neuen Erkenntnissen über das Ausgangsobjekt führen oder eine Änderung des Modells zur Folge haben (Krell, Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2014). Leitfragen zu den Niveaustufen dieser Unterdimension nach Terzer (2013) können folgendermaßen formuliert werden:

- Niveaustufe II (Zusammenhang): Welches dieser Modelle kann für den Zweck genutzt werden?
- Niveaustufe III (Konzept): Wie kann man diese Vermutung testen?

Sollte die Modellüberprüfung der zweiten Unterdimension dazu führen, dass ein Modell verändert werden muss, sind hierzu Begründungen denkbar, die ein Modellverständnis auf unterschiedlichen Niveaustufen erkennen lassen. In einer realen Unterrichtssituation findet jedoch die Änderung von Modellen in der Regel gemäß dem Modellierungskreislauf in Abbildung 1 nur selten statt und dann unter Anleitung der Lehrkraft. Bei der Aufgabenentwicklung für die individualisierten Übungsphasen der Lernleiter, in welchen die Lernenden primär selbstständig arbeiten, wurde die Unterdimension Ändern von Modellen deshalb nicht weiter berücksichtigt.

3. Exemplarische Aufgabenentwicklung auf unterschiedlichen Niveaustufen des Kompetenzmodells der Modellkompetenz

Für die Förderung der Modellkompetenz in der Lernleiter Atombau wurde ein integrierter Ansatz gewählt. Dies bedeutet, dass der Förderschwerpunkt Modellkompetenz keinen eigenständigen Zweig innerhalb der Lernleiter darstellt, sondern in die Erarbeitung neuer Fachinhalte zum Atombau eingebettet wurde. Leitend für die Entwicklung des Lernmaterials der Lernleiter Atombau war der Anspruch, die Kompetenzentwicklung der Lernenden in dem jeweiligen Förderschwerpunkt zu fördern. Damit sollten die Schülerinnen und Schüler dazu befähigt werden, Aufgaben der darauffolgenden Kompetenzstufe zu lösen. Aus diesem Grund wurden in die Arbeitsmaterialien zum Baustein der individuellen Übungsphase stets Aufgaben der nächsten Niveaustufe integriert. Gegebenenfalls wurden zur Aufgabebearbeitung Hilfestellungen angeboten. Die Abbildungen 9, 10 und 11 sollen diesen Ansatz exemplarisch verdeutlichen. Sie zeigen jeweils ein Aufgabenbeispiel zur Unterdimension *Eigenschaften von Modellen* der Dimension *Kenntnis über Modelle*.

In Aufgabenteil a) der exemplarischen Aufgabe in Abbildung 9 liegt der Fokus zunächst auf dem Erfassen der strukturellen Merkmale des dargestellten Modells. Dabei werden bereits in der Aufgabenstellung die zentralen Eigenschaften, die für die weitere Aufgabebearbeitung relevant sind, benannt, nämlich die Form und die Farbe der Symbole. Hierbei soll ein Bewusstsein für die Systematik des Periodensystems der Elemente geweckt werden und dabei verdeutlicht werden, dass die Anordnung der Elemente auf Grundlage bestimmter Eigenschaften erfolgt. Es wird jedoch noch kein Zusammenhang zu gängigen Abbildungen des Periodensystems der Elemente hergestellt. Dies erfolgt erst in Aufgabenteil b), der eine Überleitung zur nächsthöheren Niveaustufe schaffen soll. Hier werden gemäß Niveaustufe II Eigenschaften des Modells (in diesem Fall dem bunten Periodensystem) mit Eigenschaften des Original (in diesem Fall gängigen Darstellungen des Periodensystems der Elemente) verglichen. Um die Bearbeitung der Aufgaben zu unterstützen, wurden zum einen die Elementsymbole in die Abbildung des bunten Periodensystems integriert, zum anderen wurden Leitfragen zur Präzisierung der Aufgaben formuliert.

Abbildung 9:
Aufgabenbeispiel 1 zur
Dimension *Kenntnis über
Modelle – Eigenschaften von
Modellen* (Niveaustufe I)

Aufgabe 3:

Aus der Aneignungsphase kennst du bereits das Periodensystem der Elemente (PSE). In dieser Aufgabe sollst du nun das PSE auf eine neue Art und Weise kennen lernen – als ein buntes PSE.

Finde dich dazu mit einem Mitschüler oder einer Mitschülerin zusammen, der / die ebenfalls dieses Arbeitsblatt bearbeitet.

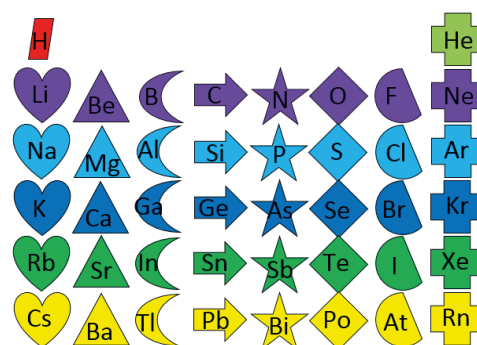


Abbildung 1: Buntes PSE-Modell

- Beschreibt genau, wie die Formen und Farben im PSE angeordnet sind.
- Vergleicht dieses PSE mit eurem selbst gebastelten Periodensystem aus Papier.
 - Wofür stehen die Farbe und die Form?
 - Welche Zusammenhänge eures Periodensystems aus Papier lassen sich durch dieses PSE verdeutlichen?

Abbildung 10:
Aufgabenbeispiel 2 zur
Dimension *Kenntnis über
Modelle – Eigenschaften von
Modellen* (Niveaustufe II)

Aufgabe 3:

Aus der Aneignungsphase kennst du bereits das Periodensystem der Elemente (PSE). In dieser Aufgabe sollst du nun das PSE auf eine neue Art und Weise kennen lernen – als ein buntes PSE.

Finde dich dazu mit einem Mitschüler oder einer Mitschülerin zusammen, der / die ebenfalls dieses Arbeitsblatt bearbeitet.

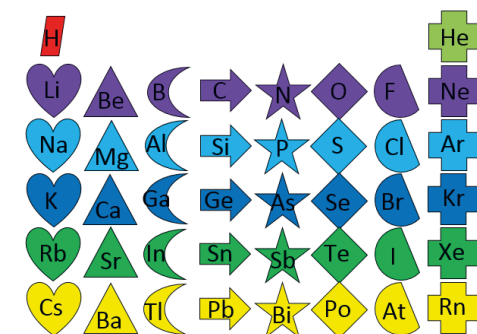


Abbildung 1: Buntes PSE-Modell

- Beschreibt genau, wie die Formen und Farben im PSE angeordnet sind.
- Vergleicht dieses PSE mit eurem gebastelten Periodensystem aus Papier. Wo liegen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Modelle?
- Begründet, wie die Unterschiede der beiden PSEs zustande kommen.

Abbildung 10 zeigt ein Aufgabenbeispiel für die zweite Niveaustufe der individuellen Übungsphase in der Lernleiter. Auf dieser Niveaustufe sollen sich die Schülerinnen und Schüler zunächst im ersten Aufgabenteil a) vorbereitend auf die weitere Erarbeitung der nachfolgenden Aufgaben die grundlegenden Merkmale des bunten Periodensystems erschließen, weshalb die Aufgabe der ersten Niveaustufe beibehalten wurde. In Aufgabenteil b) steht dann der Vergleich zwischen Modell und Original im Vordergrund. Anders als in den Aufgaben der ersten Niveaustufe wird die Bearbeitung dieser Fragestellung nicht durch präzise Leitfragen vorstrukturiert. Die dritte Teilaufgabe c) zielt dann auf die dritte Niveaustufe ab und initiiert die reflektierte Auseinandersetzung mit dem Modellierungsprozess. Die Schülerinnen und Schüler müssen dabei erkennen, dass innerhalb des Modells bestimmte Mittel zur Darstellung bestimmter Merkmale des Originals genutzt werden, andere Eigenschaften des Originals jedoch vernachlässigt werden.

Aufgabe 1:

Aus der Aneignungsphase kennst du bereits das Periodensystem der Elemente (PSE). In dieser Aufgabe sollst du nun das PSE auf eine neue Art und Weise kennen lernen – als buntes Karten-PSE.

Finde dich dazu mit einem Mitschüler oder einer Mitschülerin zusammen, der / die ebenfalls dieses Arbeitsblatt bearbeitet.

Als Materialien benötigt ihr einen Beutel mit bunten Karten und eine leere Vorlage. Die Materialien sind mit dem Symbol und der Nummerierung aus der Kopfzeile dieses Arbeitsblattes versehen.

Stellt euch vor, dass sich in der Tüte mit den bunten Karten chemische Elemente befinden, wie sie euch aus dem PSE bekannt sind. Sortiert die Karten nach ihren Eigenschaften.

- a) Ordnet sie in der Vorlage zum PSE so an, dass Karten mit ähnlichen Eigenschaften nebeneinander bzw. untereinander liegen.
- b) Beschreibt, welche Annahmen über die Elemente zur Entwicklung des bunten Karten-PSEs geführt haben.
- c) Franziska und Frederik haben im Unterricht ebenfalls das bunte Karten-Periodensystem gebastelt. Sie denken über die Darstellung von Wasserstoff und Helium nach. Franziska wundert sich: „Warum nimmt Wasserstoff im Vergleich zu Helium eine Sonderstellung im Modell ein? Müsste es nicht andersherum sein, da die Valenzelektronenzahl von Helium nicht mit der Valenzelektronenzahl der anderen Elemente seiner Hauptgruppe übereinstimmt?“ Nehmt Stellung zu dieser Aussage!

Abbildung 11:
Aufgabenbeispiel 3 zur
Dimension *Kenntnis über
Modelle – Eigenschaften von
Modellen* (Niveaustufe III)

Die Aufgabenstellung in Abbildung 11 zeigt ein Aufgabenbeispiel für die dritte Niveaustufe. Die gesamte Aufgabe ist auf dieser Niveaustufe grundsätzlich anders angelegt: Den Schülerinnen und Schülern wird nicht das gesamte bunte Periodensystem präsentiert, sie erhalten stattdessen die einzelnen Symbole als Kärtchen. Die Beschriftung der Elementsymbole ist darin nicht enthalten. Damit sollen die Lernenden in Aufgabenteil a) eine Strukturierung selbstständig entwickeln und damit Beziehungen zwischen den Eigenschaften Farbe und Form herstellen. Neben der Reflexionsaufgabe zur Beziehung zwischen Modell und Original in Aufgabenteil b), die auch schon im Aufgabenblatt zur Niveaustufe II enthalten war, dient Aufgabenteil c) als Transferaufgabe. Hier sollen die Lernenden zum einen ihr Wissen über die grundsätzliche Ordnung des Periodensystems und zum anderen über die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Wasserstoff und Helium im Speziellen nutzen, um eine Argumentationsstruktur zur Sonderstellung des Wasserstoffs im Periodensystem der Elemente zu entwickeln.

Die Aufgabenbeispiele in Abbildung 9, 10 und 11 sollen insgesamt einen Überblick über das Vorgehen bei der Konstruktion der Aufgaben zur Förderung der Modellkompetenz am Beispiel der Unterdimension *Eigenschaften von Modellen* geben. Für die übrigen Unterdimensionen des Kompetenzmodells der Modellkompetenz wurde bei der Aufgabenentwicklung ähnlich vorgegangen, auch wenn die Aufgaben meist einen geringeren Umfang aufweisen. Entsprechende Beispiele für diese übrigen Dimensionen und Unterdimensionen des Kompetenzmodells der Modellkompetenz finden sich zahlreich im angefügten Material zur Lernleiter Atombau.

IV. Indirekte Förderung des selbstregulierten Lernens – Praxistipps für den Fachunterricht

1. Einführung

Die schulische Förderung des selbstregulierten Lernens (SRL) soll Schülerinnen und Schüler sowohl für die Zeit in der Schule als auch für die Zeit nach der Schule vorbereiten. Es ist anzunehmen, dass Schülerinnen und Schüler durch die Schnelllebigkeit unserer heutigen Gesellschaft langfristig mit der Herausforderung konfrontiert sein werden, sich selbstständig neues Wissen anzueignen und ihre Kompetenzen stetig weiterzuentwickeln. Besitzen Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit, das eigene Lernen eigenverantwortlich zu steuern, d. h. selbstreguliert zu lernen, so sind sie in der Lage, sich entsprechend eigener Ziele, Interessen, Stärken und Schwächen fortzubilden. SRL ist längst fester Bestandteil schulischer Maßnahmen zur individuellen Förderung. Konkrete Konzepte und Materialien zur schulischen Förderung des SRL, die nachweislich ihre Wirkung direkt im Fachunterricht entfalten, sind jedoch Mangelware.

Im nachfolgenden Beitrag werden entsprechend solche Konzepte und Materialien vorgestellt, mit denen man das SRL im Fachunterricht fördern kann. Diese sollten für Lehrkräfte einfach einzusetzen sein, ohne dass der eigene Fachunterricht grundlegend verändert werden müsste. Sie wurden u. a. im Rahmen des Ganz In-Projekts entwickelt und kontinuierlich nach wissenschaftlichen Standards auf ihre Wirksamkeit geprüft. Bevor diese Konzepte und Materialien vorgestellt und ihre Anwendung erläutert werden, folgt eine kurze Definition des SRL. Basierend auf Erkenntnissen aus empirischen Studien wird danach erläutert, wie SRL generell gefördert werden sollte – nämlich nicht nur direkt in entsprechenden Trainings, sondern vor allen Dingen auch indirekt im Fachunterricht – damit eine fachungebundene und nachhaltige Ausbildung der Schülerinnen und Schüler gewährleistet werden kann.

Was ist selbstreguliertes Lernen?

Beim SRL setzen Schülerinnen und Schüler sich selbstständig Ziele und verfolgen diese mittels der selbstständigen Auswahl und Anwendung von Lernstrategien. Dabei beobachten, bewerten und reflektieren sie kontinuierlich sich selbst und ihr Lernhandeln. Zudem beachten sie externe Rahmenbedingungen wie bspw. zur Verfügung stehende Hilfsmaterialien oder Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner sowie ihre verfügbaren internen Ressourcen, wie z. B. Motivation oder Zeit. Boekaerts (1999) beschreibt SRL als eine Interaktion von drei Ebenen. Auf der ersten, inneren Ebene ist das eigentliche Lernverhalten angesiedelt, also die Auswahl und Ausführung kognitiver Lernstrategien. Beim Lernen aus Sachtexten bspw. kann dies bedeuten, dass Schülerinnen und Schüler selbstständig eine Textmarkierungsstrategie auswählen und diese anwenden. Auf einer höheren, zweiten Ebene des SRL kommen metakognitive Lernstrategien vor, die die Auswahl kognitiver Lernstrategien unterstützen und die Qualität ihrer Ausführung erhöhen sollen. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich z. B. das Ziel, einen Sachtext zu lesen und dabei die Textmarkierungsstrategie möglichst gut anzuwenden. Beim Lesen beobachten sie sich dann aus einer Art Vogelperspektive und bewerten, ob sie die Textmarkierungsstrategie so gut umgesetzt haben, wie sie es geplant hatten. Sind die Schülerinnen und Schüler mit der Umsetzung der Strategie nicht zufrieden, bspw. weil sie viel zu viel markiert haben, so reagieren sie darauf und radieren bspw. Textmarkierungen weniger wichtiger Textpassagen weg. Am Ende des Lernprozesses reflektieren sie, fragen sich bspw., womit sie zufrieden sind und was sie beim nächsten Mal verbessern könnten. Auf einer dritten Ebene

findet die Regulation des *Selbst* statt. Dies betrifft sowohl die Formulierung von Zielen (was und woraufhin möchte ich lernen?) als auch Handlungen zum Schaffen bzw. zum Management der Ressourcen, die zur Zielerreichung benötigt werden. Dies kann bspw. umfassen, dass die Schülerinnen und Schüler sich vor dem Lernen fragen, ob sie Rahmenbedingungen verändern müssen (z. B. zuerst den Schreibtisch aufräumen) und welche zeitlichen Ressourcen sie benötigen, um den Text erfolgreich zu bearbeiten. Darüber hinaus könnten sie ihre Motivation erhöhen, indem sie positive Selbstgespräche führen und sich durch die Beseitigung des Smartphones von konkurrierenden Handlungstendenzen abschirmen.

Das Modell der Selbstregulation von Boekaerts (1999) mit seinen verschiedenen Ebenen zeigt, dass SRL keineswegs nur in offenen Unterrichtsformaten vonnöten ist. Zumindest die Regulation auf den beiden inneren Ebenen ist auch in geschlossenen Unterrichtsformaten bedeutend. Selbst, wenn der Unterricht ausschließlich einen Lehrervortrag beinhalte und die einzige Lernhandlung der Schülerinnen und Schüler im Zuhören bestünde, müssten die Schülerinnen und Schüler dieses Zuhören selbst regulieren und dafür Sorge tragen, dass ihre Gedanken nicht abschweifen. Das Ausmaß der nötigen Selbstregulation mag sich zwischen Lernsettings unterscheiden – es wird aber niemals gegen Null laufen.

Wie fördert man das selbstregulierte Lernen?

SRL sollte stets verbunden mit fachlichen Inhalten und nicht isoliert von fachlichen Inhalten (*Stricken ohne Wolle*) gefördert werden (Dignath & Büttner, 2008). Studien zeigen außerdem, dass Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule grundlegende Strategien erlernen können, um bspw. mit Wochenplanarbeit erfolgreich lernen zu können (Stöger, Sonntag & Ziegler, 2009). Lernstrategien sind das Handwerkszeug des selbstregulierten Lernens. Sie können *direkt* und *indirekt* trainiert werden. In direkten Lernstrategietrainings wird das Strategiewissen explizit vermittelt. Dabei wird eine instruktionsorientierte Lernumgebung zur Vermittlung eines Strategierepertoires erzeugt, in welcher Lernstrategien von Schülerinnen und Schülern bewusst und gezielt zur Regulation des Lernprozesses eingesetzt und geübt werden. Dies bedarf zunächst der expliziten Vermittlung von Strategiewissen, dessen Anwendung dann in verschiedenen Lernsituationen wiederholt eingeübt wird. Diese direkte Form der Förderung von SRL ist in der Schule selten anzutreffen (Dignath & Büttner, 2018), und wenn, dann meist in Form recht wirkungsloser „Lernen lernen“-Projekttag o. ä., in denen zu wenige Gelegenheiten und zu wenig Zeit gegeben ist, das Lernstrategiewissen anzuwenden und einzuüben. Wesentlich häufiger sind in der Schule indirekte Fördermaßnahmen zu finden, die einer konstruktivistischen Auffassung von Lernen folgen. Lehrkräfte bieten in ihrem Unterricht den Rahmen dafür, dass Schülerinnen und Schüler Strategien des selbstregulierten Lernens anwenden können – das dafür notwendige Lernstrategiewissen wird dabei jedoch nicht explizit beigebracht. Verfügen Schülerinnen und Schüler nicht über die notwendigen Lernstrategien des SRL, so ist entsprechend mit nur mäßigem Erfolg dieser indirekten Fördermaßnahmen zu rechnen: Schülerinnen und Schüler könnten schnell überfordert sein mit der „Freiheit des Lernens“. Direkte Fördermaßnahmen vermitteln Lernstrategiewissen, geben aber meist zu wenig Möglichkeit, dieses Wissen anzuwenden und einzuüben. Indirekte Fördermaßnahmen geben viele Gelegenheiten zu üben, vermitteln jedoch das notwendige Lernstrategiewissen nicht. Als Konsequenz folgt die Empfehlung, direkte und indirekte Fördermaßnahmen zu kombinieren. So könnte ein Schulhalbjahr lang SRL in Form einer direkten Fördermaßnahme trainiert werden, etwa in einer „Lernen lernen“-AG, in der kognitive Lernstrategien gemeinsam mit metakognitiven Lernstrategien erlernt werden. Zeitgleich sollte SRL indirekt gefördert werden, indem die Lehrkräfte ihren Fachunterricht entsprechend der Inhalte der direkten Fördermaßnahme anpassen. Schülerinnen und Schüler bekämen somit unmittelbar die Chance, die neu erlernten Strategien des SRL (auch) in anderen Fächern anzuwenden. Aktuelle Forschung (z. B. Schuster, Stebner,

Wirth & Leutner, 2018) deutet an, dass diese Kombination Voraussetzung dafür ist, dass Schülerinnen und Schüler Lernstrategien des SRL nicht nur in der AG, sondern in verschiedenen Fächern und unterrichtlichen Situationen anwenden, ihre SRL-Fähigkeiten also transferieren.

Material, um SRL direkt zu fördern, findet man z. B. bei Stebner, Schiffhauer, Schmeck, Schuster, Leutner und Wirth (2015). Die Autoren präsentieren evaluiertes Lernmaterial für die fünfte und sechste Jahrgangsstufe, bei dem das SRL in Kombination mit naturwissenschaftlichem Experimentieren über ein Schulhalbjahr hinweg gefördert wird. Wie SRL daran anschließend indirekt gefördert werden kann, wird im Folgenden gezeigt.

2. Material zur indirekten Förderung des SRL

Im Folgenden werden fünf Maßnahmen vorgestellt, das SRL im Fachunterricht indirekt zu fördern. Wie bereits erwähnt, sind die Maßnahmen vor allem dann besonders (bzw. nur dann) förderlich, wenn die Schülerinnen und Schüler diese (oder ähnliche) Maßnahmen aus einer direkten Fördermaßnahme kennen.

2.1 Algorithmen als Kombination aus kognitiven und metakognitiven Lernstrategien

Interventionsstudien zeigen übereinstimmend, dass die kombinierte Förderung von kognitiven *und* metakognitiven Lernstrategien erfolgreicher ist als die alleinige Förderung kognitiver Lernstrategien (z. B. Stebner, Schmeck, Marschner, Leutner & Wirth, 2015). Außerdem zeigen Studien, dass Lehrkräfte in indirekten Fördermaßnahmen in der Schule meistens eher nur kognitive Lernstrategien fördern und metakognitive Lernstrategien eine untergeordnete Rolle spielen (Dignath & Büttner, 2018). Es ist jedoch deutlich lernförderlicher, wenn bspw. beim naturwissenschaftlichen Experimentieren nicht nur der (kognitive) Dreischritt (1. Idee formulieren, 2. Experiment strukturiert durchführen, 3. Schlussfolgern) als Lernstrategie beigebracht wird, sondern diese kognitive Lernstrategie mit metakognitiven Strategien des 1. Zielsetzens, 2. Überprüfens und 3. Reagierens kombiniert eingeübt wird. Dies führt dann zu einem Experimentialgorithmus, der aus insgesamt sechs Schritten besteht, weil das Zielsetzen, das Überprüfen und das Reagieren die kognitiven Lernstrategien einbetten.

Abbildung 12 macht durch den Kasten um die Schritte 2, 3 und 4 deutlich, dass der Dreischritt des Experimentierens durch jedwede andere kognitive Lernstrategie ausgetauscht werden könnte, z. B. durch eine Textmarkierungsstrategie. Sollten Schülerinnen und Schüler also Informationen aus einem Sachtext mit Hilfe einer Textmarkierungsstrategie lernen, so würden sie 1. sich ein Ziel setzen, 2. einen Absatz lesen, 3. eine passende Frage zum Absatz stellen, 4. die Antwort auf die Frage unterstreichen, 5. sich selbst und das eigene Vorgehen überprüfen und 6. reagieren, falls einer der vorigen Schritte nicht zufriedenstellend ausgeführt bzw. das zuvor gesetzte Ziel nicht erreicht wurde. Dieses Vorgehen ist somit für alle Fächer relevant, weil die metakognitiven Strategien jedwede kognitive Lernstrategie ummanteln können, bspw. auch kognitive Strategien der Bildanalyse im Geschichts- oder Kunstunterricht oder Memorierstrategien beim Vokabellernen in Englisch oder Französisch.

Ein solcher Lernstrategiealgorithmus könnte sodann in der Schulklasse als Poster an der Wand hängen und bestenfalls mit Symbolen (siehe Tabelle 4) angereichert sein. Symbole könnten für die Schülerinnen und Schüler als Hinweisreize dienen, die sie an das erinnern, was sie in der direkten Fördermaßnahme zu jeder einzelnen kognitiven und metakognitiven Lernstrategie gelernt haben. Es ist selbstverständlich notwendig, dass die









Abbildung 12:
Lernalgorithmus
aus kognitiven und
metakognitiven
Lernstrategien beim
Experimentieren

einzelnen Schritte dieses Algorithmus, also die kognitiven sowie metakognitiven Lernstrategien, zuvor direkt gefördert werden.

Symbole wurden auch in die Lernleiter Atombau (siehe Kapitel 1) implementiert. Ebenso wie beim Lernleiter-Konzept die Piktogramme Inhalt, Methode und Sozialform eines zu lernenden Bausteins darstellen, helfen Symbole, die für einzelne metakognitive bzw. übergreifende Lernstrategien (z. B. Motivationsregulation) stehen, die Selbstregulation von Schülerinnen und Schülern anzuregen. Da im Rahmen des Lernleiter-Konzepts die kognitiven Lernstrategien und Inhalte vorgegeben sind, sollten hier vor allem die metakognitiven Lernstrategien (und die entsprechenden Symbole) integriert werden. Da metakognitive Denkprozesse gerade für jüngere Schülerinnen und Schüler anstrengend und zunächst überfordernd sein können, ist es sinnvoll – insbesondere in individuellen Übungsphasen der Lernleiter –, ein Info-Blatt zu den Symbolen (siehe Tabelle 5) zu rei-

chen, um den Schülerinnen und Schülern bei der Nutzung der Symbole und demnach bei der Planung, Überprüfung und Reflexion ihrer Lernprozesse behilflich zu sein. Im Rahmen der Lernleiter zum Atombau wurden die Informationen zu den Symbolen auf dem Übersichtsposter zur gesamten Lernleiter integriert, sodass die Schülerinnen und Schüler stets eine Übersicht über die prozessbezogenen Symbole der Lernleiter als auch über die Symbole des SRL haben.

Tabelle 5:
Symbole als Hinweisreize
für Strategien des SRL

Symbol	Bedeutung für die Schüler*innen
	Das Symbol des Fragezeichens zeigt dir an, dass du eine Lerntechnik anwenden musst. (hier gemeint als kognitive Strategie)
	Das Symbol des Arms zeigt dir an, dass du deine Motivation regulieren sollst.
	Wenn du das Symbol der Masken siehst, dann sollst du deine Emotionen regulieren.
	Das Symbol des Pokals soll dich daran erinnern, dass es wichtig ist, sich vor jeder Lernsituation zuallererst ein Ziel zu setzen .
	Das Symbol der Lupe soll dich daran erinnern, dass du dich während und nach jeder Lernsituation überprüfen musst.
	Das Symbol der Filmklappe soll dich daran erinnern, zu reagieren , wenn du bei deiner Überprüfung einen Fehler gefunden hast. Deine Aufgabe ist erfolgreich beendet, wenn du keinen Fehler mehr findest und alles richtig gemacht hast.

2.2 Implementation Intentions

Implementation Intentions sind spezifische „Wenn-Dann“-Pläne, die darauf abzielen, die Umsetzung einer zielorientierten Intention in tatsächliche Handlungen zu vereinfachen (Gollwitzer & Scheeran, 2006). Sie sollen helfen, das sogenannte „Produktionsdefizit“ zu beheben. Ein Produktionsdefizit liegt vor, wenn Schülerinnen und Schüler in einer Lernsituation eine hilfreiche Lernstrategie zwar kennen und anzuwenden wissen, diese aber in

der Situation nicht nutzen und dadurch schlechter lernen, als es ihnen möglich gewesen wäre. Die Wenn-Komponente der Implementation Intention beschreibt in einem Halbsatz ein bestimmtes Lernproblem oder eine Lernsituation, der Dann-Teil die dazu passende und anzuwendende Lernstrategie. Eine solche Implementation Intention wird durch häufig wiederholtes gedankliches Aufsagen verinnerlicht. In der Folge werden Lernsituationen, die zu der so gespeicherten Wenn-Komponente passen, zum einen schneller wahrgenommen als andere Lernsituationen. Zum anderen aktiviert diese Lernsituation die entsprechende Dann-Komponente, also die zu der Lernsituation passende Lernstrategie (Stalbovs, Scheiter & Gerjets, 2015).

Beispiele für Implementation Intentions
„Wenn mich bei den Hausaufgaben mein Smartphone ablenkt, dann schalte ich es auf Lautlos und lege es weg.“
„Wenn ich in Chemie einen Text lesen soll, dann nutze ich die Textmarkierungsstrategie“
„Wenn der Unterricht mich langweilt, dann versuche ich mir bewusst zu machen, wofür ich den Inhalt später gebrauchen kann.“

Tabelle 6:
Beispiele für
Implementation Intentions

Haben Schülerinnen und Schüler bspw. in einem direkten Training bestimmte Implementation Intentions formuliert und verinnerlicht, könnten sie im Fachunterricht indirekt gefördert werden, indem sie immer wieder aktiviert werden. Schülerinnen und Schüler könnten sie z. B. aufgeschrieben neben sich legen, sie könnten als Poster im Klassenraum hängen oder sie wären von Lehrkräften als Erinnerungen auf Arbeitsblätter kopiert. Beispiele für Implementation Intentions sind in Tabelle 6 präsentiert.

2.3 Reflexionsbögen

Reflexionsbögen dienen der Aktivierung und Aufrechterhaltung metakognitiver Denkprozesse: Schülerinnen und Schüler sollen beim Ausfüllen retrospektiv darüber nachdenken, was sie getan haben, womit sie erfolgreich waren usw. Reflexionsbögen können aber auch so konzipiert werden, dass sie Lernsituationen Struktur verleihen. Angenommen, der Fachunterricht verfolgt in offener Unterrichtsform die Umsetzung eines Projekts, das Schülerinnen und Schüler selbst planen und durchführen, so kann der Reflexionsbogen für die Einheit, den Tag oder die Woche eine strukturgebende Hilfe sein. So sind etwa die Fragen zur Einschätzung des eigenen Lernprozesses so angeordnet, dass Schülerinnen und Schüler eine sinnvolle Reihenfolge ihrer Arbeitsschritte erkennen. Der Reflexionsbogen würde sodann bspw. zunächst die Ziele abfragen und Schülerinnen und Schüler anregen, das Ausmaß ihrer aktuellen Motivation zu beurteilen. Das Abfragen der Ziele dient dazu, die Salienz (Auffälligkeit) der Ziele im Verlauf des Lernprozesses zu erhöhen; das Abfragen der Motivation dient dazu, die Schülerinnen und Schüler an ggf. zuvor erlernte Motivationsregulationsstrategien zu erinnern bzw. die Verwendung dieser Strategien zu triggern. Danach würden die Schülerinnen und Schüler mit dem Lernen starten und den Reflexionsbogen während des Lernens und nach dem Lernen ausfüllen. Das Beobachten des eigenen Lernprozesses führt zu erhöhter Selbstaufmerksamkeit, wodurch sich (positive) Verhaltensänderungen ergeben können. Somit kann ein entsprechend gestalteter Reflexionsbogen drei Ziele verfolgen: 1. Vor dem eigentlichen Lernen eingesetzt dient er den Schülerinnen und Schülern dazu, ihre Ziele, Motivation, Emotionen, Einstellungen etc. einzuschätzen und ggf. noch einmal der aktuellen Lernsituation anzupassen. 2. Während des Lernens oder danach hilft er den Schülerinnen und Schülern dabei einzuschätzen, wie schwierig die Aufgaben waren, wie viel Anstrengung sie investiert haben, ob sie dabei

Spaß empfunden haben, wie zufrieden sie sind und ob sie sich (und wovon) stark abgelenkt fühlten. Außerdem können Schülerinnen und Schüler dazu angehalten werden, darüber zu reflektieren, ob die Ziele erreicht wurden, wie es mit ihrer Motivation, an dem Thema weiterzuarbeiten, aussieht und was sie beim nächsten Mal genauso oder anders machen würden. 3. Ebenfalls nach dem Lernen kann die Lehrkraft mit Hilfe des Reflexionsbogens eine hilfreiche Rückmeldung zum eigenen Unterricht erhalten, ohne dass dabei sie oder ihr Unterricht explizit durch die Schülerinnen und Schüler bewertet wird. Bewertet bspw. ein Großteil aller Schülerinnen und Schüler die Unterrichtsstunde als sehr schwierig, so kann die Lehrkraft Rückschlüsse auf die Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler, das Anspruchsniveau der Aufgaben etc. ziehen und darauf adaptiv reagieren. Die Gestaltung des Reflexionsbogens mit geschlossenen Antwortformaten (z. B. Ankreuzaufgabe) ermöglicht eine schnelle Auswertung. Offene Antwortformate ermöglichen – sofern ernsthaft ausgefüllt – tiefere Einblicke in die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler. Neben einem ausführlichen Reflexionsbogen (siehe Abbildung 13) wäre auch ein minimalistischer Reflexionsbogen mit drei Fragen denkbar, etwa für kürzere Lerneinheiten von 45 Minuten oder bei strengen Kopierkontingenten und knappen Ressourcen der Schule: 1.) Welches Ziel/welche Ziele verfolge ich? 2.) Habe ich alle „Ablenker“ im Griff? 3.) Wo starte ich beim nächsten Mal, was will ich dann erreichen und/oder anders machen?

Der Reflexionsbogen zeichnet sich durch seine Kürze und die Möglichkeit zum spontanen Einsatz aus. Außerdem kann er von Mal zu Mal je nach Inhalt und Fokus der Unterrichtsstunde leicht adaptiert werden. Sollen Schülerinnen und Schüler hingegen regelmäßig über einen längeren Zeitraum über eigene Lernprozesse reflektieren, dies auch schriftlich festhalten und sich über ihre eigene Entwicklung klarwerden, so könnten Lerntagebücher eine gute Alternative darstellen.

2.4 Lerntagebücher und Prompts

In der Literatur und in der schulischen Praxis finden sich zahlreiche und deutlich voneinander verschiedene Maßnahmen zur Förderung von SRL, die als *Lerntagebuch* bezeichnet werden (z. B. Landmann & Schmitz, 2007). An dieser Stelle soll ausschließlich auf das *Freiburger* Lerntagebuchkonzept eingegangen werden, bei dem das Lerntagebuch als ein Medium verstanden wird, das Lernenden Raum gibt, im Anschluss an eine oder mehrere Unterrichtsstunden schriftlich über die Unterrichtsinhalte zu reflektieren und dabei kognitive (z. B. Organisations- und Elaborationsstrategien) und metakognitive (z. B. Überwachungs-, Selbstdiagnose- und Regulationsstrategien) Strategien anzuwenden. Schülerinnen und Schüler sollen in ihren Lerntagebüchern zentrale Inhalte und ihre Zusammenhänge rekapitulieren (Organisation), eigene Beispiele zu den Inhalten generieren und sie mit ihren Erfahrungen verknüpfen (Elaboration), herausstellen, welche Inhalte sie gut und welche sie noch nicht gut verstanden haben (Monitoring), auf Ursachen für ihre Verständnisschwierigkeiten eingehen (Selbstdiagnose) und Pläne erstellen, wie sie ihre Verständnisschwierigkeiten beheben können (Planung von Regulation).

Da Schülerinnen und Schüler diese Lernstrategien selten *spontan* anwenden, wenn sie zum Schreiben eines Lerntagebuchs aufgefordert werden (Studierende übrigens auch nicht), hat es sich bewährt, die jeweiligen Lernstrategien mittels *Prompts* anzuregen (z. B. Roelle, Nowitzki & Berthold, 2017). Etablierte Prompts sind bspw. „Was waren die wichtigsten Inhalte und ihre Zusammenhänge?“ (Organisation), „Versuche, die zentralen Lerninhalte mittels eigener Beispiele zu veranschaulichen“ (Elaboration) oder „Welche Inhalte hast Du gut verstanden und welche noch nicht?“ (Monitoring) – eine Übersicht findet sich bspw. bei Glogger et al. (2009). Im Vergleich zu Lerntagebüchern, in denen Lernende keine spezifische Anleitung erhalten, was genau sie tun sollen, sind Lerntagebücher mit Prompts deutlich lernförderlicher. Wenn (gerade jüngere) Schülerinnen und Schüler die

Selfie2 go Name: _____ Datum: _____
Thema: _____ **gan**z Mit Ganztage mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW

Vor dem Lernen	1. Ziel Ich habe mir das folgende Ziel gesetzt: Trage ein! <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>	2. Aufgabe Habe ich die Aufgabe verstanden und weiß, was ich nun tun soll? <input type="checkbox"/> ja! <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Wenn nein, lies nochmal nach oder erkundige dich bei deinen Mitschülern oder deinem Lehrer!</div>	3. Material Habe ich alle notwendigen Materialien am Arbeitsplatz? <input type="checkbox"/> ja! <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Wenn nein, besorge alles, was du benötigst!</div>	4. Motivation Bin ich motiviert genug für die Aufgabe? <input type="checkbox"/> ja! <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Wenn nein, wende einen Trick an, den du schon gelernt hast!</div>	
	Mache ich alles richtig?				
	Nach dem Lernen	5. Ziel Habe ich mein Ziel erreicht? <input type="checkbox"/> ja! <input type="checkbox"/> nein, weil... Trage den Grund ein! <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>	6. Aufgabe Habe ich alle Aufgaben bearbeitet? <input type="checkbox"/> ja! <input type="checkbox"/> nein, weil... Trage den Grund ein! <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>	7. Material Habe ich alles wieder aufgeräumt? <input type="checkbox"/> ja! <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Wenn nein, räume auf!</div>	8. Motivation Wie viel Spaß hatte ich heute beim Bearbeiten der Aufgaben? <input type="checkbox"/> wenig <input type="checkbox"/> eher wenig <input type="checkbox"/> mittelmäßig <input type="checkbox"/> eher viel <input type="checkbox"/> viel
		9. Reflexion Wie gut war meine heutige Mitarbeit? <input type="checkbox"/> schlecht <input type="checkbox"/> eher schlecht <input type="checkbox"/> mittelmäßig <input type="checkbox"/> eher gut <input type="checkbox"/> gut	10. Reflexion Wie gut habe ich den heutigen Inhalt verstanden? <input type="checkbox"/> schlecht <input type="checkbox"/> eher schlecht <input type="checkbox"/> mittelmäßig <input type="checkbox"/> eher gut <input type="checkbox"/> gut	11. Reflexion Wie schwierig waren die Aufgaben heute für mich? <input type="checkbox"/> schwierig <input type="checkbox"/> eher schwierig <input type="checkbox"/> mittelmäßig <input type="checkbox"/> eher leicht <input type="checkbox"/> leicht	12. Reflexion Wie stark habe ich mich heute angestrengt? <input type="checkbox"/> wenig <input type="checkbox"/> eher wenig <input type="checkbox"/> mittelmäßig <input type="checkbox"/> eher viel <input type="checkbox"/> viel
13. Was geht besser? Was möchte ich beim nächsten Mal besser oder anders machen? Trage ein! <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>		14. Was war gut? Was hat heute richtig gut geklappt? Trage ein! <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>			

Abbildung 13:
Reflexionsbogen
mit offenen und
geschlossenen Items und
strukturgebendem Aufbau

geprompteten Lernstrategien jedoch noch nicht beherrschen, ist es sinnvoll, Maßnahmen der direkten Förderung vorzuschalten. Für Schülerinnen und Schüler der Unter- und Mittelstufe haben sich in diesem Kontext insbesondere *Lerntagebuchlösungsbeispiele* und ein *informiertes Training*, bei dem Schülerinnen und Schüler über den Nutzen der geprompteten Strategien aufgeklärt werden, als vielversprechend herausgestellt (siehe Roelle, Krüger, Jansen & Berthold, 2012).

Für den Schulunterricht ist das Lerntagebuch interessant, weil die nötige einführende Anleitung vergleichsweise knapp ausfallen kann – sie sind also niederschwellig zu implementieren. Zudem haben Lerntagebücher nicht nur einen *Interventions-* sondern auch einen *Diagnosecharakter*. So können Lehrkräfte mittels der Lerntagebücher ihrer Schülerinnen und Schüler diagnostizieren, welche Strategien sie schon gut beherrschen und welche weniger und somit anschließende Fördermaßnahmen gezielt auswählen; auch inhaltliche

Fehlkonzepte von Schülerinnen und Schülern können natürlich anhand der Lerntagebücher entdeckt werden und in die folgende Unterrichtsplanung einfließen.

2.5 Frage- und Aufgabenformulierungen

Zuvor in einer direkten Fördermaßnahme erlernte kognitive und metakognitive Strategien können nicht nur mit Hilfe von Algorithmen und Symbolen (siehe Kapitel 2.1), durch Implementation Intentions (siehe Kapitel 2.2) oder Reflexionsaufgaben (siehe Kapitel 2.3 und 2.4), sondern auch durch die Art und Weise, wie die Lehrkraft Aufgaben stellt oder Schülerinnen und Schüler in einem Gespräch aktiviert, indirekt gefördert werden. In Tabelle 7¹ werden Möglichkeiten präsentiert, wie kleine Aktivierungen z.B. in Unterrichtsgesprächen gemäß der Teilprozesse des SRL aussehen könnten. Von der Planung bis hin zur Reflexion werden jeweils Sätze präsentiert, die die Schülerinnen und Schüler zu eher weniger SRL (mittlere Spalte) oder zu eher mehr SRL (rechte Spalte) führen sollen. Lehrkräfte können diese Sätze für Unterrichtsgespräche, Arbeitsblätter o. ä. verwenden. Auch diese kleinen Aktivierungen dienen als Hinweisreize, die Schülerinnen und Schüler an das erinnern sollen, was sie im Vorhinein gelernt haben.

3. Fazit und Implikationen

Um SRL nachhaltig zu fördern, müssen die entsprechenden Lernstrategien einerseits direkt, also explizit beigebracht werden. Andererseits müssen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit durch indirekte Förderung eröffnet bekommen, diese erlernten Lernstrategien im Fachunterricht auch anzuwenden, um ihren Einsatz zu üben und zu automatisieren. Die Lehrkräfte stellen entsprechend die Weichen für bestimmte Inhalte und Methoden und regen den Einsatz lernförderlicher Strategien immer wieder an. Lehrkräfte verhindern damit ein Produktionsdefizit und erhöhen die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Schülerinnen und Schüler die Lernstrategien auch in andere Fächer transferieren, weil die Anwendung selbstverständlich wird. Im Vorigen wurden fünf Maßnahmen der indirekten Förderung vorgestellt.

Lehrkräfte melden beim Einsatz solcher Maßnahmen allerdings häufig Probleme zurück, weshalb im Folgenden erfahrungsbasierte Kriterien präsentiert werden, die die Implementation von Innovationen in den Schulalltag beeinflussen. Diese Kriterien wurden im Rahmen des Projekts „Ganz In“ abgeleitet. In Ganz In wurden im Teilprojekt „Selbst-reguliertes Lernen“ Ganztagsgymnasien dabei betreut, ein Konzept zum SRL, zu dem die in diesem Beitrag vorgestellten Maßnahmen gehörten, zu implementieren.

Die nun folgenden Kriterien sollten beim Einsatz innovativer Maßnahmen, die Schülerinnen und Schüler nicht von je her kennen und bereits akzeptiert haben, beachtet werden:

- a) *Qualität*: Es ist darauf zu achten, dass die eingesetzte Maßnahme (z.B. ein Reflexionsbogen) qualitativ hochwertig ist, sowohl inhaltlich als auch augenscheinlich, damit Schüler*innen eine gewisse Wertigkeit der Maßnahme verspüren und die Maßnahme auch funktioniert.
- b) *Personalisierung*: Die Maßnahme sollte nach Möglichkeit personalisiert oder bestenfalls sogar gemeinsam mit den Schülerinnen und Schüler individuell entwickelt werden. Dieses Vorgehen erhöht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich Schülerinnen und Schüler damit identifizieren können.

¹ Die Autoren danken Anna Harnischfeger für ihre inspirierende Arbeit bei der gemeinsamen Entwicklung dieser Frage- und Aufgabenformulierungen.

Tabelle 7:
Frage- und Aufgaben-
formulierungen für
Unterrichtsgespräche,
Arbeitsblätter o. ä.

Planung		
	Weniger SRL	Mehr SRL
Vorwissens-aktivierung	„Schaut mal, das hier haben wir in der letzten Stunde gemacht...“	„Überlegt mal, was wir in der letzten Stunde gemacht haben!“
Zielsetzung	„Das hier wollen wir diese Stunde erreichen/lernen/...“	„Was wollt ihr heute erreichen?“
Zeitplanung	„Für diese Aufgabe habt ihr 10 Minuten Zeit.“	„Wie viel Zeit benötigt ihr für diese Aufgabe?“
Strategie/Vorgehen	„Für die Bearbeitung dieser Aufgabe nutzt ihr am besten diese Strategie / geht ihr am besten folgendermaßen vor...“	„Überlegt mal, welche Strategie ihr am besten nutzt / wie ihr am besten vorgehen könnt, um diese Aufgabe zu lösen.“
Planung/Struktur	„Als erstes macht ihr das und anschließend erledigt ihr Folgendes, ...“	„Was wollen wir als erstes machen?“ / „In welchen Schritten wollen wir heute vorgehen?“
Überwachung		
	Weniger SRL	Mehr SRL
Innehalten	„Was ihr hier gerade macht, ist nicht zielführend.“	„Beobachtet euch selber. Was macht ihr gerade? Ist das zielführend? Arbeitet ihr wie geplant?“ / „Seid ihr auf dem richtigen Weg, um das Ziel zu erreichen?“
Inhaltliches Verständnis	„Ich sehe, ihr habt das hier noch nicht richtig verstanden...“	„Überprüft mal, ob ihr alles verstanden habt / welche Punkte ihr noch nicht verstanden habt.“
Regulation		
	Weniger SRL	Mehr SRL
Anpassung der Strategiewahl/ Vorgehensweise	„Das klappt so nicht. Benutzt lieber diese Strategie... / Geht lieber so vor...“	„Führt euch diese Strategie zum Ziel? Wenn nein, wie könntet ihr sie anpassen? Wie könntet ihr weiter vorgehen?“
Probleme beim Erreichen der Ziele	„Um doch noch das Ziel zu erreichen, müsst ihr jetzt...“	„Versucht mal, eine Möglichkeit zu finden, um das Problem zu lösen und doch noch ans Ziel zu kommen.“
Reflexion		
	Weniger SRL	Mehr SRL
Inhaltliches Verständnis	„XY habt ihr heute (nicht) gut verstanden, weil...“	„Was habt ihr heute gut verstanden und was noch nicht? Was könnte der Grund dafür sein?“
Zielerreichung	„Wir haben das heutige Ziel (nicht) erreicht.“	„Was meint ihr, haben wir das heutige Ziel erreicht?“
Zukünftiges Lernverhalten	„Nächstes Mal könnt ihr xy besser machen / auf xy achten.“	„Überlegt euch, was ihr beim nächsten Mal besser machen könnt.“

- c) *Sinnhaftigkeit*: Die Maßnahme sollte intensiv und ggf. mehrmals eingeführt bzw. mit Blick auf den Sinn der Maßnahme erläutert werden. Vor allem der Nutzen metakognitiver Lernstrategien ist für junge Schülerinnen und Schüler nicht immer direkt ersichtlich oder spürbar.
- d) *Wertschätzung*: Lehrkräfte sollten den Lernprozess (also z. B. das Ausfüllen eines Reflexionsbogens oder das Beachten eines Lernalgorithmus) wertschätzen, indem sie bspw. regelmäßig Feedback geben. Die Bedeutung der Wertschätzung ist umso wichtiger, je weniger Schülerinnen und Schüler einen unmittelbaren Nutzen der Maßnahme verspüren.
- e) *Dosierung*: Die Lehrkraft sollte abwägen, wie oft die Maßnahme eingesetzt wird. Um SRL erfolgreich zu fördern, ist ein regelmäßiger Einsatz über eine längere Zeit zu empfehlen – ein Überreizen der Schülerinnen und Schüler ist jedoch zu verhindern. Die Wahrscheinlichkeit des Überreizens steigt, wenn die vorigen vier Punkte nicht oder nur zum Teil beachtet werden.

Viele Wege führen nach Rom und Schülerinnen und Schüler zum selbstregulierten Lernen. In diesem Beitrag wurden einige „Pflastersteine“ präsentiert, die sich empirisch bewährt haben und nicht nur Schülerinnen und Schüler, sondern auch Lehrkräften auf dem „steinigen Weg“ Sicherheit und Halt geben können. Bei der Förderung des SRL gibt es eben nicht den einen „Königsweg“ und die Förderung des SRL stellt sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für Lehrkräfte eine Herausforderung dar, die sich aber früher oder später im Sinne der Lernförderlichkeit und des Erwerbs von Kompetenzen des lebenslangen Lernens auszahlt.

V. Literatur

- Anus, S. (2015). *Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht: Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 188*. Berlin: Logos.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulation learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445–457.
- Bohl, T., Batzel, A. & Richey, P. (2012). Öffnung – Differenzierung – Individualisierung – Adaptivität: Charakteristika, didaktische Implikationen und Forschungsbefunde verwandter Unterrichtskonzepte zum Umgang mit Heterogenität. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.), *Theorie und Praxis der Schulpädagogik. Binnendifferenzierung: Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht* (S. 40–68). Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag.
- Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M. & Wischer, B. (Hrsg.). (2012). *Theorie und Praxis der Schulpädagogik. Binnendifferenzierung: Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag.
- Bönsch, M. (2012). Strategien zur Lernprozessoptimierung – Innere Differenzierung. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.), *Theorie und Praxis der Schulpädagogik. Binnendifferenzierung: Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht* (S. 9–23). Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag.
- Dignath, C. & Buettner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students: A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and Learning*, 3, 231–264.
- Dignath, C. & Büttner, G. (2018). Teachers' direct and indirect promotion of self-regulated learning in primary and secondary school mathematics classes – insights from video-based classroom observations and teacher interviews. *Metacognition Learning*, 13, 127–157. <https://doi.org/10.1007/s11409-018-9181-x>
- Dixon, F. A., Yssel, N., McConnell, J. M. & Hardin, T. (2014). Differentiated Instruction, Professional Development, and Teacher Efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37(2), 111–127. <https://doi.org/10.1177/0162353214529042>
- Gehlen, C. (2016). *Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie. Studien Zum Physik- und Chemielernen. Band 206*. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “Context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). *Lernen mit Lernleitern: Unterrichten mit der MultiGradeMultiLevel-Methodology (MGML). Theorie und Praxis der Schulpädagogik: Band 10*. Immenhausen, Hess: Prolog-Verlag.
- Glogger, I., Holzäpfel, L., Schwonke, R., Nückles, M. & Renkl, A. (2009). Activation of learning strategies in writing learning journals: The specificity of prompts matters. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23, 95–104. doi:10.1024/1010-0652.23.2.95
- Gollwitzer, P. M. & Sheeran, P. (2006). Implementation intentions and goal achievement: a meta-analysis of effects and processes. In M. P. Zanna (Hrsg.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 38, S. 69–119). San Diego, CA: Elsevier Academic Press. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2601\(06\)38002-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2601(06)38002-1).
- Graf, E. (2002). Modelle im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 67, 4–9.
- Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (7. Auflage). *Unterricht verbessern – Schule entwickeln*. Seelze: Klett.
- Holländer, M. (2010). *Effektivität des Advance Organizers als Strukturierungshilfe im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Berlin: Uni-Edition.
- Hospel, V. & Galand, B. (2016). Are both classroom autonomy support and structure

- equally important for students' engagement?: A multilevel analysis. *Learning and Instruction*, 41, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.09.001>
- Kallweit, I. (2015). *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 183*. Berlin: Logos.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–150. Verfügbar unter: http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/16_Kauertz.pdf
- Klafki, W. & Stöcker, H. (1976). Innere Differenzierung des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 22, 497–523.
- Krell, M., Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2014). Students' levels of understanding models and modelling in biology: global or aspect-dependent? *Research in Science Education*, 44(1), 109–132. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9365-y>
- Landmann, M. & Schmitz, B. (2007). Nutzen und Grenzen standardisierter Selbstregulationstagebücher. *Empirische Pädagogik*, 21, 138–156.
- Meyer, H. (2013). *Was ist guter Unterricht?* (9. Auflage). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Parchmann, I., Ralle, B. & Di Fuccia, D.-S. (2008). Chemie im Kontext – ein Weg zu einem anderen Chemieunterricht? In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B. Ralle (Hrsg.), *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts* (S. 9–47). Münster: Waxmann.
- Pfeifer, P. & Sommer, K. (2018). Modelle und Modellexperimente im Chemieunterricht: Modelle und Erkenntnis. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 519–524). Seelze: Aulis.
- Roelle, J., Krüger, S., Jansen, C. & Berthold, K. (2012). The use of solved example problems for fostering strategies of self-regulated learning in journal writing. *Education Research International*. <http://www.hindawi.com/journals/edu/2012/751625/>
- Roelle, J., Nowitzki, C. & Berthold, K. (2017). Do cognitive and metacognitive processes set the stage for each other? *Learning and Instruction*, 50, 54–64. doi:10.1016/j.learninstruc.2016.11.009
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–175). Münster: Waxmann.
- Schuster, C., Stebner, F., Wirth, J. & Leutner, D. (2018). Förderung des Transfers metakognitiver Lernstrategien durch direktes und indirektes Training. *Unterrichtswissenschaft*, 46, 409–435. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0028-6>
- Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Stalbovs, K., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2015). Implementation intentions during multimedia learning: Using if-then plans to facilitate cognitive processing. *Learning and Instruction*, 35, 1–15.
- Stebner, F., Schiffhauer, S., Schmeck, A., Schuster, C., Leutner, D. & Wirth, J. (2015). *Selbstreguliertes Lernen in den Naturwissenschaften: Praxismaterial für die 5. und 6. Jahrgangsstufe*. Münster: Waxmann.
- Stebner, F., Schmeck, A., Marschner, J., Leutner, D. & Wirth, J. (2015). Ein Training zur Förderung des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren. In H. Wendt & W. Bos (Hrsg.), *Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium. Erste Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt Ganz In* (S. 396–413). Münster: Waxmann.
- Stöger, H., Sontag, C. & Ziegler, A. (2009). Selbstreguliertes Lernen in der Grundschule. In F. Hellmich & S. Wernke (Hrsg.), *Lernstrategien im Grundschulalter. Konzepte, Befunde und praktische Implikationen* (S. 91–105). Stuttgart: Kohlhammer.

- Terzer, E. (2013). *Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht: Empirische Beschreibung von Modellkompetenz mithilfe von Multiple-Choice Items*. Berlin: Dissertation. Verfügbar unter: <https://d-nb.info/1029763909/34>
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., Conover, L. A. & Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A review of literature. *Journal of the Education of the Gifted*, 27, 119–145.
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Van Vorst, H. (2018a). Structuring learning processes by ladders of learning: results from an implementation study. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1081–1095. <https://doi.org/10.1039/C8RP00078F>
- Van Vorst, H. (2018b). Zum Bohr'schen Atomkonzept mit der Lernleiter: Ein Ansatz zur Unterrichtsstrukturierung und Differenzierung. *MNU*, 71, 317–324.
- Wahser, I. (2008). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie: Eine experimentelle Laborstudie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 73*. Berlin: Logos.
- Walpuski, M. (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback: Eine empirische Studie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 49*. Berlin: Logos.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNas – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe. In A. Gehrmann (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle: Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, K., Pant, H. A., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards: eine fachübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–291

Unterricht mit der Lernleiter

Liebe Schülerinnen und Schüler,

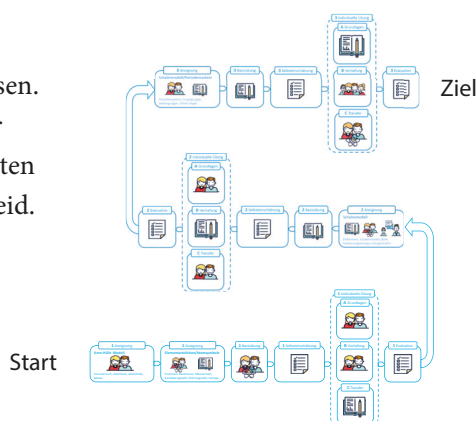
in den nächsten Wochen werdet ihr das Thema „Atombau“ im Chemieunterricht behandeln und mit Hilfe der Lernleiter erarbeiten. Diese Übersicht soll euch beim Unterricht mit der Lernleiter helfen und das wichtigste aus dem Lernleiter-Video noch einmal zusammenfassen.

Warum Unterricht mit der Lernleiter?

- Die Lernleiter hilft beim Lernen, indem sie neue Lerninhalte übersichtlicher gestaltet.
- Die Lernleiter hält Aufgaben bereit, die an eure eigenen Fähigkeiten angepasst sind.
- Dadurch kann die Lernleiter euch helfen, eventuelle Lücken zu schließen. Solltet ihr auf Anhieb alles verstanden haben, bearbeitet ihr Aufgaben, die neue Ideen und Aspekte enthalten. So ist immer für jeden von euch eine passende Aufgabe dabei.

Wie ist die Lernleiter aufgebaut?

- Die Lernleiter besteht aus drei Leitersprossen.
- Ihr werdet euren Weg durch die Lernleiter bei START beginnen und sie dann von unten nach oben durchlaufen, bis ihr am ZIEL seid.

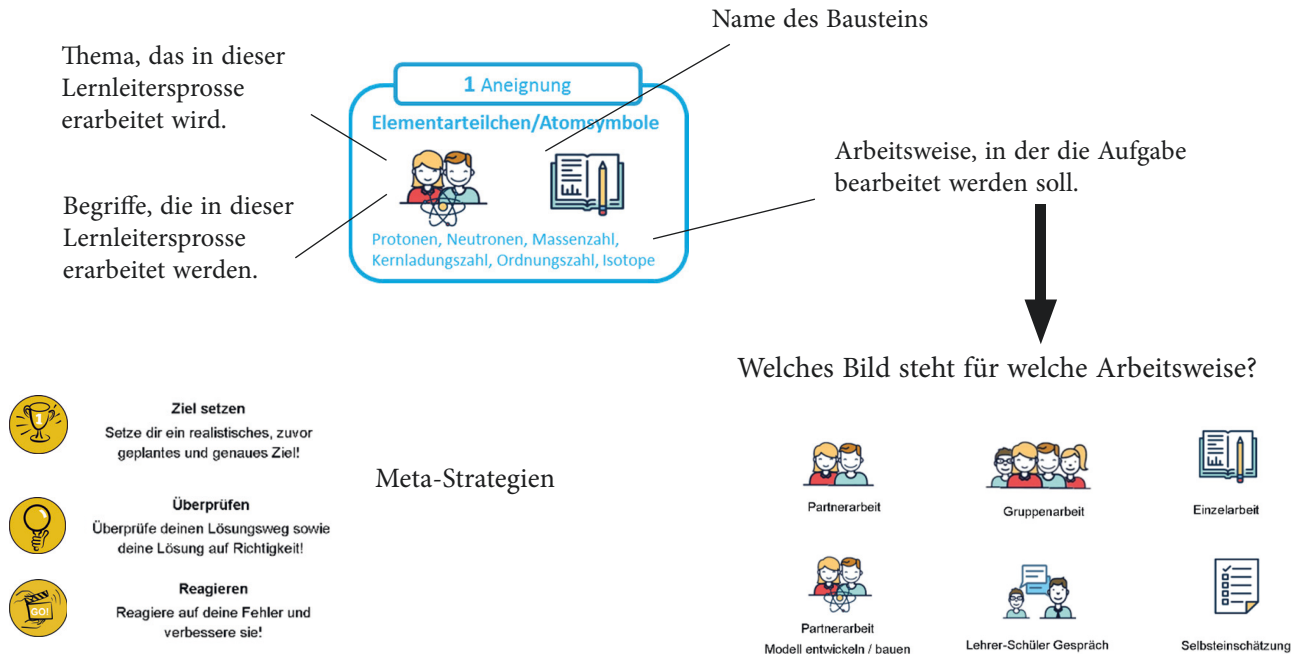


Wie ist eine Leitersprosse aufgebaut?

1. „Aneignung“: Gemeinsam mit eurer Lehrperson werdet ihr neue Begriffe, Konzepte, Arbeitsweisen und vieles mehr kennenlernen und euer Wissen erweitern.
2. „Basisübung“: In der Basisübung werdet ihr euer neu erworbenes Wissen in Übungsaufgaben anwenden. Dabei sollt ihr feststellen, was ihr bisher schon verstanden habt und was euch eventuell noch unklar ist.
3. „Selbsteinschätzung“: Ihr schätzt selbst ein, welche Inhalte ihr schon gut verstanden habt und was ihr besser noch einmal üben solltet. Euch wird ein Arbeitsblatt zugeordnet, das ihr in der „Individuellen Übung“ bearbeitet.
4. „Individuelle Übung“: Hier könnt ihr das üben, was ihr bisher noch nicht ganz verstanden habt und eventuelle Lücken schließen. Solltet ihr bereits alles verstanden haben, erhaltet ihr eine weiterführende Aufgabe.

5. „Evaluation“: Als Abschluss jeder zweiten Leitersprosse erhaltet ihr noch einen Fragebogen, mit dem ihr euer Wissen testen könnt. Zu jeder Frage gibt es vier Antwortmöglichkeiten und ihr sollt das ankreuzen, was eurer Meinung nach die richtige Antwort ist.

Wie ist ein Lernleiter-Feld aufgebaut?



Wie funktioniert der Selbsteinschätzungsbogen?

Hier stehen Fähigkeiten, die du in dieser Leitersprosse erlernen sollst.

Hier kreuzt du an, wie sicher du dir bei einer bestimmten Fähigkeit bist.

Meine Fähigkeiten	Das kann ich.	Da bin ich fast sicher.	Da bin ich mir unsicher.	Das kann ich noch nicht.	Übungs- aufgaben
Ich kann die Bestandteile eines Atomkerns benennen.					1.A
Ich kann den Unterschied zwischen der Massenzahl und der Ordnungszahl eines Elements beschreiben.					1.A
Ich kann beschreiben, wie sich zwei Isotope eines Elements unterscheiden.					1.A
Ich kann den Aufbau des Atomkerns eines Elements beschreiben, wenn ich seine Ordnungszahl und Massenzahl kenne.					1.B
Ich kann die Anordnung von Protonen und Neutronen im Atomkern erklären.					1.B
Ich kann die durchschnittliche Massezahl eines Atoms anhand der prozentualen Anteile seiner Isotope berechnen.					1.B
Wenn du bei den oberen Aussagen immer „Das kann ich.“ angekreuzt hast, dann bearbeite folgende Aufgaben:					1.C

Die erste Zeile, in der du „Da bin ich mir unsicher.“ oder „Das kann ich nicht“ angekreuzt hat, verrät dir, welches Arbeitsblatt du bearbeiten sollst.

Um zu sehen, welches Arbeitsblatt du bearbeiten sollst, guckst du in die letzte Spalte. Die Nummer und das Bild sind auch ganz oben auf dem Arbeitsblatt zu sehen:

1.A Individuelle Übung

Der Atombau



Wenn du Material benötigst, ist auch dieses gekennzeichnet. So weißt du immer, was zusammen gehört.

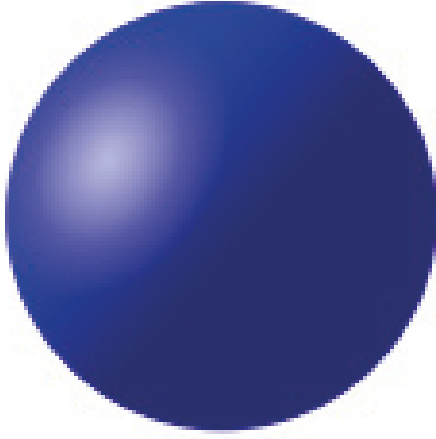
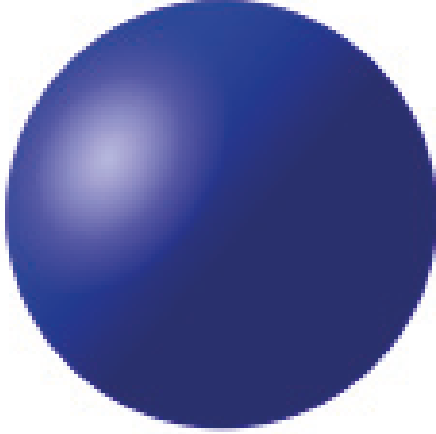

Viel Spaß mit der Lernleiter!

Milestone: Der Atombau			
Angestrebter Kompetenzaufbau: Die Schülerinnen und Schüler können ...			
<ul style="list-style-type: none"> • den Aufbau und die Durchführung des Rutherford'schen Streuversuchs beschreiben. • die Schlussfolgerungen aus dem Versuch benennen. • die Bausteine eines Atomkerns, ihre Funktion und ihre Anordnung im Kern beschreiben. • die Massenzahl, die Ordnungszahl und die Neutronenanzahl verschiedener Elemente bestimmen. • die Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern und der Ordnungszahl und Massenzahl erklären. 			
Baustein	Handlungsschritte	Methode	Benötigte Medien/Material
Aneignungsphase	Einstieg: <ul style="list-style-type: none"> • Folie 1 wird als stiller Impuls aufgelegt. Schülerinnen und Schüler assoziieren, was sie mit dem Begriff „Atom“ verbinden. Dabei soll das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aus dem vorangegangenen Schuljahr gesammelt werden. • Überleitung zur Erarbeitungsphase, indem auf Rutherford und seinen Streuversuch verwiesen wird, der versucht, mehr über Aufbau eines Atoms herauszufinden. Erarbeitung: <ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten AB 1, schauen dabei die Flash-Animation (Chemieinteraktiv) zum Rutherford'schen Streuversuch und werten diesen mithilfe des Arbeitsblatts selbstständig aus. Sicherung: <ul style="list-style-type: none"> • Zunächst werden die auf AB 1 eingangs formulierten Hypothesen vorgelesen. Anschließend beschreiben die Schülerinnen und Schüler den Versuch sowie das Ergebnis und die Schlussfolgerungen zum Aufbau eines Atoms. 	Lehrer-Schüler-Gespräch	OHP, Folie 1
Aneignungsphase II	Einstieg: <ul style="list-style-type: none"> • Es wird die bisher stattgefundene Entwicklung der Vorstellung über das Atom nachgezeichnet, indem Folie 2 aufgelegt wird. Im Lehrer-Schüler-Gespräch werden wichtige Erkenntnisse wiederholt. • Der Einstieg endet mit einem Ausblick darauf, dass nun zunächst der Atomkern näher betrachtet werden soll. • Bisheriges Wissen über den Atomkern wird gesammelt. 	Partnerarbeit Lehrer-Schüler-Gespräch	PC-Raum (Flash-Player wird benötigt), AB 1
		Lehrer-Schüler-Gespräch	OHP, Folie 2

	<p><u>Erarbeitung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler versuchen in einem Modellversuch den Atomkern nachzubauen. Dazu erhalten sie als Unterstützung das Arbeitsblatt AB 2. Anschließend werden die Ideen der Schülerinnen und Schüler als Hypothesen über den Aufbau eines Atomkerns an der Tafel/auf einer Folie gesammelt. Schülerinnen und Schüler lesen einen Info-Text zum Atomkern (AB 3) und vergleichen/erweitern ihr zuvor entwickeltes Modell vom Atomkern mit den Informationen des Textes. 	<p>Partner-/ Gruppenarbeit</p> <p>Einzelarbeit</p>	<p>2 Magnete je Gruppe, AB 2</p> <p>AB 3</p>
	<p><u>Sicherung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Die Arbeitsergebnisse werden zusammengetragen, indem die zuvor festgehaltenen Hypothesen der Schülerinnen und Schüler aufgegriffen und diskutiert werden. Zur Veranschaulichung werden im Anschluss zwei exemplarische Atomkerne mithilfe der Magnete und einem weiteren Hilfsmittel auf dem OHP nachgebaut. Das Hilfsmittel repräsentiert ein Neutron und sollte so zwischen die gleichen Pole der Magnete eingebaut werden, dass sie möglichst nah nebeneinander-liegen können, ohne sich abzustößen. Mithilfe der dazugehörigen Elementsymbole aus dem PSE werden die Begriffe <i>Ordnungszahl</i> und <i>Massenzahl</i> erläutert. 	<p>Lehrer- Schülergespräch</p>	<p>OHP, 2 Magnete, Hilfsmittel z.B. Centstücke (als Neutron)</p>
Basisübung	Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten die Übungsaufgaben zum Atomkern (AB 4).	Einzelarbeit	AB 4
Selbstevaluation	Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten den Evaluationsbogen zu diesem Milestone (AB 5).	Einzelarbeit	AB 5
Individualisierte Übungsphase	<p><u>Übersicht über die Materialien:</u></p> <p>AB 6: Das Spiel zum Atomkern – Niveau I</p> <p>AB 6: Tabu umgekehrt – Niveau II</p> <p>AB 7: Blackbox – Niveau III</p>	<p>Partnerarbeit</p> <p>Partnerarbeit</p> <p>Partnerarbeit</p>	<p>AB 6, Spielkarten</p> <p>AB 7, Spielkarten</p> <p>AB 8, Arbeitsheft, Blackbox</p>



Das Atom – Was wir schon wissen

		
Teilchenmodell	Kern-Hülle-Modell	Atomkern



AB 1: Der Rutherford'sche Streuversuch

Die Radioaktivität wurde 1896 von Antoine Henri Becquerel entdeckt. Seit dieser Zeit begannen zahlreiche Forscher mit ihr zu experimentieren. Einer dieser Wissenschaftler war Ernest Rutherford.

Er hatte sich einen Versuchsaufbau überlegt, mit dessen Hilfe er Goldfolie, die aus nur 1.000 Schichten von Goldatomen bestand, mit α -Teilchen beschießen konnte. α -Teilchen sind eine Form der radioaktiven Strahlung. In seinem so genannten Streuversuch nutzte Rutherford das radioaktive Element Radium als Strahlungsquelle, das er mit einem Bleiblock umschloss. Durch eine kleine Öffnung konnten die α -Teilchen austreten und gezielt auf die Goldfolie gerichtet werden. Um den Verlauf der radioaktiven Strahlen nachzuverfolgen, stellte er rund um die Goldfolie einen Fotoschirm auf. Trafen die α -Teilchen auf den Fotoschirm, hinterließen sie eine schwarze Verfärbung.

Aufgabe 1:

Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Versuchs von Ernest Rutherford. Beschriftet zunächst die Abbildung mit Hilfe der Informationen im Einleitungstext.

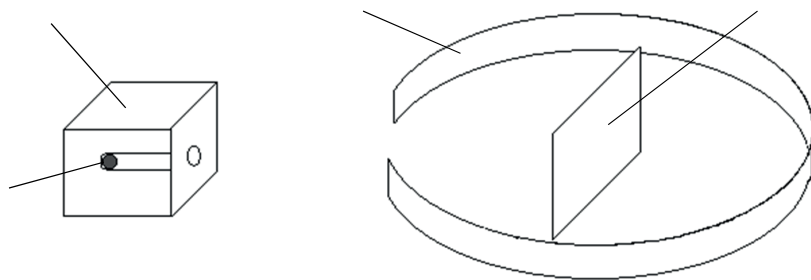
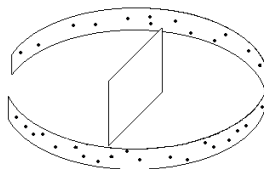


Abbildung 1: Aufbau des Rutherford'schen Streuversuchs

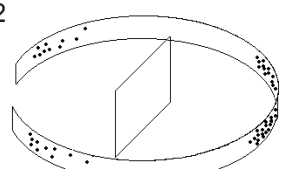
Aufgabe 2:

Abbildung 2 zeigt vier mögliche Versuchsergebnisse. Welches der Ergebnisse haltet ihr für wahrscheinlich? Begründet eure Vermutung.

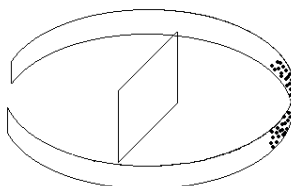
Variante 1



Variante 2



Variante 3



Variante 4

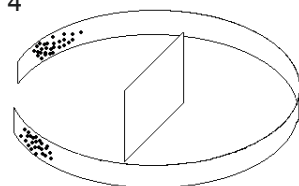


Abbildung 2: Mögliche Versuchsergebnisse des Rutherford'schen Streuversuchs

1 Aneignung II

Der Atombau

**Aufgabe 3:**

- a) Startet die Animation zur Versuchsdurchführung (http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_rutherford.html). Schaut euch zunächst den Ablauf des Versuchs an (in der Animation unten rechts: 1. Versuch). Mit Hilfe der Felder unten links könnt ihr verschiedene Ansichten wählen.
- b) Notiert eure Beobachtungen. Nutzt dazu folgende Begriffe: *ablenken*, *Bleibblock*, *Filmstreifen*, *Goldfolie*, *reflektieren*, *durchdringen*, α -Strahlen

Aufgabe 4:

- a) Lest euch den nachfolgenden Eintrag von Rutherford in sein Labortagebuch durch.

Rutherfords Eintrag in sein Labortagebuch

Erstaunlich! Eigentlich hätte ich erwartet, dass ein Großteil der α -Teilchen zurückgeworfen wird. Der Fotoschirm hinter der Goldfolie hätte weiß bleiben müssen, nur vor der Goldfolie hätten schwarze Verfärbungen zu sehen sein müssen. Aber stattdessen ist fast der gesamte Bereich hinter der Goldfolie schwarz gefärbt, vorn ist allerdings kaum etwas zu sehen. Fast alle α -Teilchen konnten die Goldfolie ungehindert passieren. Wie muss also das Atom aussehen?

Ich stelle mir das Atom als ein **Kern-Hülle-Modell** vor: Ein Großteil des Atoms muss aus leerem Raum bestehen. Diesen Bereich nenne ich **Atomhülle**. Aber es muss auch einen kleinen Bereich geben, in dem sich etwas befindet. Diesen Bereich nenne ich **Atomkern**. Der Atomkern muss positiv geladen sein, da er die ebenfalls positiv geladenen α -Teilchen abgestoßen hat.

In der Atomhülle muss es negativ geladene Teilchen geben, denn das Atom ist insgesamt neutral. Ich nenne die Teilchen in der Atomhülle Elektronen. Die Elektronen müssen aber winzig klein sein und fast kein Gewicht, also fast keine Masse haben.


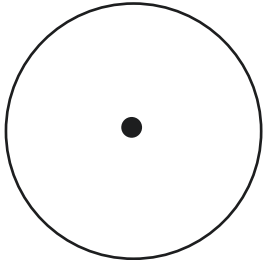
- b) Schaut euch nun den zweiten Teil der Animation an (unten rechts: 2. Erklärungen am Atommodell).

1 Aneignung II

Der Atombau



- c) Vergleichen Sie die Vorstellung vom Atom nach Dalton (Teilchenmodell) mit Rutherfords Überlegungen zum Aufbau der Atome (Kern-Hülle-Modell), indem Sie folgende Tabelle ausfüllen.

	Daltons Teilchenmodell	Rutherfords Kern-Hülle-Modell
Darstellung des Atoms		
Beschreibung des Atoms		
Zu erwartendes Versuchsergebnis im Streuversuch ¹		

¹Hinweis: Versuchen Sie, wie das Versuchsergebnis in Rutherfords Streuversuch aussehen müsste, wenn die Goldfolie aus Atomen aufgebaut wäre, die dem Teilchenmodell nach Dalton entsprechen.



AB 1: Der Rutherford'sche Streuversuch

Lösungen

Aufgabe 1:

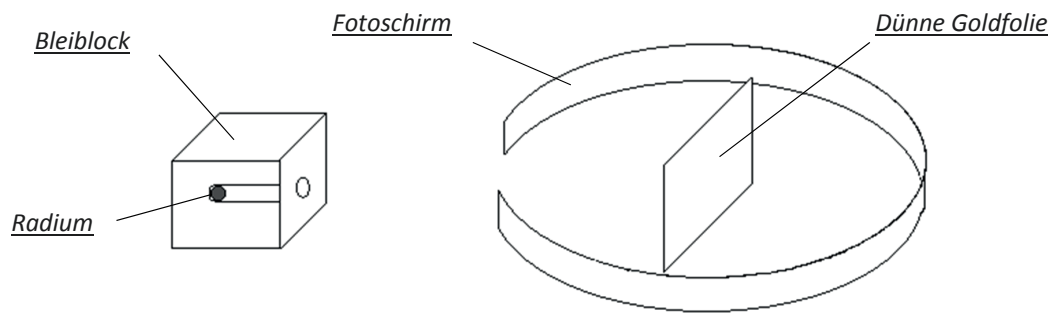
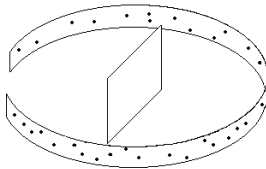


Abbildung 1: Aufbau des Rutherford'schen Streuversuchs

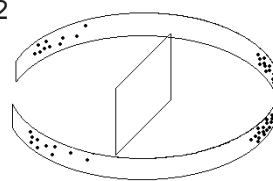
Aufgabe 2:

Nach dem Teilchenmodell von Dalton sind die Teilchen massive Kugeln. Damit müssten die darauf geschossenen α -Teilchen alle reflektiert werden. Variante 4 wäre wahrscheinlich.

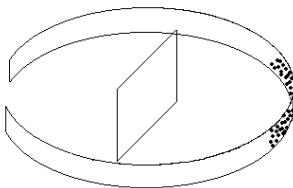
Variante 1



Variante 2



Variante 3



Variante 4

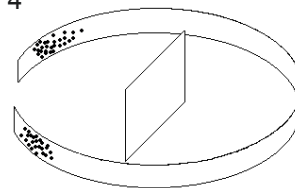


Abbildung 2: Mögliche Versuchsergebnisse des Rutherford'schen Streuversuchs

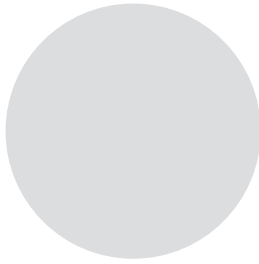
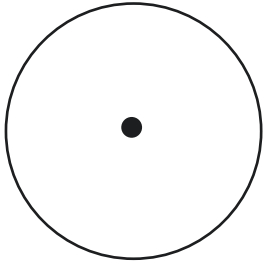
Aufgabe 3:

b) Die α -Strahlen, die aus dem Bleibblock austreten, durchdringen die Goldfolie zum größten Teil und treffen hinter der Goldfolie auf den Filmstreifen. Nur wenige werden beim Auftreffen auf die Goldfolie abgelenkt oder reflektiert. (Variante 2)



Aufgabe 4:

c)

	Daltons Teilchenmodell	Rutherfords Kern-Hülle-Modell
Darstellung des Atoms		
Beschreibung des Atoms	<u>Massive Kugel.</u> <u>gleichmäßige Verteilung der Masse</u>	<u>Positiv geladener Atomkern,</u> <u>Atomhülle mit negativ geladenen Bausteinen (fast keine Masse), Größenverhältnis Atomkern zu Atom : 60.000</u>
Zu erwartendes Versuchsergebnis im Streuversuch ¹	<u>Variante 4 (aus Aufgabe 2)</u>	<u>Variante 2 (aus Aufgabe 2)</u>

¹Hinweis: Versucht euch vorzustellen, wie das Versuchsergebnis in Rutherfords Streuversuch aussehen müsste, wenn die Goldfolie aus Atomen aufgebaut wäre, die dem Teilchenmodell nach Dalton entsprechen.



AB 2: Der Atomkern

Rutherfords Erkenntnisse zum Atomaufbau lösten einen wahren Forschungsboom aus, der zu einem besseren Verständnis über die Bestandteile eines Atoms führte. Nach Rutherfords Modellvorstellung besteht ein Atom aus einem positiv geladenen **Atomkern**, der zwar 99,9 % der Masse des Atoms enthält, aber 60.000-mal kleiner als das gesamte Atom ist. Um den Atomkern befindet sich die negativ geladene **Atomhülle**, die fast masselos ist. Aber aus welchen Bestandteilen bestehen nun der Atomkern und die Atomhülle genau? Um diese Frage zu beantworten, versuchen wir uns zunächst mithilfe eines Modellversuchs vorzustellen, wie der **Atomkern** aufgebaut sein könnte.

Anleitung: Um eine Vorstellung zum Aufbau des Atomkerns zu entwickeln, benutzen wir zwei Magnete. Haltet zwei identische Pole der Magnete aneinander und beobachtet, was passiert. Versucht nun, die Magnete möglichst eng zusammen zu bringen, ohne dass sie durch etwas oder jemanden festgehalten werden. Hierfür dürft ihr weitere Hilfsmittel benutzen.

Aufgabe 1:

- a) Beschreibt, wie ihr bei dem Modellversuch vorgegangen seid. Welche(s) Hilfsmittel habt ihr benutzt?
- b) Notiert eure Beobachtungen.
- c) Beschreibt, welche Funktion euer Hilfsmittel in dem Modellversuch hat.

Aufgabe 2:

Überlegt nun als Schlussfolgerung aus dem Versuch, wie ein Atomkern aufgebaut sein könnte.



AB 2: Der Atomkern

Lösungen

Aufgabe 1:

Individuelle Schülerlösung

Aufgabe 2:

- b) Zunächst stoßen sich die Magnete ab, wenn sie näher zusammenkommen. Legt man jedoch z. B. einen ungeladenen Gegenstand zwischen die Magnete, kann man sie näher zusammenlegen, ohne dass sie sich abstoßen.
- c) Das Hilfsmittel schirmt die Magnete ab, sodass sie sich nicht mehr (so stark) gegenseitig abstoßen und näher aneinander liegen können.

Aufgabe 3:

Im Atomkern befinden sich positiv geladene Teilchen (im Modell dargestellt durch die Magnete). Zwischen ihnen sind ungeladene Teilchen (im Modell dargestellt durch das Hilfsmittel) angelagert, weshalb sich die geladenen Teilchen nicht abstoßen. Damit dienen die ungeladenen Teilchen der Stabilität des Kerns.

1 Aneignung II

Der Atombau



So besteht Chlor zu 24,2 % aus Atomen mit 20 Neutronen ($^{37}_{17}\text{Cl}$) und zu 75,8 % aus Atomen mit 18 Neutronen ($^{35}_{17}\text{Cl}$). Im Periodensystem wird nur die durchschnittliche Masse der Chloratome (35,48 u) angegeben.

Atome des gleichen Elements, die sich nur in der Anzahl der Neutronen unterscheiden, werden **Isotope** genannt (gr. iso: gleich, gr. topos: Ort), da sie an gleicher Stelle im Periodensystem stehen.

Isotope: Atome mit gleicher Protonenzahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl

Um die durchschnittliche Atommasse des Chlor-Atoms von 35,48 u zu bestimmen, setzt man die prozentualen Anteile der Isotope zueinander in Beziehung.

$$0,242 \cdot 37 \text{ u} + 0,758 \cdot 35 \text{ u} = 35,484 \text{ u}$$

Aufgabe 1:

Beschreibe, aus welchen Bausteinen sich der Atomkern zusammensetzt.

Gib die Ladung und die Masse der Bausteine an. Erkläre, warum der Atomkern aus verschiedenen Bausteinen besteht.

Aufgabe 2:

Vergleiche deine Überlegungen zum Aufbau des Atomkerns aus dem Modellversuch (AB 2) mit den Informationen im Text.

- Überlege dir, wofür die Magnete im Modellversuch standen und was die Münzen verdeutlichen sollten.
- Welche Ordnungszahl hätte das Atom aus dem Modellversuch?
- Welche Masse hätte der Atomkern aus dem Modellversuch?

Aufgabe 3:

Kreuze alle richtigen Aussagen an.

Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements unterscheiden sich in der Anzahl der Neutronen.	<input type="checkbox"/>
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements unterscheiden sich in der Anzahl der Protonen.	<input type="checkbox"/>
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements haben die gleiche Massenzahl.	<input type="checkbox"/>
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements haben die gleiche Ordnungszahl.	<input type="checkbox"/>
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements enthalten gleich viele Neutronen wie Protonen.	<input type="checkbox"/>



AB 3: Der Aufbau des Atomkerns

Lösungen

Aufgabe 1:

Der Atomkern besteht aus Protonen und Neutronen. Protonen sind einfach positiv geladene Teilchen, sie besitzen die Masse 1u. Neutronen sind ungeladene Teilchen, sie besitzen ebenfalls die Masse 1u. Die elektrisch neutralen Neutronen sorgen dafür, dass der Atomkern trotz der sich abstoßenden positiv geladenen Protonen stabil ist.

Aufgabe 2:

- a) Die Magnete sollen im Modellversuch die Protonen darstellen. Sie würden sich – ähnlich wie die Protonen – ohne das Vorhandensein des Hilfsmittels (also der Neutronen) abstoßen. Das Hilfsmittel, das die elektrisch ungeladenen Neutronen darstellen soll, verhindert die Abstoßung.
- b) Ordnungszahl 2, da zwei Protonen vorhanden gewesen wären.
- c) Da insgesamt drei Nukleonen vorhanden sind, würde die Masse 3 u betragen.

Aufgabe 3:

Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements unterscheiden sich in der Anzahl der Neutronen.	X
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements unterscheiden sich in der Anzahl der Protonen.	
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements haben die gleiche Massenzahl.	
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements haben die gleiche Ordnungszahl.	X
Zwei unterschiedliche Isotope eines Elements enthalten gleich viele Neutronen wie Protonen.	



AB 4: Der Atomkern

Aufgabe 1:

Setze die folgenden Begriffe an der richtigen Stelle im Text ein:

Atomhülle | Atomkern | Isotope | Kern-Hülle-Modell | Kernladungszahl | Masse | massiefrei | Massenzahl | Neutron | Neutronen | Neutronen | Ordnungszahl | positiv | positiv | Proton | Protonen | Protonen | Protonen | Rutherford

_____ beschreibt in seinem _____ den Aufbau eines Atoms. Demnach besteht ein Atom aus einer negativ geladenen _____ und einem _____ geladenen _____. Dieser ist zusammengesetzt aus ungeladenen _____ und _____ geladenen _____. Sie bilden zusammen fast die gesamte _____ eines Atoms. Dabei wiegt sowohl ein _____ als auch ein _____ jeweils 1 u. Die Atomhülle ist dagegen fast _____.

Im Periodensystem der Elemente gibt die _____ an, wie schwer ein Atom ist. Zusätzlich kann man anhand der _____ ablesen, wie viele _____ sich im Kern befinden. Sie entspricht gleichzeitig auch der _____, die Auskunft über die Anzahl der positiven Ladungen im Kern gibt.

Atomkerne eines Elements haben immer die gleiche Anzahl an _____. Sie können sich aber in der Anzahl der _____ unterscheiden. Solche Atome eines Elements nennt man _____.

Aufgabe 2:

In der Aneignungsphase habt ihr einen Modellversuch zum Aufbau eines Atomkerns mithilfe zweier Magneten durchgeführt. Erkläre, welche Eigenschaften des Atomkerns man mithilfe des Modellversuchs zeigen konnte.

1 Aneignung II

Der Atombau

**Aufgabe 3:**

Ergänze die freien Felder der Tabelle.

Name der Atomsorte	Masse des Atoms [in u] (Massenzahl)	Anzahl der Protonen (Ordnungszahl)	Anzahl der Neutronen
Kalium	39	19	
Aluminium		13	14
Phosphor	31	15	
Selen	79		45
Sauerstoff		8	8
Ytterbium	173		103
Stickstoff	14		7
Gold	197	79	

Aufgabe 4:

Auch Wasserstoff-Atome können sich in ihrer Masse unterscheiden. Neben Wasserstoff-Atomen ${}^1_1\text{H}$, die nur ein Proton enthalten, gibt es auch zwei Isotope, die sogar besondere Namen erhalten haben: ${}^2_1\text{H}$ wird Deuterium und ${}^3_1\text{H}$ Tritium genannt. Fertige eine Skizze der Atomkerne dieser Isotope ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ und ${}^3_1\text{H}$ an.

Aufgabe 5:

Gib die Anzahl der Protonen und Neutronen für die in der Tabelle aufgeführten Isotope an. Berechne aus deren Häufigkeit die durchschnittlichen Massenzahlen für die jeweiligen Isotopengemische. Vergleiche die berechneten Werte mit den Angaben im Periodensystem.

Isotopengemisch	Protonen	Neutronen	Masse der Isotope	Häufigkeit der Isotope	Massenzahl des Gemischs	
					Berechnet	Periodensystem
Lithium 6			6 u	6 %		
Lithium 7			7 u	94 %		
Magnesium 24			24 u	84,5 %		
Magnesium 25			25 u	7,75 %		
Magnesium 27			27 u	7,75 %		



AB 4: Der Atomkern

Lösungen

Aufgabe 1:

Rutherford beschreibt in seinem Kern-Hülle-Modell den Aufbau eines Atoms. Demnach besteht ein Atom aus einer negativ geladenen Atomhülle und einem positiv geladenen Atomkern. Dieser ist zusammengesetzt aus ungeladenen Neutronen und positiv geladenen Protonen. Sie bilden zusammen fast die gesamte Masse eines Atoms. Dabei wiegt sowohl ein Proton als auch ein Neutron jeweils 1 u. Die Atomhülle ist dagegen fast massesfrei.

Im Periodensystem der Elemente gibt die Massenzahl an, wie schwer ein Atom ist. Zusätzlich kann man anhand der Ordnungszahl ablesen, wie viele Protonen sich im Kern befinden. Sie entspricht gleichzeitig auch der Kernladungszahl, die Auskunft über die Anzahl der positiven Ladungen im Kern gibt.

Atomkerne eines Elements haben immer die gleiche Anzahl an Protonen. Sie können sich aber in der Anzahl der Neutronen unterscheiden. Solche Atome eines Elements nennt man Isotope.

Aufgabe 2:

Der Modellversuch verdeutlicht, weshalb der Atomkern trotz der positiven Ladung der Protonen stabil bleibt. Die Magnete, die ihren gleichen Pol aufeinander richten, repräsentieren die Protonen. Da Protonen positiv geladen sind, würden sie sich gegenseitig abstoßen und der Kern würde zerfallen. Das verwendete Hilfsmittel im Modellversuch repräsentiert die ungeladenen Neutronen. Sie lagern sich zwischen die Protonen und schirmen sie so ab, sodass sie sich nicht gegenseitig abstoßen. Der Atomkern bleibt somit stabil.



Aufgabe 3:

Name der Atomsorte	Masse des Atoms [in u] (Massenzahl)	Anzahl der Protonen (Ordnungszahl)	Anzahl der Neutronen
Kalium	39	19	20
Aluminium	27	13	14
Phosphor	31	15	16
Selen	79	34	45
Sauerstoff	16	8	8
Ytterbium	173	70	103
Stickstoff	14	7	7
Gold	197	79	118

Aufgabe 4:

WasserstoffDeuteriumTritium

Aufgabe 5:








Isotopen-gemisch	Protonen	Neutronen	Masse der Isotope	Häufigkeit der Isotope	Massenzahl des Gemischs	
					Berechnet	Perioden-system
Lithium 6	3	3	6 u	6 %	$6\text{u} \cdot 0,06 + 7\text{u} \cdot 0,94 =$ <u>6,94 u</u>	6,94 u
Lithium 7	3	4	7u	94 %		
Magnesium 24	12	12	24 u	84,5 %	$24\text{u} \cdot 0,845 + 25\text{u} \cdot 0,0775 + 27\text{u} \cdot 0,0775 =$ <u>24,31 u</u>	24,31u
Magnesium 25	12	13	25 u	7,75 %		
Magnesium 27	12	15	27 u	7,75 %		



AB 5: Selbsteinschätzungsbogen

Nun sollst du dein erworbenes Wissen über den Aufbau eines Atomkerns einschätzen. Bearbeite im Anschluss diejenige Aufgabe, die zu der Fähigkeit in der Tabelle gehört, bei der du zuerst „Da bin ich mir unsicher.“ oder „Das kann ich noch nicht.“ angekreuzt hast.

Wenn du dich schon bei allen aufgeführten Inhalten sicher fühlst, kannst du die Aufgabe 1.C bearbeiten.

Meine Fähigkeiten	Das kann ich.	Da bin ich fast sicher.	Da bin ich mir unsicher.	Das kann ich noch nicht.	Übungsaufgaben
Ich kann die Bestandteile eines Atomkerns benennen.					1A 
Ich kann den Unterschied zwischen der Massenzahl und der Ordnungszahl eines Elements beschreiben.					1A 
Ich kann beschreiben, wie sich zwei Isotope eines Elements unterscheiden.					1A 
Ich kann den Aufbau des Atomkerns eines Elements beschreiben, wenn ich seine Ordnungszahl und Massenzahl kenne.					1B 
Ich kann die Anordnung von Protonen und Neutronen im Atomkern erklären.					1B 
Ich kann die durchschnittliche Massezahl eines Atoms anhand der prozentualen Anteile seiner Isotope berechnen.					1B 
Wenn du bei den oberen Aussagen immer „Das kann ich.“ angekreuzt hast, dann bearbeite folgende Aufgaben:					1C 

Welche Aufgabe hast du in der individuellen Übungsphase bearbeitet: _____



AB 6: Das Spiel zum Atomkern

Spielanleitung:

1. Finde dich mit einer Mitschülerin oder einem Mitschüler zusammen, die/der ebenfalls diese Aufgabe bearbeitet.
2. Mischt die Spielkarten gut durch und verteilt sie gleichmäßig an jede Schülerin/jeden Schüler.
3. Jede Karte enthält auf der Vorderseite eine Frage und auf der Rückseite eine Antwort zu einer anderen Frage. Eine Schülerin/ein Schüler beginnt und liest ihre/seine Frage vor. Beide suchen dann in ihren Karten nach der passenden Antwort.
4. Hat eine Schülerin/ein Schüler die Antwort gefunden, liest sie/er sie vor. Nun wird diese Karte umgedreht und die nächste Frage auf ihrer Rückseite vorgelesen.
5. Wenn ihr das Spiel beendet habt, bearbeitet die nachfolgenden Aufgaben.

Hinweis: Ihr könnt als Hilfestellung den Text „Der Aufbau des Atomkerns“ nutzen.

Aufgabe 1:



Setze dir das Ziel, einen kurzen Lexikoneintrag zu folgenden Begriffen zu schreiben:

Proton:	
Neutron:	
Ordnungszahl:	
Massenzahl:	
Kernladungszahl:	
Isotope:	

Aufgabe 2:

Beschreibe den Aufbau eines Atomkerns. Nutze dazu die Begriffe und Definitionen aus Aufgabe 1.



Überprüfe, ob du den Inhalt richtig verstanden hast, indem du dein Ergebnis mit den Begriffen und Definitionen aus Aufgabe 1 und dem Text „Der Aufbau des Atomkerns“ abgleichst. Denke nach der Überprüfung an



1.A Individuelle Übung

Der Atombau



Welche Nukleonen befinden sich im Atomkern?	Wie sind Protonen geladen?
Wie sind Neutronen geladen?	Was besagt die Ordnungszahl?
Was besagt die Massenzahl?	Welche Zahl gibt die Anzahl der Protonen im Kern an?
In welcher Einheit wird die Masse eines Atoms angegeben?	Wie heißt der ungeladene Baustein des Atomkerns?
Wie heißt der positiv geladene Baustein des Atomkerns?	Wie viel wiegt ein Proton oder ein Neutron?
Welche Zahl gibt sowohl die Masse eines Atoms als auch die Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern an?	Was sind Isotope?

1.A Individuelle Übung

Der Atombau



Anzahl der Protonen	Neutral
Positiv	Masse eines Atoms, aber auch die Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern
Ordnungszahl und Kernladungszahl	Einheit u
Neutron	Proton
1u	Massenzahl
Atome desselben Elements mit gleicher Anzahl an Protonen, aber unterschiedlicher Anzahl an Neutronen	Protonen und Neutronen



AB 6: Das Spiel zum Atomkern

Lösungen

Aufgabe 1:

Proton:	<i>Das Proton ist ein einfach positiv geladenes Nukleon, welches sich im Atomkern befindet. Es hat die Masse 1 u.</i>
Neutron:	<i>Das Neutron ist ein elektrisch ungeladenes Nukleon, welches sich im Atomkern befindet. Es hat die Masse 1 u.</i>
Ordnungszahl:	<i>Die Ordnungszahl eines Atoms entspricht der Anzahl der Protonen. Ordnungszahl = Anzahl der Protonen = Kernladungszahl</i>
Massenzahl:	<i>Die Massenzahl eines Atoms gibt an, wie schwer ein Atom ist. Sie entspricht Anzahl der Protonen und der Anzahl der Neutronen zusammen. Massenzahl = Anzahl der Protonen + Anzahl der Neutronen Außerdem gilt: Atommasse – Ordnungszahl = Neutronenzahl</i>
Kernladungszahl:	<i>Die Kernladungszahl entspricht der Anzahl der Protonen und der Ordnungszahl des jeweiligen Elements.</i>
Isotope:	<i>Atome eines Elements besitzen immer die gleiche Anzahl an Protonen. Sie können aber eine unterschiedliche Anzahl an Neutronen besitzen. Die Atome mit einer unterschiedlichen Anzahl an Neutronen nennt man Isotope. Sie unterscheiden sich in der Massenzahl. Die im Periodensystem angegebene Masse entspricht der durchschnittlichen Masse eines Atoms.</i>

Aufgabe 2:

Der Atomkern besteht aus den positiv geladenen Protonen und den neutralen/ungeladenen Neutronen. Die positiven Protonen stoßen sich gegenseitig ab. Diese Abstoßung wird jedoch durch die Neutronen aufgehoben, sodass der Kern insgesamt stabil ist und nicht zerfällt. Protonen und Neutronen haben jeweils eine Masse von 1 u. Rechnet man die Massen aller Protonen und Neutronen im Kern zusammen, so erhält man die Masse des jeweiligen Atoms. Die durchschnittliche Masse eines Atoms kann man an seiner Massenzahl ablesen. Die Zahl der Protonen kann man an der Ordnungszahl ablesen, die gleichzeitig auch die Kernladungszahl darstellt. Zwei Atome mit der gleichen Zahl an Protonen gehören zum gleichen Element, allerdings kann die Zahl der Neutronen im Kern variieren. Atome mit der gleichen Protonenzahl, aber einer unterschiedlichen Zahl an Neutronen nennt man Isotope. Es handelt sich um dasselbe Element, die Atome unterscheiden sich aber in ihrer Masse. Ordnungszahl und Kernladungszahl bleiben jedoch unverändert. Damit kann man die Ordnungszahl als eine Art Fingerabdruck eines Elements bezeichnen.

1.A Individuelle Übung

Der Atombau



Lösung zum Spiel

Fragen	Antworten
Welche Nukleonen befinden sich im Atomkern?	Protonen und Neutronen
Was besagt die Massenzahl?	Masse eines Atoms, gleichzeitig Summe der Protonen und Neutronen im Kern
Wie sind Protonen geladen?	Positiv
In welcher Einheit wird die Masse eines Atoms angegeben?	Einheit u
Wie sind Neutronen geladen?	Neutral
Was besagt die Ordnungszahl?	Anzahl der Protonen
Wie viel wiegt ein Proton oder ein Neutron?	1 u
Wie heißt der positiv geladene Baustein des Atomkerns?	Proton
Welche Zahl gibt die Anzahl der Protonen im Kern an?	Ordnungszahl und Kernladungszahl
Wie heißt der ungeladene Baustein des Atomkerns?	Neutron
Welche Zahl gibt sowohl die Masse eines Atoms als auch die Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern an?	Massenzahl
Was sind Isotope?	Atome desselben Elements mit gleicher Anzahl an Protonen, aber unterschiedlicher Anzahl an Neutronen



AB 7: Worträtsel zum Atombau

Spielanleitung:

1. Finde dich mit einer Mitschülerin oder einem Mitschüler zusammen, die/der ebenfalls diese Aufgabe bearbeitet.
2. Mischt die Spielkarten gut durch und verteilt sie gleichmäßig, mit der beschrifteten Seite nach untenliegend an jede Schülerin/jeden Schüler.
3. Auf jeder Karte befindet sich ein Oberbegriff, den die Mitspielerin/ der Mitspieler erraten soll. Derjenige, der den Oberbegriff beschreibt, muss alle darunter stehenden Begriffe bei der Beschreibung verpflichtend verwenden.
4. Wichtig bei der Beschreibung ist, dass der Ratende wartet, bis der andere seine Beschreibung abgeschlossen und alle Begriffe verwendet hat. Erst dann sollte der Oberbegriff genannt werden. Es geht hierbei also nicht um Schnelligkeit!
5. Hat der Ratende den Oberbegriff richtig genannt, bekommt dieser die Spielkarte und kann sie auf seinen Stapel der gewonnenen Karten legen. Wird der Oberbegriff nicht erraten, wird die Karte auf einen separaten Stapel mit allen anderen nicht erratenen Karten gelegt.
6. Wenn ihr das Spiel beendet habt, bearbeitet die nachfolgenden Aufgaben.



Bevor ihr mit dem Spiel beginnt, denkt daran, euch ein Ziel zu setzen! Ein mögliches Ziel wäre z. B.: Ich kann den Aufbau des Atomkerns vollständig beschreiben.

Aufgabe 1:

Schaut euch zunächst den Stapel mit den nicht erratenen Oberbegriffen an. Formuliert nun zusammen eine Beschreibung des Oberbegriffs mithilfe der darunter stehenden Wörter.

Hinweis: Ihr könnt als Hilfestellung den Text „Der Aufbau des Atomkerns“ nutzen.

Aufgabe 2:

Beschreibt nun den vollständigen Aufbau eines Atomkerns in einem Text, indem ihr alle Oberbegriffe des Spiels nutzt.

Aufgabe 3:

In der Tabelle befindet sich die Isotopenverteilung verschiedener Elemente. Berechnet die durchschnittliche Atommasse.

Element	Isotope (Anteil in %)			Ergebnis
Sauerstoff	$^{16}_8\text{O}$ (99,8 %)	$^{18}_8\text{O}$ (0,2 %)		
Silicium	$^{28}_{14}\text{Si}$ (92,2 %)	$^{29}_{14}\text{Si}$ (4,7 %)	$^{30}_{14}\text{Si}$ (3,1 %)	
Schwefel	$^{32}_{16}\text{S}$ (95,0 %)	$^{33}_{16}\text{S}$ (0,8 %)	$^{34}_{16}\text{S}$ (4,2 %)	



Überprüft nun, ob ihr eure Ziele erreichen konntet. Habt ihr alles richtig gemacht? Benutzt dazu das Lösungsblatt aus dem Ordner. Falls ihr noch Fehler findet, dann reagiert und verbessert sie in euren Unterlagen!



1.B Individuelle Übung

Der Atombau

**Atomkern**

Positiv geladen
Atom
Masse

Proton

Kernladungszahl
Positiv geladen
Element

Neutron

Proton
Massenzahl
befinden sich im
Kern, um ...

Ordnungszahl

Kernladungszahl
Protonen
Atomkern

Massenzahl

Einheit u
Gewicht
0,000000000000000
0000000000166 g

Einheit u

Atom
Massenzahl
Protonen

Atomhülle

Atomkern
Masse
Rutherford

Isotope

Neutronen
Protonen
Atommasse



Wort
rätsel

Wort
rätsel

Wort
rätsel

Wort
rätsel

Wort
rätsel

Wort
rätsel

Wort
rätsel

Wort
rätsel



AB 7: Worträtsel zum Atombau

Lösungen

Aufgabe 1:

[illegible]

Aufgabe 2:

Rutherford hat mit Hilfe seines Streuversuches festgestellt, dass ein Atom aus einem Atomkern und einer Atomhülle aufgebaut ist. Im Atomkern befinden sich Protonen und Neutronen. Die Anzahl der Protonen entspricht der Ordnungszahl. Die Masse der Atome wird in der Einheit u angegeben. Man berechnet die Massenzahl durch Addition der Anzahl der Protonen und der Neutronen. Atome eines Elements können eine unterschiedliche Anzahl an Neutronen besitzen. Die Atome mit einer unterschiedlichen Anzahl an Neutronen nennt man Isotope eines Elements.

Aufgabe 3:

Sauerstoff	$16u \cdot 0,998 + 18u \cdot 0,002 = 16,004 u$
Silicium	$28u \cdot 0,922 + 29u \cdot 0,047 + 30u \cdot 0,031 = 28,109 u$
Schwefel	$32u \cdot 0,95 + 33u \cdot 0,008 + 34u \cdot 0,042 = 32,092 u$



AB 8: Die geheimnisvolle Box

Inhalt:

- Black Box
- Kupferdraht, Schaschlikspieß
- 2 Schülerhefte, bestehend aus Infokarten, Aufgabenkarten, Strukturierungskarten
- 2 Protokollbögen

Wie arbeite ich mit der Box?

Zu dieser Box findest du ein Schülerheft für dich und deinen Partner oder deine Partnerin. In dem Schülerheft gibt es Infokarten, Aufgabenkarten und Strukturierungskarten.

Mit den Infokarten kannst du zusätzliche Informationen erfahren, die dir beim Lösen der Aufgaben helfen.

Den Aufgabenkarten kannst du die Aufgaben entnehmen, die du bearbeiten sollst und ob du sie allein oder mit deiner Partnerin/ deinem Partner bearbeiten sollst. Wichtig ist, dass du die Aufgabenkarten so abarbeitest, wie sie hier im Heft sind, und dass du dich genau an die Vorgaben hältst.

Die Strukturierungskarten sollen dir helfen, dein Vorgehen zu planen.

Deine Überlegungen dokumentierst du auf dem Protokollbogen, bitte nutze nur diesen Bogen, um dir Notizen zu machen.

Schreibe bitte nichts in das Heft und mache auch keine Markierungen in das Heft. Nur so können auch andere Schülerinnen und Schüler damit arbeiten.

Kontrolliere bitte, ob alle Materialien da sind, bevor du mit der Arbeit beginnst.

Viel Spaß!!

1.C Individuelle Übung**Der Atombau****Die geheimnisvolle Box**

Max und Finja bekamen den Auftrag mit ihrem Hund Wölfchen spazieren zu gehen. Lust hatten die beiden natürlich keine. Max wollte viel lieber das Buch „Die Schatzinsel“ zu Ende lesen. Als die beiden so durch den Wald liefen, riss Wölfchen plötzlich aus und lief durch das dichte Unterholz. „Er hat bestimmt ein Kaninchen gewittert!“ „Schnell, hinterher!“, rief Finja. Schnell holten sie Wölfchen ein, der bereits ein tiefes Loch gegraben hatte, in dem etwas Dunkles, Eckiges zum Vorschein kam. „Sieh mal, eine Kiste!“, rief Max. Die beiden halfen Wölfchen dabei die Kiste freizulegen. „Vielleicht ist ein Schatz darin!“, dachte Max. Als sie die Kiste vom Dreck befreit hatten, suchten sie nach einem Riegel oder Schloss, um die Kiste zu öffnen. Aber sie fanden nichts. Die Kiste hatte auch keinen Deckel, den man hätte öffnen können. Lediglich an der Seite war ein Loch. Max versuchte hineinzusehen, aber außer Dunkelheit war nichts zu erkennen. Aber es war auf jeden Fall etwas drin, da waren sie sich sicher. Sie nahmen die Kiste mit, um später mit ihren Freunden die geheimnisvolle Kiste zu erkunden.

**Aufgabenkarte 1
(Hier arbeitest du allein.)**

Hilf Max und Finja dabei herauszufinden, was in der Box ist. Untersuche dazu die Kiste, ohne sie zu öffnen. Du darfst dafür verschiedene Hilfsmittel verwenden, die Kiste drehen oder auch schütteln. Aber: Die Kiste darf niemals geöffnet werden!

Notiere dein Vorgehen, deine Beobachtungen und deine Schlussfolgerungen möglichst detailliert auf dem Protokollbogen.

Stelle eine Hypothese zum inneren Aufbau der Box auf, indem du eine Skizze dazu anfertigst.

Die Strukturierungskarte hilft dir vielleicht bei der Untersuchung.

Strukturierungskarte

Überlege dir, welche Materialien gut geeignet sind, um das Innere der Box zu erkunden.

Überlege dir, wie du beim Erkunden vorgehst.

Überlege dir aufgrund deiner gemachten Beobachtungen, wie das Innere der Box aussehen könnte.

Bitte nicht weiterblättern, bevor du alle Aufgaben bearbeitet hast!



Aufgabenkarte 2
(Hier arbeitest du mit einem Partner.)

Vergleiche dein Vorgehen und deine Skizze mit den Ergebnissen deiner Partnerin/deines Partners.

Nennt die Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

Beurteilt die einzelnen Hypothesen hinsichtlich ihrer Aussagekraft über das Innere der Box.

Notiert eure Überlegungen auf dem Protokollbogen.

Bitte nicht weiterblättern, bevor du alle Aufgaben bearbeitet hast!

1.C Individuelle Übung

Der Atombau

**Aufgabenkarte 3****(Hier arbeitest du mit einer Partnerin/ einem Partner.)**

Max und Finja haben genau wie ihr die Box untersucht und sind zu unterschiedlichen Hypothesen über das Innere der Box gekommen. Finja behauptet nun: „Es gibt keine richtige Skizze zum Inneren der Box, so lange sie verschlossen bleibt.“

Bewertet Finjas Aussage. Was bedeutet das für eure Hypothese?

Max erinnert sich, dass sie im Chemieunterricht erst das Teilchenmodell von Demokrit besprochen haben, um damit die Teilchen zu beschreiben, die man nicht sehen kann und aus denen alles besteht. Demokrit hatte sich dies aufgrund von Experimenten überlegt. Später haben sie das Dalton Atommodell verwendet und erst vor kurzem haben sie erfahren, dass Rutherford mit seinen Experimenten neue Erkenntnisse über den Atombau gewonnen hat. Denn er konnte feststellen, dass ein Atom aus einem Kern und einer Hülle besteht. Er konnte so das Atom mit dem Kern-Hülle-Modell beschreiben. Ist das nicht so ähnlich wie Finjas und Max' Untersuchung an der geheimnisvollen Box?

Vergleicht eure Untersuchung mit der Forschung zum Atombau und erklärt, weshalb die Kiste nicht geöffnet werden darf. Der Infotext 1 auf der nächsten Seite könnte euch dabei helfen.

Erklärt, warum eure Skizzen Anschauungsmodelle zum Inneren der Box sind.



Infotext 1

Atomforschung. Physiker und Chemiker möchten herausfinden, wie Atome aussehen. Wie wir aber wissen, sind Atome sehr klein, sodass wir sie nicht mit unseren Augen oder einem Mikroskop sehen können. Um Informationen über den Aufbau der Materie zu erhalten, führen Forscher Experimente durch. Hierbei kann aber kein direktes Bild von Atomen entstehen. Die Forscher erhalten stattdessen viele Daten in Form von Spannungswerten, Werten zu Lichtintensitäten oder Impulsraten unter bestimmten Streuwinkeln. Daraus werden mithilfe von Computern Bilder (Modelle) über den Aufbau der Stoffe ermittelt. Immer mehr Erkenntnisse ergeben dann eine genauere Vorstellung von der Struktur der Materie. Diese Vorstellungen sind Modelle.

Daltons Denkmodell:

Atome sind die Grundbausteine aller Stoffe.
Sie können durch chemische Vorgänge weder erzeugt noch vernichtet oder ineinander umgewandelt werden.
Ein Element ist aus lauter gleichen Atomen aufgebaut.
...

Abb. 1: Dalton denkt in Modellen

Modelle und Wirklichkeit. Modelle sind vereinfachte Abbildungen der Wirklichkeit, die bestimmte Aspekte erklären oder darstellen sollen. Ein Modell ist daher nicht richtig oder falsch, sondern brauchbar oder unbrauchbar, um eine bestimmte Fragestellung zu erklären. Folglich muss man je nach gewünschter Funktion unterschiedliche Modelle kennen und nutzen: Es gibt kein „Modell für Alles“.

Denkmodelle. Um Sachverhalte in der Chemie zu erklären, entwickelt man Vorstellungen über die Abläufe in der Natur. Diese Vorstellungen sind Denkmodelle, mit denen der reale Vorgang stark vereinfacht beschrieben wird (Abb. 1). Damit ermöglicht man den Blick auf das Wesentliche, um eine Beobachtung zu erklären. Das Denkmodell muss dann auf seine Tauglichkeit getestet werden. Dazu werden Hypothesen auf der Grundlage des Modells entwickelt und mit geeigneten Experimenten überprüft.

Anschauungsmodelle. Hat sich ein Denkmodell bewährt, wird daraus häufig ein Anschauungsmodell entwickelt. Die Funktion eines Anschauungsmodells ist es, aus den Erklärungen, die mit dem Denkmodell entwickelt wurden, eine bildhafte Vorstellung abzuleiten.

So ein Anschauungsmodell kann beispielsweise eine Zeichnung eines Kristallgitters oder ein Molekülbaukasten mit seinen bunten Kugeln als Vertreter der Atome sein. Im Anschauungsmodell werden oftmals Details hinzuerfunden, die im Denkmodell und in der Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Beispielsweise besitzen Atome in der Realität keine Farben; in einem Molekülbaukasten wird den Kugeln je nach Element eine Farbe zugeordnet. So stellen schwarze Kugeln in der Regel Kohlenstoff-Atome dar, weiße Kugeln stehen für Wasserstoff-Atome, rote für Sauerstoff-Atome.

Diese Unterscheidung ist praktisch, um die Atome im Molekülbaukasten besser auseinander halten zu können. Dagegen wird bei den Kugeln im Molekülbaukasten die Unterscheidung der Elemente durch ihre Protonenanzahl vernachlässigt. Diese Aussage ist für die Funktion des Modells nicht wichtig und beim Verwenden des Modells unpraktisch.

Bitte nicht weiterblättern, bevor du alle Aufgaben bearbeitet hast!



Aufgabenkarte 4

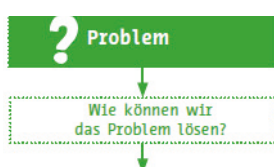
(Hier arbeitest du mit einer Partnerin/ einem Partner.)

Beschreibe die Ähnlichkeiten deiner Untersuchung mit einer typischen Untersuchung, die nach dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess durchgeführt wird. Der Infotext 2 kann dir dabei helfen.

Infotext 2

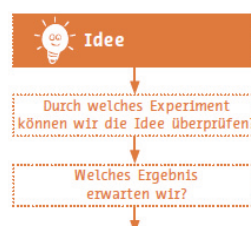
Erkenntnisprozess – Experimentieren wie Thomas Alva Edison

Wenn der Forscher Thomas Alva Edison ein Problem lösen wollte, ging er dabei immer nach einem festen Schema vor: Dieses Schema besteht aus vier Schritten: Problem, Idee, Experiment und Schlussfolgerung.



Im ersten Schritt versuchte Edison immer zuerst sein Problem genau zu beschreiben. Denn nur so konnte er sich im Anschluss selbst fragen, wie er dieses Problem lösen könnte.

Die Antwort auf die Frage, wie das Problem zu lösen sei, kann man als Idee zur Problemlösung bezeichnen. Mit



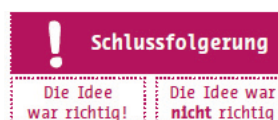
dieser Idee konnte Edison ein Experiment planen, mit dem er die Idee überprüfen konnte. Dazu musste er natürlich schon im Vorfeld eine Erwartung haben, wie das Ergebnis des Experiments aussehen müsste, um seine Idee zu überprüfen.



Als drittes führte Edison das Experiment durch, das er sich zur Prüfung der Idee überlegt hatte, und notierte mit Sorgfalt seine Beobachtungen während des Experiments. Dann prüfte er genau, ob diese Beobachtungen seinen Erwartungen entsprachen.

Im letzten Schritt zog Edison immer eine Schlussfolgerung. Wenn die Beobachtungen den erwarteten Ergebnissen entsprachen, war seine Idee richtig und das Problem gelöst. Wenn die Beobachtungen nicht den Erwartungen entsprachen, fragte Edison zunächst, ob das Experiment wirklich geeignet war, um seine Idee zu prüfen. Er fragte sich auch, ob er vielleicht bei der Durchführung des Experiments einen Fehler gemacht hatte und wiederholte das Experiment noch einmal.

Wenn Edison sichergestellt hatte, dass das Experiment geeignet war und er bei der Durchführung des Experiments keinen Fehler gemacht hatte, dies aber zu keiner anderen Beobachtung führte und die Ergebnisse nicht den Erwartungen entsprachen, wusste er, dass seine Idee falsch war. Dann begann er erneut mit der Suche nach einer Idee, mit der er sein Problem lösen konnte.



Auf der nächsten Seite siehst du in Abb. 3 Edisons Schema noch einmal vollständig.

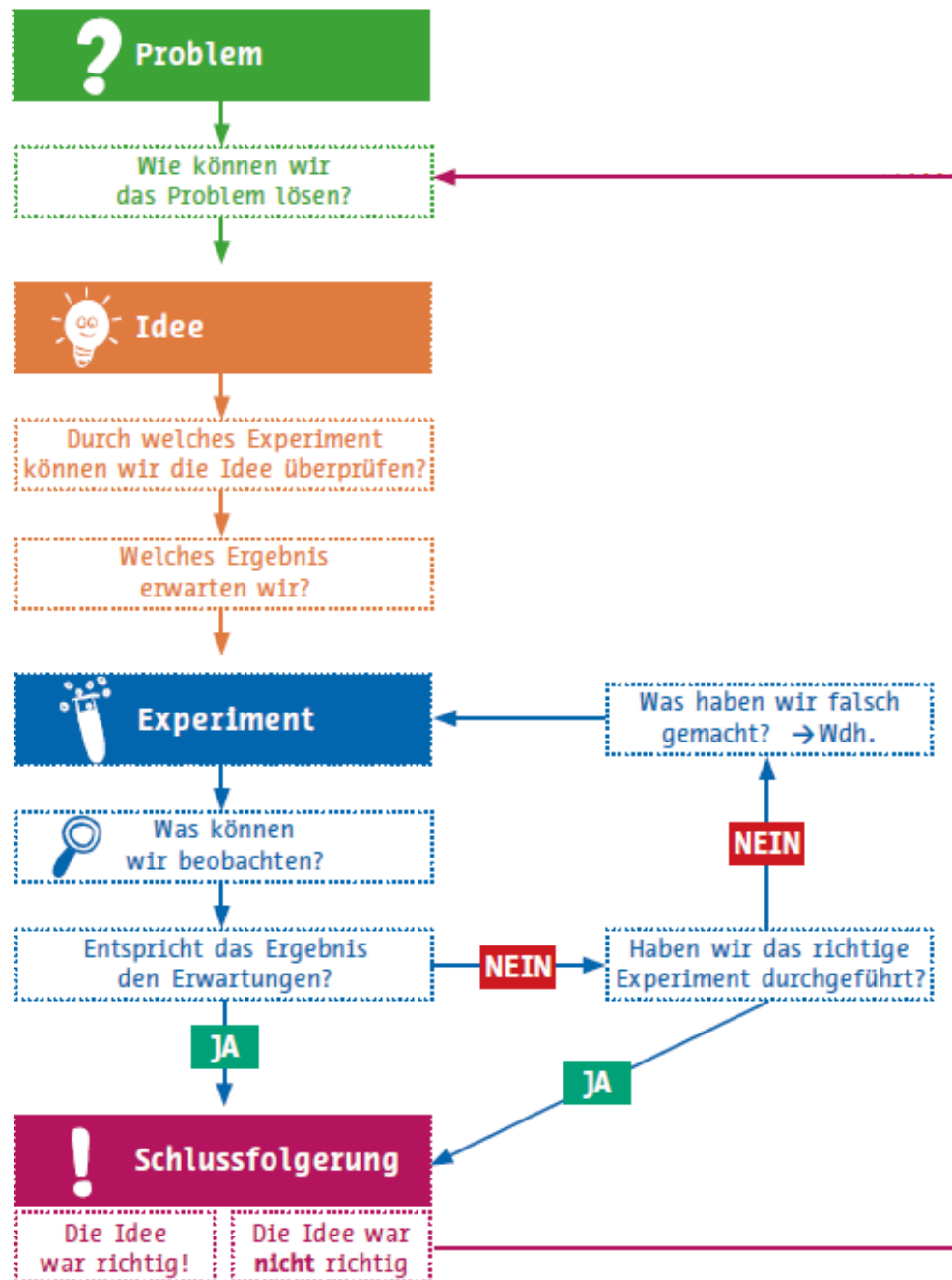


Abb. 3: Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess



Protokollbogen

Frage: Was ist in der Kiste?

Untersuchungsmethode:

(Wie bist du bei der Untersuchung vorgegangen und was hast du verwendet?)

Beobachtungen:

Schlussfolgerung:

Hypothese (Skizze!):

Gemeinsamkeiten der Skizzen:

Unterschiede der Skizzen:

Aussagekraft der Hypothesen (Skizzen):

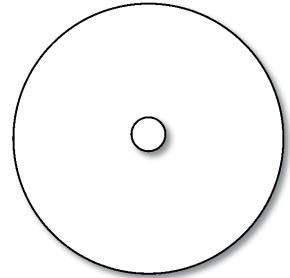
➔ Meine Skizze vom Inneren der Kiste ist ein Anschauungsmodell, weil

[illegible]

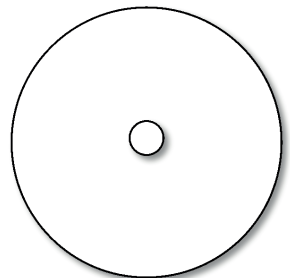
	<p><u>Erarbeitung II (AB 2)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Informationstext, in dem die Ionisierungsenergien des Magnesium-Atoms beschrieben werden. Zusätzlich enthält das Arbeitsblatt eine kurze Information über die Ionisierungsenergie. Die Schülerinnen und Schüler sollen mit Hilfe des Arbeitsblattes ihre Hypothesen überprüfen sowie ihr auf AB 1 in Aufgabe 1 erstelltes Modell abgleichen und mit einem farbigen Stift überarbeiten. Vergleich der Ergebnisse im Plenum durch Projektion der Modelle an die Wand und anschließende Diskussion im Plenum. 	<p>Partnerarbeit; Modell entwickeln / bauen</p> <p>Lehrer-Schüler-Gespräch</p>	<p>AB 1, AB 2</p>
	<p><u>Sicherung II (AB 3)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Text zum Bohr'schen Schalenmodell sowie drei Aufgaben zur Sicherung (Begriffe des Schalenmodells, Besetzung der Schalen) Anschließend wird die Folie 1 erneut auf den OHP gelegt und Teil III erarbeitet. 	<p>Einzelarbeit</p> <p>Lehrer-Schüler-Gespräch</p>	<p>AB 3</p> <p>OHP, Folie 1</p>
Basisübung	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten die Übungsaufgaben zum Atomkern (AB 4). 	<p>Einzelarbeit</p>	<p>AB 4</p>
Selbstevaluation	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten den Evaluationsbogen zu diesem Milestone (AB 5) 	<p>Selbstevaluation</p>	<p>AB 5</p>
Individualisierte Übungsphase	<ul style="list-style-type: none"> AB 6 (Niveau A): Domino-Spiel zum Schalenmodell AB 7 (Niveau B): Elementarteilchen und Schalenmodell AB 8 (Niveau C): Die Entfernung von Elektronen aus der Atomhülle 	<p>Siehe Arbeitsblatt</p>	<p>AB 6, Domino-Karten</p> <p>AB 7</p> <p>AB 8, Scheibenmagnete</p>



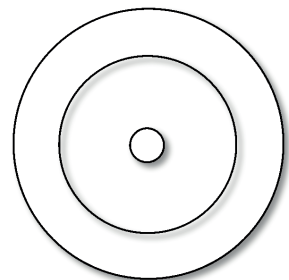
Das Kern-Hülle-Modell (Rutherford)



Unsere Vorstellung von der Atomhülle



Das Schalenmodell (Niels Bohr)



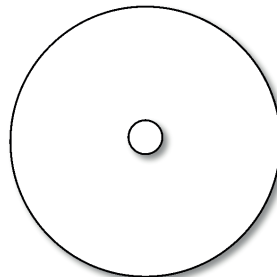


Das Kern-Hülle- und das Schalenmodell (Mustertafelbild)

TEIL I

Das Kern-Hülle-Modell (Rutherford)

- Atom besteht aus einem Kern und einer Hülle
- Kern besteht aus Protonen und Neutronen
- Kern ist winzig und ist positiv geladen
- Kern enthält fast die gesamte Masse

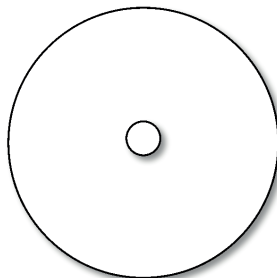


TEIL II

Unsere Vorstellung von der Atomhülle

- Hülle besteht aus Elektronen
-

Anmerkung: Die Anordnung einzeichnen, die am häufigsten genannt wurde.

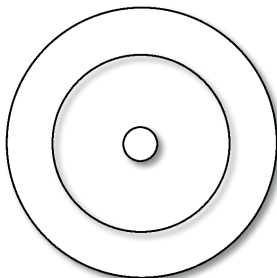


TEIL III

Anmerkung: Bei der Besprechung des Schalenmodells und der unten aufgeführten Aspekte soll die Ionisierungsenergie thematisiert und der Weg zum Schalenmodell nachgezeichnet werden. Der Fokus dieses Teils liegt auf der Modellpassung.

Das Schalenmodell (Niels Bohr)

- Hülle besteht aus Elektronen
- Hülle ist negativ geladen
- Hülle besteht aus verschiedenen Schalen (K, L, ...)
- K-Schale kann 2 Elektronen aufnehmen, L-Schale 8
- Äußerste Schale heißt Außenschale



Anmerkung: Die Anordnung im Neon-Atom beispielhaft mit Punkten als Elektronen einzeichnen.



AB 1: Die Atomhülle

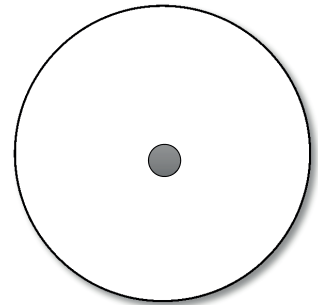
Wie du bereits weißt, fand der englische Physiker Ernest Rutherford beim Experimentieren heraus, dass jedes Atom aus einem Atomkern und einer Atomhülle aufgebaut ist. Der Atomkern ist elektrisch positiv geladen und besteht aus den positiv geladenen Protonen sowie den neutralen Neutronen. Da das Atom insgesamt neutral ist, folgerte Rutherford, dass die Atomhülle aus negativ geladenen Teilchen gebildet wird. Diese Teilchen werden **Elektronen** genannt und mit dem Symbol e^- dargestellt. Neutronen, Protonen und Elektronen werden zusammen als **Elementarteilchen** bezeichnet. Die Anzahl der Elektronen in der Atomhülle entspricht genau der Anzahl der Protonen im Kern, wodurch sich die Ladungen ausgleichen und das Atom insgesamt neutral ist. Elektronen sind 10.000-mal leichter als Protonen und kreisen um den Kern. Doch wie sind die Elektronen in der Atomhülle genau angeordnet? Um diese Frage zu beantworten, versuchen wir uns zunächst mithilfe eines Anschauungsmodells vorzustellen, wie die Atomhülle aufgebaut sein könnte.

Aufgabe 1:

Das Magnesium-Atom besitzt 12 Protonen und somit auch 12 Elektronen. Um eine Vorstellung vom Aufbau der Atomhülle zu entwickeln, überlegt zu zweit, wie die Elektronen eurer Vorstellung nach in der Hülle des Magnesium-Atoms angeordnet sind. Zeichnet mit einem Bleistift die Elektronen als Punkte rechts in dem runden Feld ein. Wofür stehen das Feld und die Bleistift-Punkte?

Feld: _____

Bleistift-Punkte: _____

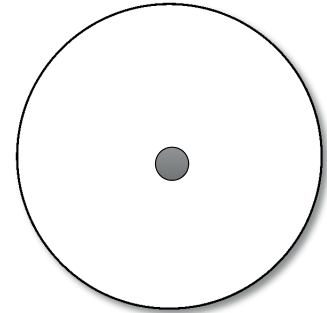
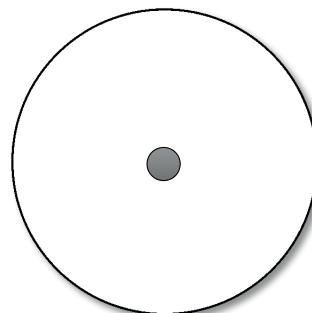


Aufgabe 2:

Formuliert eine Vermutung, wie die Elektronen eurer Vorstellung nach in der Atomhülle angeordnet sind.

Aufgabe 3:

Zeichne zwei weitere Ergebnisse deiner Mitschüler in die Felder.





AB 1: Die Atomhülle

Lösungen

Aufgabe 1:

Feld: Atom (Atomkern und Atomhülle)

Bleistift-Punkte: Elektronen

Aufgabe 2:

individuelle Lösung

Aufgabe 3:

individuelle Lösung



AB 2: Die Ionisierungsenergie

Durch Anlegen von Spannung lassen sich aus der Atomhülle Elektronen entfernen. Die dafür benötigte Energie heißt **Ionisierungsenergie**. Wie du in Diagramm 1 erkennen kannst, hat das Magnesium-Atom zwölf Elektronen mit unterschiedlich hohen Ionisierungsenergien. Zwei Elektronen haben eine sehr niedrige Ionisierungsenergie (Elektron 11 und 12) und zwei Elektronen eine sehr hohe Ionisierungsenergie (Elektron 1 und 2). Die Ionisierungsenergie der anderen Elektronen liegt dazwischen. **Je geringer** die Ionisierungsenergie des jeweiligen Elektrons ist, **desto größer** ist sein Abstand zum Kern und **desto leichter** lässt sich das Elektron aus der Atomhülle entfernen. Die Höhe der Ionisierungsenergie wird von der Stärke der Anziehung zwischen dem positiven Kern und dem negativen Elektron bestimmt. Je näher sich die beiden sind, desto stärker ist ihre Anziehungskraft und umso mehr Energie wird benötigt, um das Elektron zu entfernen. Das Elektron mit der geringsten Ionisierungsenergie ist daher am weitesten vom Atomkern entfernt. Die Elektronen mit höheren Ionisierungsenergien haben folglich einen geringeren Abstand zum Kern.

Zwischen den Elektronen 2 und 3 sowie den Elektronen 10 und 11 gibt es große Unterschiede in den Ionisierungsenergien. Daraus kann man schließen, dass diese Elektronen **unterschiedlich** weit vom Kern entfernt sind. Umgekehrt geht man davon aus, dass Elektronen mit einer ähnlich großen Ionisierungsenergie ungefähr **gleich** weit vom Kern entfernt sind. Man sagt, dass sich diese Elektronen auf derselben **Energienstufe** befinden.

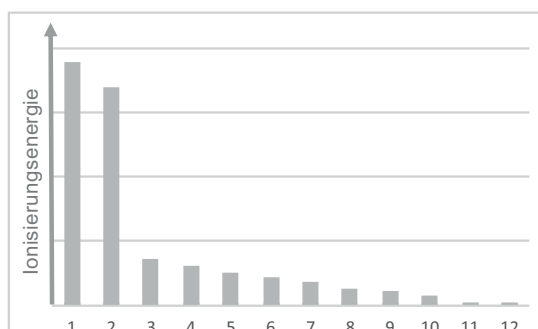


Diagramm 1: Ionisierungsenergien des Magnesium-Atoms
(Die Zahlen unter den Säulen stehen für die Elektronen 1 bis 12)

Aufgabe 1:

- a) Welche der Elektronen in Diagramm 1 haben eine annähernd gleich hohe Ionisierungsenergie und befinden sich somit auf derselben Energienstufe? Leite aus Diagramm 1 ab, wie viele Energiestufen das dort aufgeführte Atom besitzt.

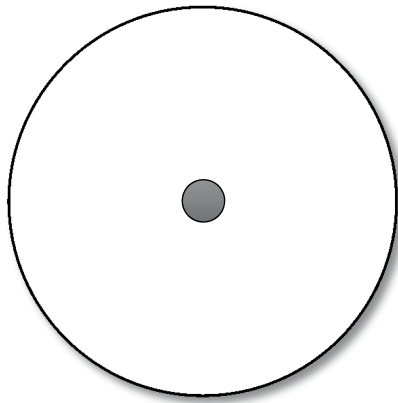
- b) Welche Elektronen haben laut Diagramm 1 den geringsten Abstand zum Kern? _____
Und welche Elektronen haben den größten Abstand zum Kern? _____
In Diagramm 1 wurden die Elektronen nummeriert. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Nummerierung und dem Abstand der Elektronen zum Kern?

2 Aneignung

Schalenmodell

**Aufgabe 2:**

- Überprüfe mit deinem Nachbarn, ob eure Hypothese vom vorherigen Arbeitsblatt „AB 1: Die Atomhülle“ zu den Informationen über die Ionisierungsenergie passt.
- Überarbeitet nun euer Modell, indem ihr die Bleistiftpunkte wegradiert und neue Punkte einzeichnet.
- Übertragt eure überarbeitete Anordnung der Elektronen in das Feld.



- Begründet, warum ihr denkt, dass diese Anordnung der Theorie besser entspricht.



AB 2: Die Ionisierungsenergie

Lösungen

Aufgabe 1:

- a) Elektron 1 und 2 befinden sich auf einer Energiestufe, 3 bis 10 auf der nächsten und Elektron 11 und 12 der darauffolgenden Energiestufe. Das Magnesium-Atom hat somit 3 Energiestufen.
- b) Welche Elektronen haben laut Diagramm 1 den geringsten Abstand zum Kern? Elektron 1 und Elektron 2.

Und welche Elektronen haben den größten Abstand zum Kern? Elektron 11 und Elektron 12

In Diagramm 1 wurden die Elektronen nummeriert. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Nummerierung und dem Abstand der Elektronen zum Kern?

Je höher die Nummer, desto weiter ist das Elektron vom Kern entfernt. Innerhalb einer Energiestufe haben die Elektronen nach dem Schalenmodell allerdings den gleichen Abstand zum Kern.

Aufgabe 2:

- b) Das Ergebnis der Schülerinnen und Schüler sollte folgende Elemente enthalten:
- Alle 12 Elektronen sind eingezeichnet
 - 2 Elektronen haben einen geringeren Abstand zum Kern
 - 8 Elektronen haben einen mittleren Abstand zum Kern
 - 2 Elektronen haben einen großen Abstand zum Kern
- d) Aus Diagramm 1 wird ersichtlich, dass die Elektronen des Magnesium-Atoms unterschiedliche Ionisierungsenergien aufweisen. Je höher die Ionisierungsenergie eines Elektrons ist, desto geringer ist die Entfernung des Elektrons zum Atomkern. Elektronen, deren Ionisierungsenergie annähernd gleich groß ist, befinden sich auf derselben Energiestufe und sind somit gleich weit vom Atomkern entfernt. Die Energiestufen sind mit unterschiedlich vielen Elektronen besetzt. Zwei Elektronen (Elektronen 1 & 2) haben eine hohe Ionisierungsenergie und daher einen sehr geringen Abstand zum Kern, weshalb sie sich annähernd auf derselben Energiestufe nah am Kern befinden. Die acht Elektronen 3 – 10 befinden sich auf der nächsten, etwas weiter vom Atomkern entfernten Energiestufe, da sie eine ähnliche Ionisierungsenergie haben und somit ungefähr gleich weit vom Atomkern entfernt sind. Die zwei Elektronen 11 und 12 sind noch weiter von Kern entfernt, da ihre Ionisierungsenergie am geringsten und der Abstand zum Kern somit am größten ist.



AB 3: Das Schalenmodell

Auf dem vorangegangenen Arbeitsblatt hast du die Ionisierungsenergie kennengelernt. Du hast erfahren, dass jedes Elektron eines Atoms eine andere Ionisierungsenergie hat und dass Elektronen, die nah am Kern sind, eine höhere Ionisierungsenergie haben als Elektronen, die weit entfernt vom Kern sind. Du weißt, dass Elektronen mit ähnlich hohen Ionisierungsenergien derselben Energiestufe zugeordnet werden, da sie eine ähnliche Entfernung zum Kern haben.

Auf dieselbe Idee kam im Jahr 1913 auch der dänische Physiker Niels Bohr (1885-1962). Er entwickelte daraus eine Theorie vom Aufbau der Atomhülle und nannte sie **Schalenmodell**. Das Schalenmodell besagt, dass sich die Elektronen nur auf bestimmten Bahnen bewegen, die ähnlich wie die Schalen einer Zwiebel kreisförmig um den Kern angeordnet sind. In diesen **Elektronenschalen** kreisen die Elektronen mit hoher Geschwindigkeit um den Atomkern. Die Schalen werden von innen nach außen mit den Buchstaben K, L, M, ... bezeichnet und auch **von innen nach außen** mit Elektronen besetzt.

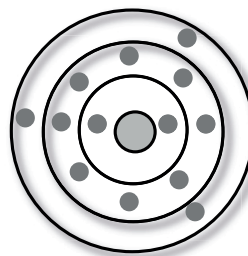


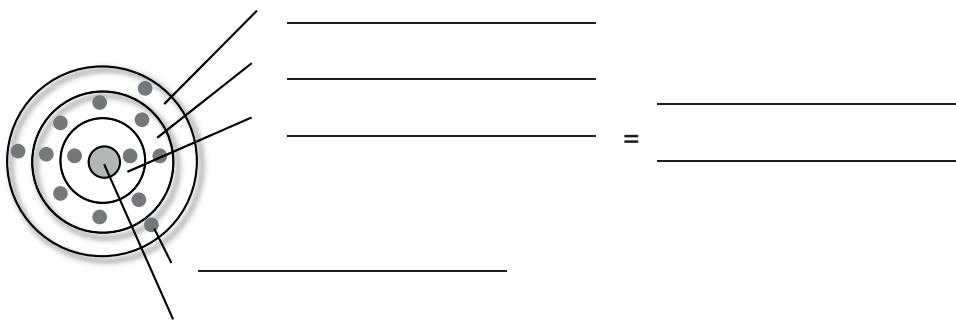
Abbildung 1: Schalenmodell des Aluminium-Atoms

Die letzte besetzte Schale wird als **Außenschale** bezeichnet. Jede Schale kann nur eine begrenzte Anzahl an Elektronen aufnehmen: die K-Schale zwei, die L-Schale acht und die M-Schale als Außenschale ebenfalls acht Elektronen. Gibt es noch weitere Schalen, kann die M-Schale bis zu 18 Elektronen aufnehmen. Kommt bei einem Element mit der nächsten Ordnungszahl ein Elektron hinzu, findet es Platz in der letzten noch nicht voll besetzten Schale. Ist diese gefüllt, kommt das nächste Elektron in eine neue Außenschale. In Abbildung 1 seht ihr die Besetzung der Elektronenschalen am Beispiel Aluminium.

Aufgabe 1:

a) Fülle das Schaubild mit den Begriffen aus dem Kasten.

K-Schale	Energiestufen	Kern	L-Schale
	Elektronenschalen	M-Schale	Elektron



b) In welcher Reihenfolge werden die K-, die L- und die M-Schale besetzt? Trage die Reihenfolge als Nummer in die Kästchen ein.

☐

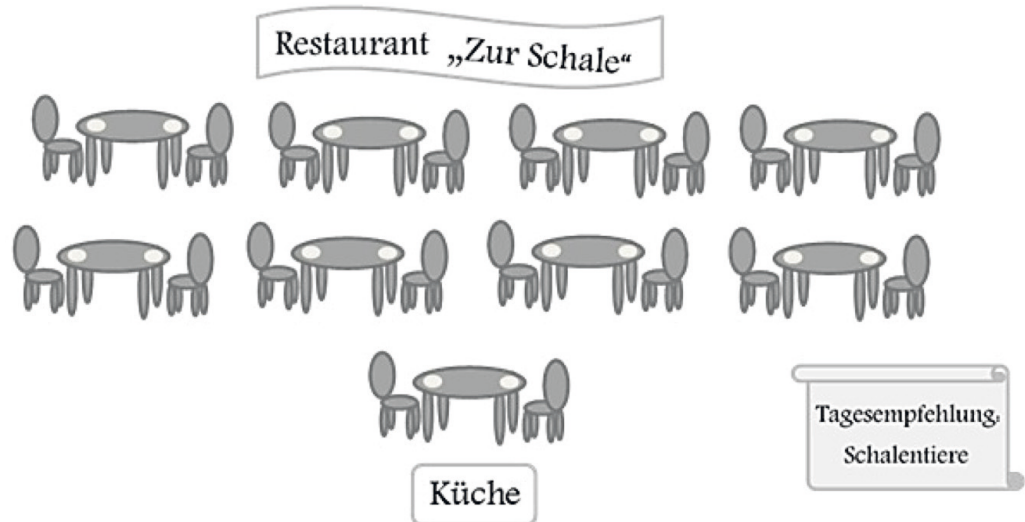
L-Schale

☐

K-Schale

☐

M-Schale

**Aufgabe 2:**

Im Restaurant „Zur Schale“ gibt es neun Zweiertische, die in drei Reihen angeordnet sind. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter achten bei der Verteilung der Sitzplätze stets darauf, dass sich der Tisch möglichst nah an der Küche befindet, damit die Wege zum Bedienen kurz sind. Außerdem werden Personen nach Möglichkeit alleine an einen Tisch gesetzt. Nur wenn es in einer Reihe keinen leeren Tisch mehr gibt, wird der nächste Gast zu einem anderen Gast an den Tisch gesetzt. Erst wenn eine Reihe voll ist und weitere Gäste kommen, werden die Tische der nächsten Reihe besetzt. Heute stehen Schalentiere auf der Speisekarte und der Andrang ist groß.

- a) Als das Restaurant um 18 Uhr öffnet, betreten zwölf Personen den Raum. Verteile die Gäste an die Tische, indem du sie in die obige Abbildung einzeichnest.
- b) Wofür stehen die Küche, die Tischreihen und die Gäste?

Küche: _____

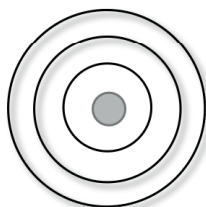
Tischreihen: _____

Gäste: _____

**Aufgabe 3:**

Besetze die folgenden Schalenmodelle mit Elektronen. Zeichne die Elektronen als Punkte ein. Finde anschließend heraus, um welches Atom es sich handelt.

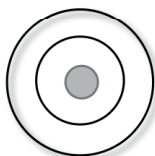
a)

**WANTED**

Das Atom besitzt insgesamt 15 Elektronen. Davon befinden sich zwei Elektronen auf der K-Schale, acht auf der L-Schale und fünf auf der M-Schale.

Um welches Atom handelt es sich?

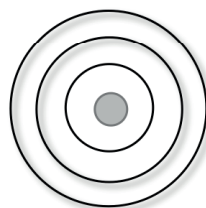
b)

**WANTED**

Das Atom besitzt insgesamt neun Elektronen. Davon befinden sich _____ Elektronen auf der K-Schale und _____ auf der L-Schale.

Um welches Atom handelt es sich?

c)

**WANTED**

Das Atom besitzt insgesamt 12 Elektronen. Davon sind _____ Elektronen auf der K-Schale, _____ auf der L-Schale und _____ auf der M-Schale.

Um welches Atom handelt es sich?

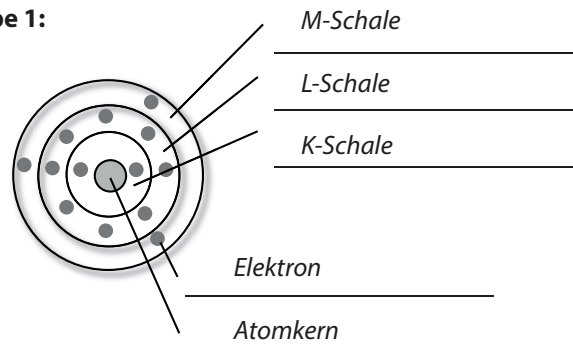


AB 3: Das Schalenmodell

Lösungen

Aufgabe 1:

a)



_____ *Energienstufen*
= _____ *Elektronenschalen*

b) In welcher Reihenfolge werden die K-, die L- und die M-Schale besetzt? Trage die Reihenfolge als Nummer in die Kästchen ein.

c)

2

 L-Schale

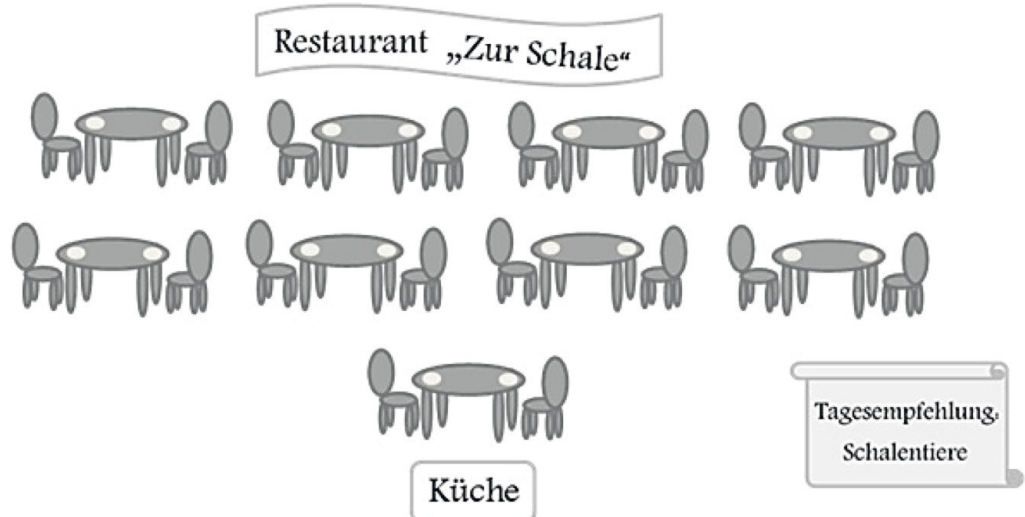
1

 K-Schale

3

 M-Schale

Aufgabe 2:



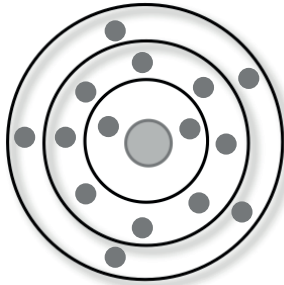
Küche: _____ *Atomkern*

Tischreihen: _____ *Schalen*

Gäste: _____ *Elektronen*

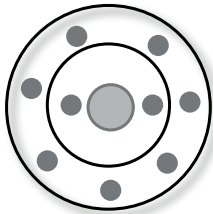
**Aufgabe 3:**

a)



Es handelt sich um das Phosphor-Atom.

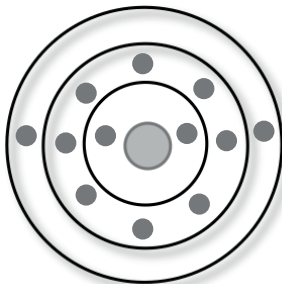
b)



Das Atom besitzt insgesamt neun Elektronen. Davon befinden sich 2 Elektronen auf der K-Schale und 7 auf der L-Schale. Um welches Atom handelt es sich?

Es handelt sich um das Fluor-Atom.

c)



Das Atom besitzt insgesamt 12 Elektronen. Davon sind 2 Elektronen auf der K-Schale, 8 auf der L-Schale und 2 auf der M-Schale. Um welches Atom handelt es sich?

Es handelt sich um das Magnesium-Atom.



AB 4: Das Schalenmodell – Eine Übung

Aufgabe 1:

Setze die folgenden Begriffe an der richtigen Stelle im Text ein:

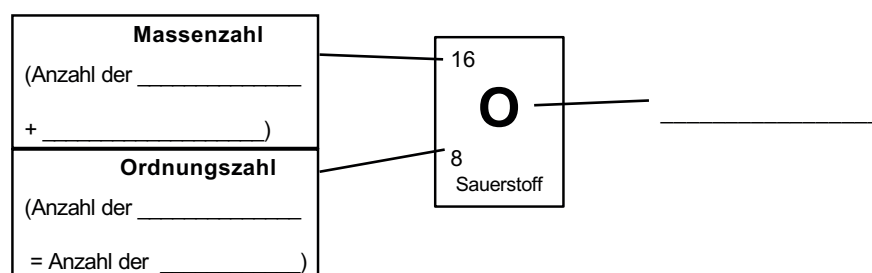
Atomhülle | Atomkern | Elektronen | Energiestufen | entfernen | Ernest Rutherford | Ionisierungsenergie | K | M | neutral | Neutronen | Niels Bohr | Ordnungszahl | Protonen | Schalen | schwerer |

Durch seinen Streuversuch hat _____ herausgefunden, dass ein Atom aus einer _____ und einem _____ besteht. In der Atomhülle befinden sich die negativen _____ und im Atomkern die neutralen _____ sowie die positiven _____. Da ein Atom insgesamt _____ ist, muss es genauso viele Protonen (p+) wie _____ (e-) enthalten. Die _____ gibt Auskunft darüber, wie viele Elektronen ein Atom besitzt. Gleichzeitig gibt sie auch die Zahl der _____ an. Protonen sind 10.000-mal _____ als Elektronen. Die leichten Elektronen kreisen in hoher Geschwindigkeit in der _____ um den Kern.

Das Kern-Hülle-Modell von Rutherford wurde von _____ weiterentwickelt. Er fand heraus, dass sich Elektronen nur auf ganz bestimmten _____ befinden. Um ein Elektron aus der Atomhülle zu _____, muss Energie aufgewandt werden. Diese Energie wird _____ genannt. Die verschiedenen Energiestufen werden auch als _____ bezeichnet. Die innerste Schale heißt _____-Schale, die folgende L-Schale und die Schale danach _____-Schale.

Aufgabe 2:

Ergänze das Schaubild mit den passenden Begriffen.



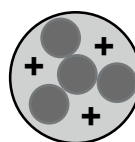
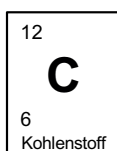
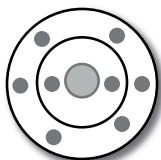
**Aufgabe 3:**

Bestimme die Elektronenzahl der folgenden Elemente:

a) Sauerstoff: _____

b) Kohlenstoff: _____

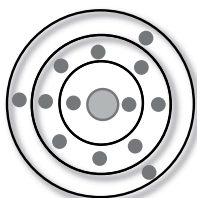
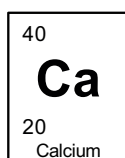
c) Lithium: _____



d) Calcium: _____

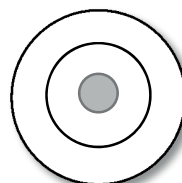
e) Aluminium: _____

f) Schwefel: _____

**Aufgabe 4:**

a) Thomas weiß, dass das Stickstoff-Atom 7 Elektronen besitzt. Auch vom Schalenmodell hat er schon einmal gehört, weiß aber nicht, wie er die Schalen mit Elektronen korrekt besetzt. Erläutere, wie Thomas bei der Besetzung der Schalen mit Elektronen vorgehen muss und wie viele Elektronen die Schalen jeweils aufnehmen können.

b) Besetze das Schalenmodell des Stickstoff-Atoms mit Punkten als Elektronen. Gehe dabei wie in a) beschrieben vor.

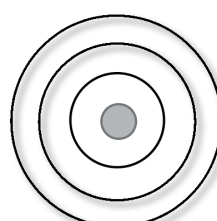
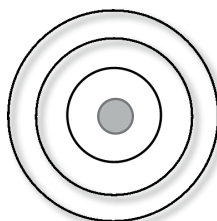
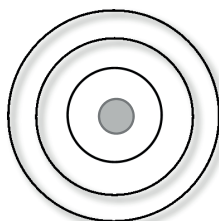
**Aufgabe 5:**

Besetze die Schalenmodelle mit Elektronen. Verwende anstelle der Punkte das **Symbol e⁻**.

a) Kohlenstoff

b) Lithium

c) Schwefel



Wofür steht das Symbol e⁻? _____



AB 4: Das Schalenmodell – Eine Übung

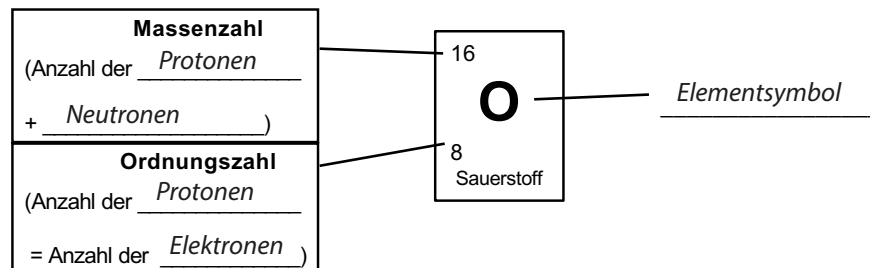
Lösungen

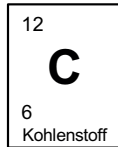
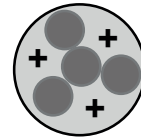
Aufgabe 1:

Durch seinen Streuversuch hat Ernest Rutherford herausgefunden, dass ein Atom aus einer Atomhülle und einem Atomkern besteht. In der Atomhülle befinden sich die negativen Elektronen und im Atomkern die neutralen Neutronen sowie die positiven Protonen. Da ein Atom insgesamt neutral ist, muss es genauso viele Protonen (p+) wie Ordnungszahl (e-) enthalten. Die Elektronen gibt Auskunft darüber, wie viele Elektronen ein Atom besitzt. Gleichzeitig gibt sie auch die Zahl der schwerer an. Protonen sind 10.000-mal Elektronen als Elektronen. Die leichten Elektronen kreisen in hoher Geschwindigkeit in der Atomhülle um den Kern.

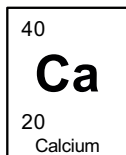
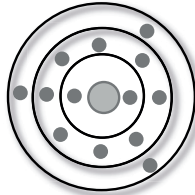
Das Kern-Hülle-Modell von Rutherford wurde von Niels Bohr weiterentwickelt. Er fand heraus, dass sich Elektronen nur auf ganz bestimmten Energienstufen befinden. Um ein Elektron aus der Atomhülle zu entfernen, muss Energie aufgewandt werden. Diese Energie wird Ionisierungsenergie genannt. Die verschiedenen Energienstufen werden auch als Schalen bezeichnet. Die innerste Schale heißt K-Schale, die folgende L-Schale und die Schale danach M-Schale.

Aufgabe 2:



**Aufgabe 3:**a) Sauerstoff: 8b) Kohlenstoff: 6c) Lithium: 3

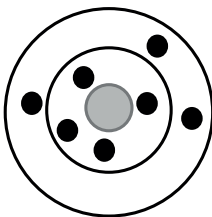
Kern

d) Calcium: 20e) Aluminium: 13f) Schwefel: 16**Aufgabe 4:**

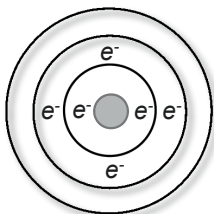
a) Thomas muss die Schalen von innen nach außen besetzen. Dabei muss jede Schale komplett gefüllt sein, bevor Thomas mit der nächsten Schale weitermachen kann. Die innere Schale ist komplett gefüllt, wenn sie mit zwei Elektronen besetzt ist. Die zweite Schale kann insgesamt acht Elektronen aufnehmen, ebenso die dritte Schale.

Thomas möchte insgesamt sieben Elektronen verteilen. Die innere Schale kann zwei Elektronen aufnehmen. Im Anschluss sind noch fünf Elektronen übrig. Alle fünf Elektronen passen in die zweite Schale, da dort maximal acht Elektronen Platz haben. Die zweite Schale ist somit noch nicht voll besetzt und könnte daher auch noch weitere Elektronen aufnehmen.

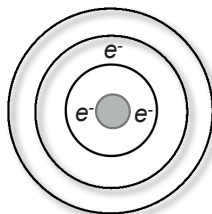
b)

**Aufgabe 5:**

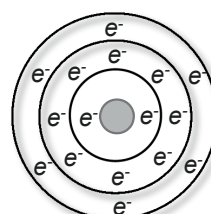
a) Kohlenstoff



b) Lithium



c) Schwefel



Wofür steht das Symbol e^- ? Das Symbol steht für ein Elektron.



AB 5: Selbsteinschätzungsbogen

Nachfolgend findest du einige Fähigkeiten formuliert, die du während der letzten Unterrichtsstunden zum Thema „Atomhülle“ erworben haben solltest. Bitte schätze selbstständig ein, ob du die behandelten Inhalte verstanden hast und bearbeite anschließend die passende Übungsaufgabe zu deinem Wissen. Denke daran, dass du bitte die Aufgabe auswählst, bei der du in der Tabelle als erstes „Da bin ich mir unsicher.“ oder „Das kann ich noch nicht.“ angekreuzt hast.

Meine Fähigkeiten	Das kann ich.	Da bin ich fast sicher.	Da bin ich mir unsicher.	Das kann ich noch nicht.	Übungsaufgaben
Ich kann die Ladung eines Elektrons angeben.					2.A
Ich kann beschreiben, wie die Atomhülle im Schalenmodell aufgebaut ist.					2.A
Ich kann die Hülle eines gegebenen Atoms mithilfe des Schalenmodells mit Elektronen besetzen.					2.A
Ich kann den Aufbau der Hülle eines gegebenen Atoms ausführlich beschreiben.					2.B
Ich kann die Anzahl der Elektronen, Neutronen und Protonen aus der angegebenen Symbolschreibweise eines Atoms angeben.					2.B
Ich kann Vorteile und Grenzen des Kern-Hülle-Modells und des Schalenmodells angeben.					2.B
Wenn du bei den oberen Aussagen immer „Das kann ich.“ angekreuzt hast, dann bearbeite folgende Aufgaben:					2.C

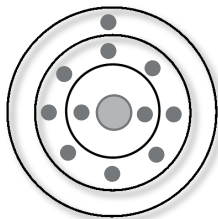
Welche Aufgabe hast du in der individuellen Übungsphase bearbeitet: _____



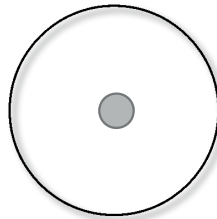
AB 6: Domino-Spiel zum Schalenmodell

Aufgabe 1:

Ihr kennt nun verschiedene Modelle, die den Aufbau eines Atoms beschreiben: Zwei davon sind das Kern-Hülle-Modell und das Schalenmodell.



1: Das Schalenmodell



2: Das Kern-Hülle-Modell

Beschreibt die Gemeinsamkeiten und Unterschiede, die ihr feststellen könnt, in einem kurzen Text. Verwendet die Begriffe aus dem Kasten.

Atomhülle, Atomkern, Elektron, Elektronenschale

Aufgabe 2:

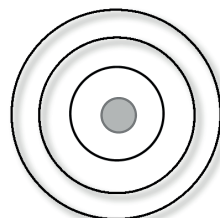
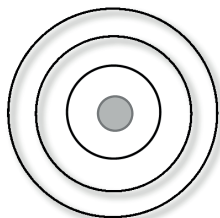
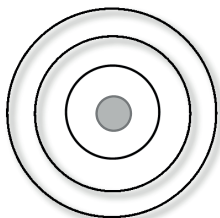
Zeichnet in die Schalenmodelle die angegebene Anzahl an Elektronen (**Symbol e^-**) ein. Um welche Atome handelt es sich?

Zur Erinnerung: Die Schalen werden von innen nach außen besetzt.
Die K-Schale kann 2 Elektronen aufnehmen, die L-Schale 8 und die M-Schale ebenfalls 8.

a) Ordnungszahl: 8

b) Ordnungszahl: 13

c) Ordnungszahl: 17



2.A Individuelle Übung

Schalenmodell

**Aufgabe 3:**

Erinnert euch daran, was die Ionisierungsenergie ist. Wenn ihr euch unsicher seid, schaut euch noch einmal das Arbeitsblatt 2 aus der Aneignung an.

Lest die Aussagen in der untenstehenden Tabelle. Diskutiert anschließend, welche der aufgeführten Aussagen richtig sind. Begründet eure Wahl schriftlich.

	trifft zu	trifft nicht zu
Die Ionisierungsenergie ist die Energie, die aufgewendet werden muss, um der Atomhülle ein Elektron hinzuzufügen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Je höher die Ionisierungsenergie eines Elektrons ist, desto stärker ist die Anziehungskraft zum Kern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Ionisierungsenergie von Außenelektronen ist immer gleich hoch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aufgabe 4:

Hinweis: Für diese Aufgabe benötigt ihr als Material die Domino-Karten. Achtet beim Herausnehmen der Karten auf das richtige Symbol der Lernleiter!

- a) Die Dominokarten sind heruntergefallen und in Unordnung geraten. Legt sie in der richtigen Reihenfolge aneinander!



Setze dir dabei das Ziel, die Elektronenverteilung auf die Schalen eines Atoms zu verstehen.



Wenn ihr das Domino fertig gelegt habt, überprüfe, ob du dein Ziel erreicht hast, indem du die Ergebnisse mit dem Lösungsblatt abgleichst.



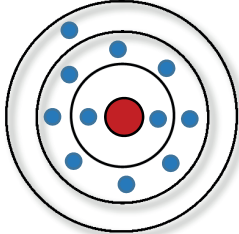
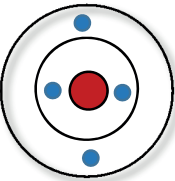
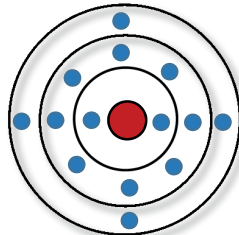
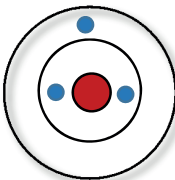
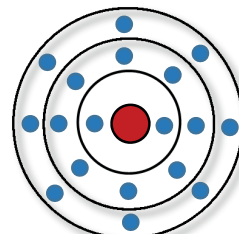

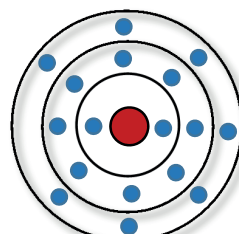

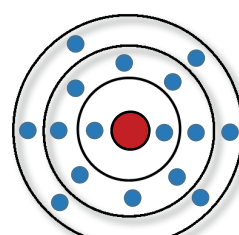
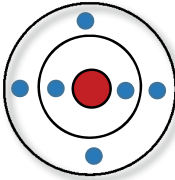
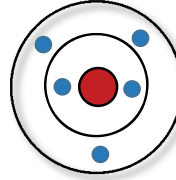
Denk daran: Wenn du einen Fehler findest, korrigiere ihn in deinen Unterlagen!

- b) Die letzte Karte ist in dem Durcheinander leider verloren gegangen. Da ihr eurem Lehrer ein vollständiges Domino-Spiel zurückgeben möchtet, habt ihr die letzte Karte nachgebastelt (siehe Abbildung). Es fehlen nur noch die Elektronen. Zeichnet sie als Punkte ein!





Material für das Domino-Spiel

START	Ordnungszahl: 11		Ordnungszahl: 4
	Ordnungszahl: 14		Ordnungszahl: 3
	Ordnungszahl: 18		Ordnungszahl: 2
	Ordnungszahl: 17		Ordnungszahl: 1
	Ordnungszahl: 16		Ordnungszahl: 6
	Ordnungszahl: 5		Ordnungszahl: 15



AB 6: Domino-Spiel zum Schalenmodell

Lösungen

Aufgabe 1:

Gemeinsamkeiten: Beide Modelle gehen von einem Atomkern und einer Atomhülle aus. Der Atomkern befindet sich bei beiden Modellen in der Mitte des Atoms und wird in beiden Modellen von einer im Verhältnis um einiges größeren, runden Atomhülle umgeben.

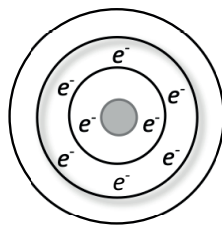
Unterschiede: Beim Kern-Hülle-Modell finden sich keine Schalen und keine Elektronen. Zwar gibt es auch beim Kern-Hülle-Modell Elektronen, die sich in der Atomhülle befinden, jedoch sind sie in diesem Modell nicht dargestellt. Im Schalenmodell kreisen die Elektronen in Elektronenschalen in hoher Geschwindigkeit um den Kern. Diese Elektronenschalen finden sich beim Kern-Hülle-Modell nicht.

Aufgabe 2:

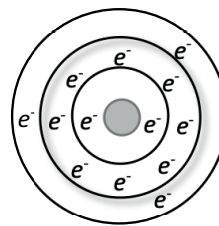
a) Ordnungszahl: 8

b) Ordnungszahl: 13

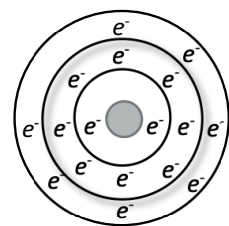
c) Ordnungszahl: 17



Sauerstoff



Aluminium



Chlor

Aufgabe 3:

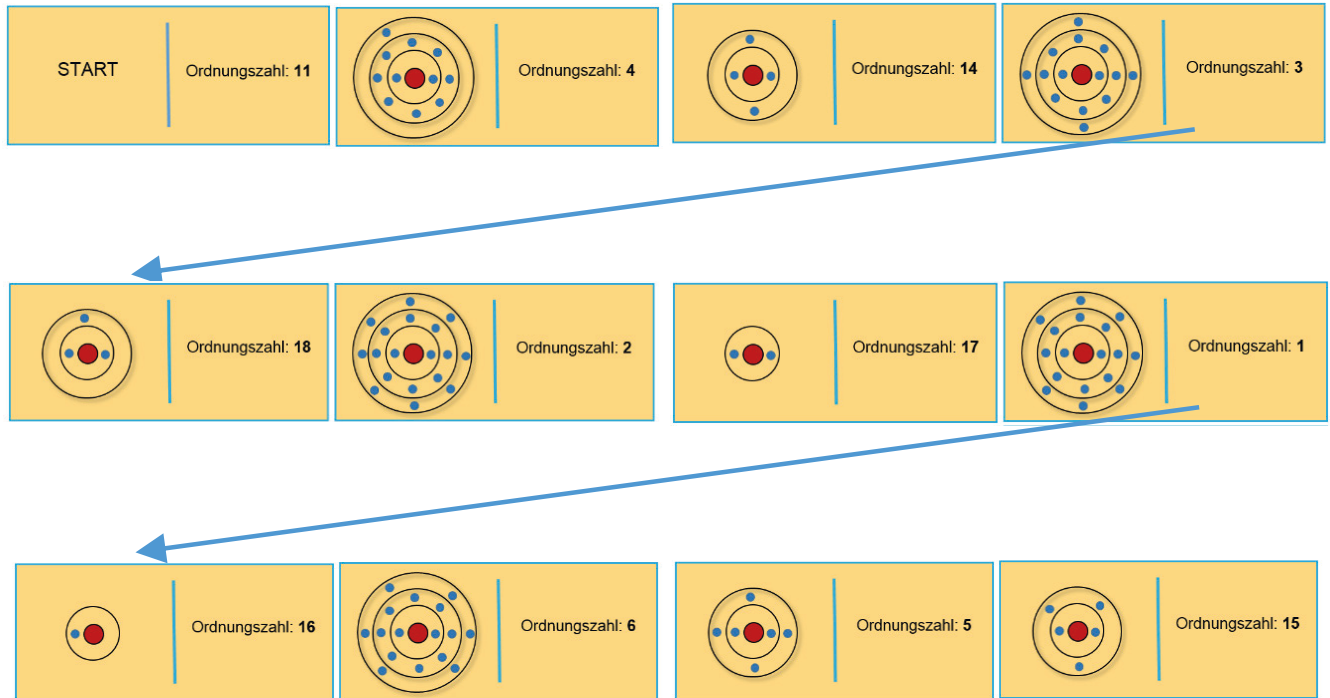
Aussage 1: trifft nicht zu. Begründung: Die Ionisierungsenergie ist die Energie, die aufgewendet werden muss, um ein Elektron aus der Atomhülle zu entfernen.

Aussage 2: trifft zu. Begründung: Je näher ein Elektron am Kern liegt, desto stärker wirkt die Anziehungskraft des positiv geladenen Atomkerns auf das negative Elektron. Es wird somit stärker an den Kern gebunden. Demensprechend wird mehr Energie benötigt, um es zu entfernen. Somit ist die Ionisierungsenergie höher.

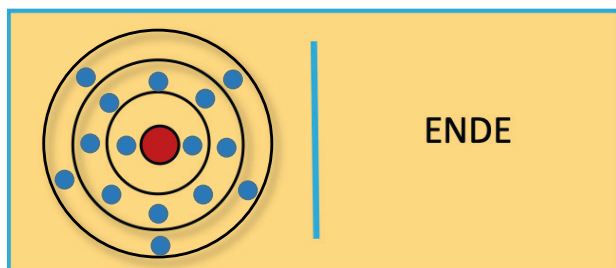
Aussage 3: trifft nicht zu. Begründung: Je nachdem, in welcher Schale sich die Außenelektronen befinden, hat dies Einfluss auf die Höhe der Ionisierungsenergie. Dabei gilt: Je weiter ein Elektron vom Kern entfernt ist, desto geringer ist die Ionisierungsenergie.

**Aufgabe 4:**

zu a)



Zu b)





AB 7: Elementarteilchen und Schalenmodell

Aufgabe 1:

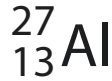
a) Notiere zu den Elementen die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen.



Protonen: _____

Neutronen: _____

Elektronen: _____



Protonen: _____

Neutronen: _____

Elektronen: _____



Protonen: _____

Neutronen: _____

Elektronen: _____

Aufgabe 2:

Ergänze die freien Felder.

Name des Atoms	Masse des Atoms [in u]	Anzahl Protonen	Anzahl Neutronen	Anzahl Elektronen
Selen	79		45	
Sauerstoff		8	8	
Gold	197			79
Natrium			12	11
Argon	40	18		

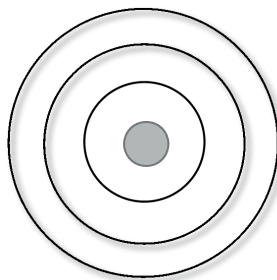
Aufgabe 3:



Setze dir das Ziel, die Elektronenverteilung auf die Schalen eines Atoms zu verstehen. Beschreibe dazu den Aufbau des Schalenmodells eines Natrium-Atoms in einem kurzen Text.

Aufgabe 4:

a) Zeichne in das Schalenmodell des Natrium-Atoms die Elektronen mit dem **Symbol e⁻** ein. Nummeriere die Elektronen in der Reihenfolge, in der du sie eingezeichnet hast.



2.B Individuelle Übung**Schalenmodell**

- b) Trage nun in das Diagramm die ungefähren Ionisierungsenergien für jedes Elektron des Natrium-Atoms als Säulen ein.

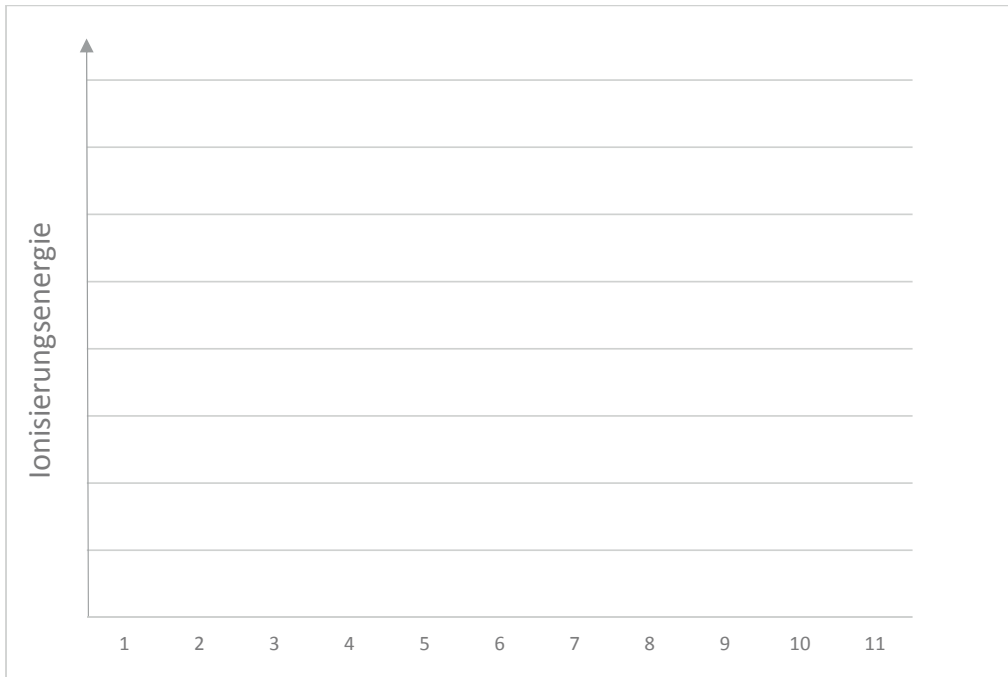


Diagramm 3: Ionisierungsenergien des Natrium-Atoms

- c) Für welche Elektronen hast du eine geringe Ionisierungsenergie eingezeichnet und für welche eine hohe? Begründe.

**Aufgabe 5:**

Du kennst verschiedene Modelle, die den Aufbau eines Atoms beschreiben: Zwei davon sind das Kern-Hülle-Modell und das Schalenmodell.

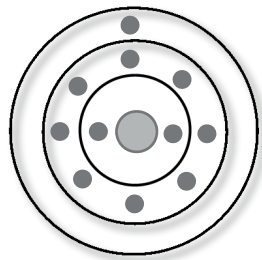


Abbildung 1: Das Schalenmodell eines Natrium-Atoms

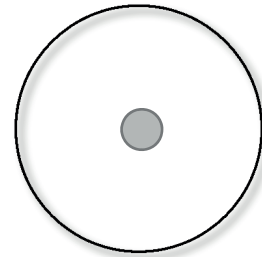


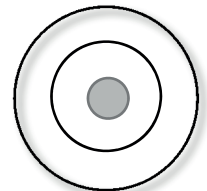
Abbildung 2: Das Kern-Hülle-Modell



Setze dir das Ziel, die verschiedenen Atommodelle zu verstehen und unterscheiden zu lernen.

a) Stelle die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Modelle in einem Text dar.

b) Du kennst die Ionisierungsenergie als die Energie, die benötigt wird, um ein Elektron aus der Atomhülle zu entfernen. Forscher haben dies an einem Natrium-Atom durchgeführt und dabei beobachtet, dass das Atom nach der Entfernung eines Elektrons kleiner war als vorher. Zeichne zunächst das Schalenmodell eines Natrium-Atoms nach der Entfernung eines Elektrons in die rechte Abbildung.



Erläutere die Beobachtung der Forscher mit Hilfe des Schalenmodells.

c) Das Kern-Hülle-Modell hat Grenzen. Man kann damit z. B. nicht erklären, warum das Atom nach der Entfernung eines Elektrons kleiner wurde. Begründe, weshalb man diese Feststellung mit dem Kern-Hülle-Modell nicht erklären kann.



Hast du alles richtig gemacht und damit deine Ziele erreicht? Überprüfe deine Lösungen mithilfe des Lösungsblatts. Wenn du noch Fehler findest, dann korrigiere sie.



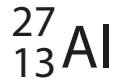


AB 7: Elementarteilchen und Schalenmodell

Lösungen

Aufgabe 1:

a) Notiere zu den Elementen die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen.



Protonen: 16

Protonen: 13

Protonen: 6

Neutronen: 16

Neutronen: 14

Neutronen: 6

Elektronen: 16

Elektronen: 13

Elektronen: 6

Aufgabe 2:

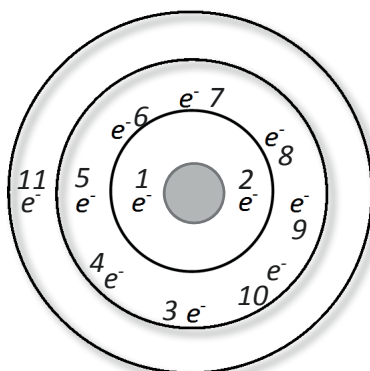
Name des Atoms	Masse des Atoms [in u]	Anzahl Protonen	Anzahl Neutronen	Anzahl Elektronen
Selen	79	<u>34</u>	45	<u>34</u>
Sauerstoff	<u>16</u>	8	8	<u>8</u>
Gold	197	<u>79</u>	<u>118</u>	79
Natrium	<u>23</u>	<u>11</u>	12	11
Argon	40	18	<u>22</u>	<u>18</u>

Aufgabe 3:

Ein Natrium-Atom hat drei Schalen, die mit elf Elektronen besetzt sind. Die innere Schale (K-Schale) besitzt zwei Elektronen. Die zweite Schale (L-Schale) ist mit acht Elektronen besetzt und die dritte Schale (M-Schale) mit einem Elektron.

Aufgabe 4:

a)





b)

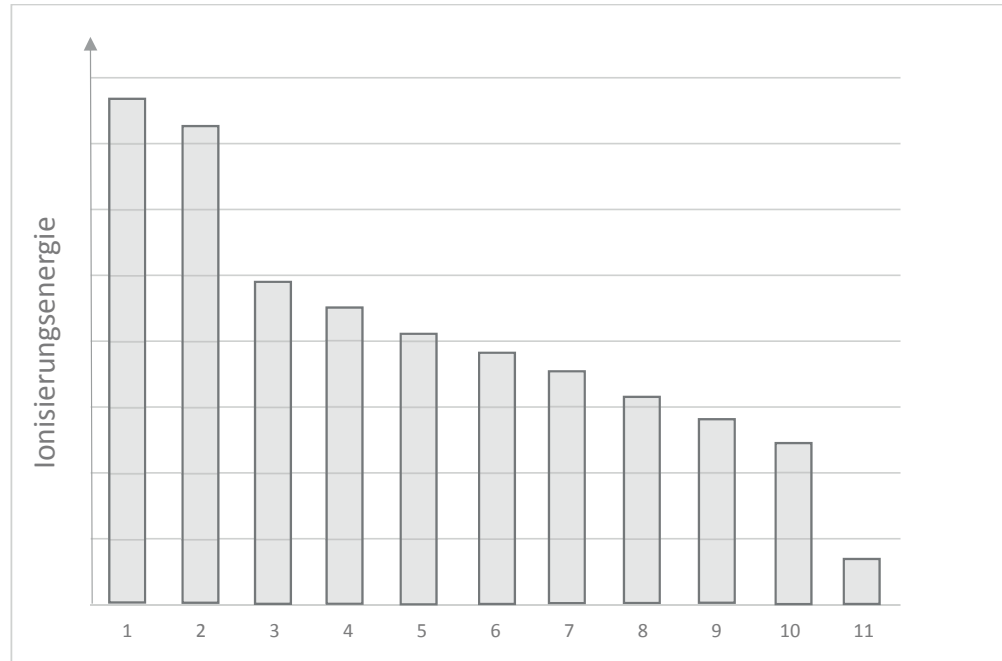


Diagramm 5: Ionisierungsenergien des Natrium-Atoms

c)

Die beiden Elektronen 1 und 2 haben eine hohe Ionisierungsenergie, da sie sich nah am Kern befinden und dort die Anziehungskraft zwischen Kern und Elektronen am größten ist. Dementsprechend wird viel Energie benötigt, um diese Elektronen aus dem Atom zu entfernen.

Elektron 11 liegt auf der äußeren Schale und hat einen großen Abstand zum Kern. Daher ist seine Ionisierungsenergie im Vergleich zu den übrigen Elektronen am niedrigsten.

Aufgabe 5:

a) Gemeinsamkeiten: Beide Modelle gehen von einem Atomkern und einer Atomhülle aus. Der Atomkern befindet sich bei beiden Modellen in der Mitte des Atoms und wird in beiden Fällen von einer im Verhältnis um einiges größeren, runden Atomhülle umgeben.

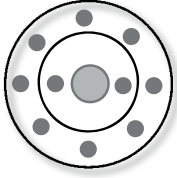
Unterschiede: Beim Kern-Hülle-Modell finden sich keine Schalen und keine Elektronen. Zwar gibt es auch beim Kern-Hülle-Modell Elektronen, die sich in der Atomhülle befinden, jedoch sind sie in diesem Modell nicht dargestellt. Im Schalenmodell kreisen die Elektronen in Elektronenschalen in hoher Geschwindigkeit um den Kern. Diese Elektronenschalen finden sich beim Kern-Hülle-Modell nicht.

2.B Individuelle Übung

Schalenmodell



b)



Wird ein Elektron aus der Atomhülle des Natrium-Atoms entfernt, sind nur noch zwei Schalen besetzt. Weil weniger Schalen besetzt sind als vorher, ist der Radius nach der Entfernung kleiner.

c)

Im Kern-Hülle-Modell sind die Elektronen in der Atomhülle nicht in Schalen angeordnet. Sie verteilen sich über die ganze Atomhülle. Ob ein Elektron mehr oder weniger vorhanden ist, hat im Kern-Hülle-Modell keine Auswirkung auf den Radius. Dies ist eine Grenze des Modells.



AB 8: Die Entfernung von Elektronen aus der Atomhülle

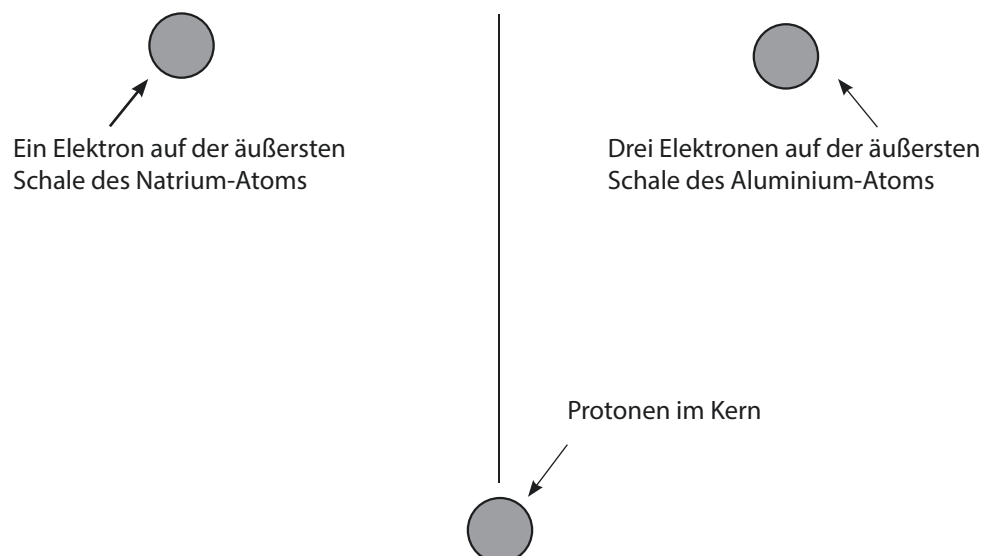
Aufgabe 1:

- a) Überlege dir, was der Begriff „Atomradius“ meint und notiere eine Definition.
- b) Stelle Vermutungen auf, wie sich die Größe der Atomradien eines Natrium-, Kalium- und eines Aluminiumatoms zueinander verhalten. Begründe deine Vermutungen.

Der Atomradius des Natrium-Atoms ist im Vergleich zum Atomradius des...	...kleiner.	...genauso groß.	...größer.
...Kalium-Atoms...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begründung: _____			
...Aluminium-Atoms...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begründung: _____			

- c) Um zu überprüfen, ob deine Vermutung aus b) zum Aluminium-Atom stimmt, führe den folgenden Modellversuch durch.

Anleitung: Lege einen Magneten auf den linken Kreis und drei Magneten übereinander auf den rechten Kreis (farbige Seite nach oben). Vier Magnete werden auf den unteren Kreis gelegt (farbige Seite nach unten). Schiebe nun die unteren Magnete mithilfe eines Stifts (ohne Metall) entlang der Linie nach oben.



2.C Individuelle Übung

Schalenmodell



Was kannst du beobachten? Welche Schlüsse kannst du daraus ziehen? Korrigiere gegebenenfalls deine Vermutung in b).



Setze dir das Ziel, die Bedeutung der Ionisierungsenergie eines Elektrons zu verstehen. Die nachfolgenden Aufgaben sollen dir bei der Erreichung dieses Ziels helfen.

Aufgabe 2:

Zeichne das Schalenmodell eines Natrium-Atoms und nummeriere die Elektronen in der Reihenfolge, in der du sie eingezeichnet hast. Trage anschließend in das Diagramm die ungefähren Ionisierungsenergien für jedes Elektron als Säulen ein.

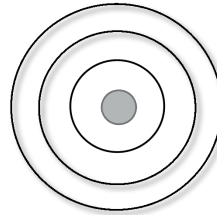
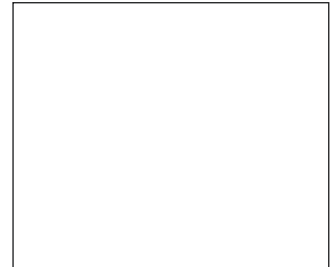


Abbildung 7: Ionisierungsenergien des Natrium-Atoms

**Aufgabe 3:**

Stelle Vermutungen auf, wie sich das Natrium-Atom aus Aufgabe 2 verändert, wenn ein Elektron entfernt wird. Orientiere dich an den folgenden Punkten:

- Überlege dir, welches Elektron am ehesten entfernt werden kann. Begründe deine Überlegung.
- Zeichne nun das Natrium-Atom im Schalenmodell nach Entfernung des Elektrons in den daneben stehenden Kasten.
- Schreibe einen kurzen Text, in welchem du das veränderte Atom beschreibst.
Welche Schlüsse kannst du daraus ziehen?

**Aufgabe 4:**

Betrachtet man bei einem Atom die Ionisierungsenergie des Elektrons, das am weitesten vom Kern entfernt ist, spricht man von der „1. Ionisierungsenergie“. Als „2. Ionisierungsenergie“ wird die Ionisierungsenergie bezeichnet, die aufgebracht werden muss, um das Elektron, das am zweitweitesten vom Kern entfernt ist, zu entfernen.

Bei einem Natrium-Atom ist die 2. Ionisierungsenergie ungefähr neunmal größer als die 1. Ionisierungsenergie. Bei einem Magnesium-Atom ist die 2. Ionisierungsenergie nur etwa doppelt so groß wie die erste. Warum ist der Unterschied bei einem Natrium-Atom größer als bei einem Magnesium-Atom?

Aufgabe 5:

Zur Info: Wurde aus einem Atom ein Elektron entfernt, wird dies kenntlich gemacht, indem das Elementsymbol ein „+“ erhält, z.B. Na^+ . Wurde umgekehrt ein Elektron hinzugefügt, ergänzt man das Elementsymbol um ein „-“, z.B. Cl^- .

Welcher Radius ist größer? Setze < oder > ein.

	< oder > ?	
Li		Li^+
K^+		K
F^-		F
Li		Na
H^+		He
Br		Br^-
Na^+		Na



Hast du dein Ziel erreicht? Überprüfe deine Lösungen mithilfe des Lösungsblatts.



Wenn du noch Fehler findest, dann korrigiere sie.



AB 8: Die Entfernung von Elektronen aus der Atomhülle

Lösungen

Aufgabe 1:

a)

Der Atomradius ist ein Maß für die Größe eines Atoms. Der Atomradius entspricht näherungsweise dem Abstand von der Mitte des Atomkerns bis zum äußeren Rand der Atomhülle.

b)

individuelle Lösung

Zur Info: Der Atomradius des Natrium-Atoms ist im Vergleich zum Atomradius des Kalium-Atoms **kleiner**, da das Natrium-Atom eine Elektronenschale weniger besitzt.

c)

Beobachtung:

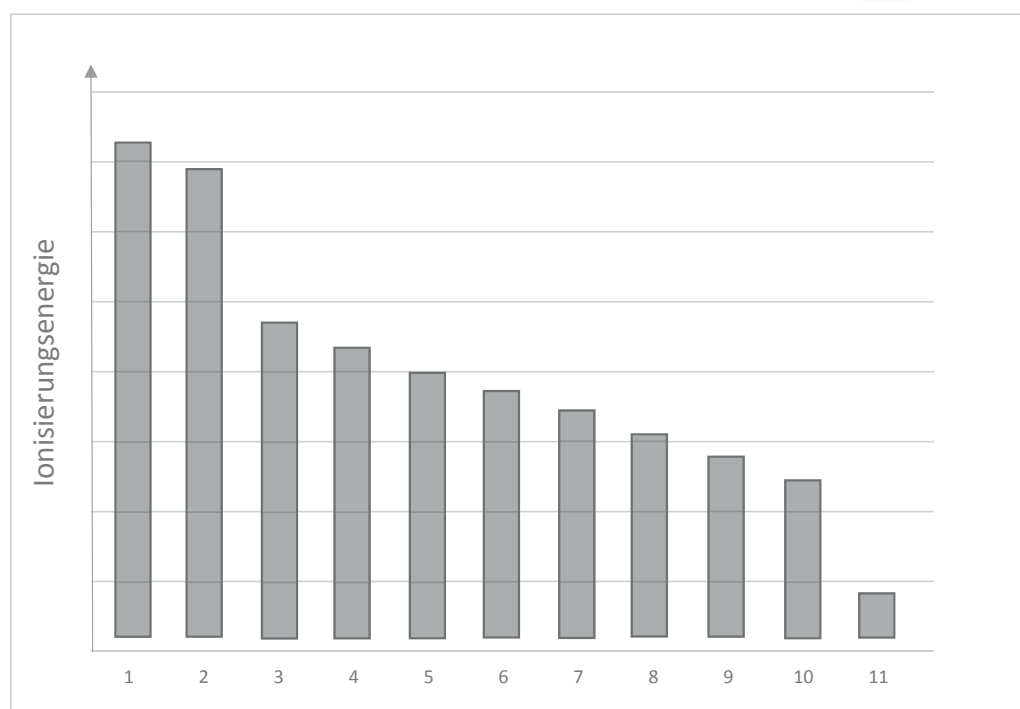
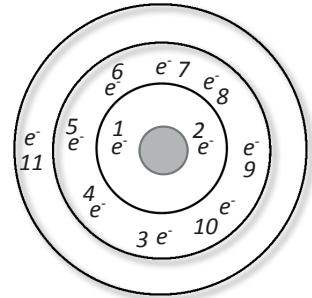
Werden die Magneten entlang der Linie nach oben geschoben, so ziehen sich diese und die rechten Magneten schlagartig an.

Deutung:

Die unteren Magneten symbolisieren die Protonen im Kern und die rechten Magneten stehen für mehrere Elektronen auf der äußersten Schale. Der linke Magnet steht für lediglich ein Elektron auf der äußersten Schale.

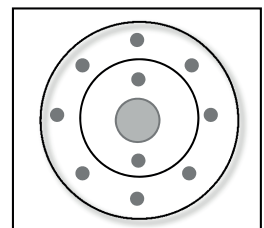
Da sich die unteren und die rechten Magneten stärker anziehen, kann daraus geschlossen werden, dass die Anziehungskraft von Kern und Elektronen umso größer ist, je mehr Elektronen in der äußeren Elektronenschale vorhanden sind. Sind in der äußeren Schale mehrere Elektronen vorhanden, wird diese im Vergleich zu einer äußeren Schale mit nur einem Elektron, näher zum Kern gezogen. Dies hat zur Folge, dass der Abstand vom Kern zur äußeren Schale geringer ist und dadurch das Atom und der Atomradius insgesamt kleiner sind.

Daher gilt für Aufgabe b): Der Atomradius des Natrium-Atoms ist im Vergleich zum Atomradius des Aluminium-Atoms **größer**, da das Natrium-Atom lediglich ein Elektron auf der Außenschale hat und diese dadurch weiter entfernt vom Kern ist, da sie weniger stark angezogen wird.

**Aufgabe 2:****Abbildung 6: Ionisierungsenergien des Natrium-Atoms****Aufgabe 3:**

Zu Punkt 1) Das Außenelektron auf der M-Schale ist am weitesten vom Kern entfernt und wird demnach am wenigsten angezogen. Seine Ionisierungsenergie ist also am geringsten, deshalb kann dieses Elektron am besten entfernt werden.

Zu Punkt 3) Nach der Entfernung „verschwindet“ die äußerste Schale, da sie keine weiteren Elektronen mehr besitzt. Die Atomhülle wird kleiner, da nun eine Schale fehlt. Außerdem ist vor der Entfernung die Zahl der Protonen und Elektronen gleich und das Atom damit neutral. Nach der Entfernung des Elektrons fehlt eine negative Ladung, die positiven Ladungen im Kern bleiben aber gleich. Daher ist das Atom nun nicht mehr neutral, sondern hat eine positive Ladung mehr.



2.C Individuelle Übung

Schalenmodell

**Aufgabe 4:**

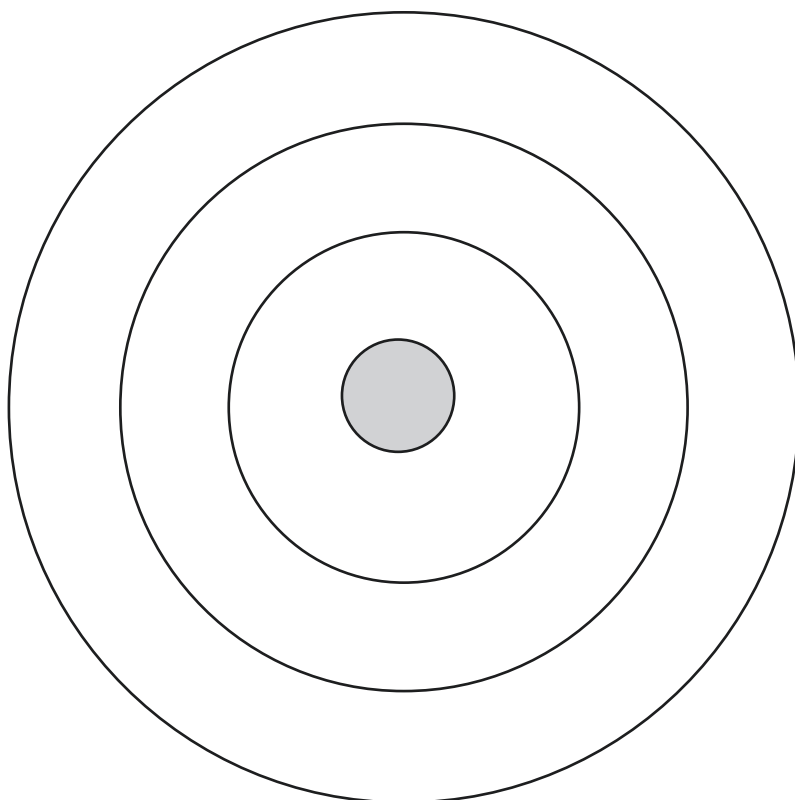
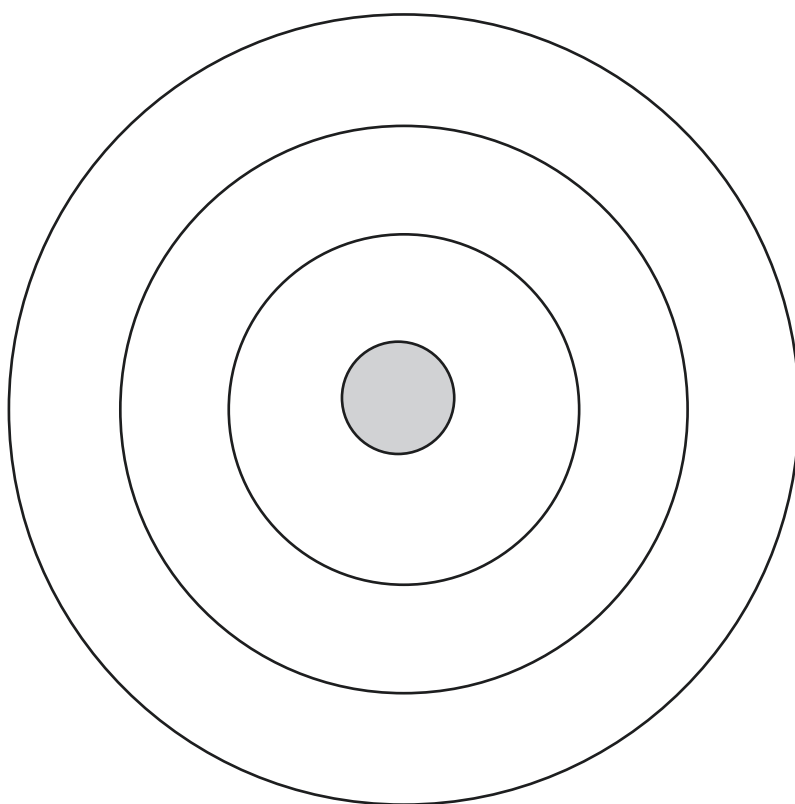
Ein Natrium-Atom besitzt ein Elektron auf der dritten Schale und ein Magnesium-Atom besitzt zwei Elektronen auf der dritten Schale. Würden Elektronen entfernt werden, könnten beim Magnesium-Atom beide Elektronen aus der dritten Schale entfernt werden. Beim Natrium-Atom könnte das erste Elektron aus der dritten Schale entfernt werden, aber das zweite Elektron müsste aus der zweiten Schale entfernt werden. Da diese Schale näher am Kern ist, ist die zugehörige Ionisierungsenergie um ein Vielfaches höher.

Aufgabe 5:

	< oder > ?	
Li	>	Li ⁺
K ⁺	<	K
F ⁻	<	F
Li	<	Na
H ⁺	<	He
Br	>	Br ⁻
Na ⁺	<	Na

Milestone: Schalenmodell/PSE			
Angestrebter Kompetenzaufbau: Die Schülerinnen und Schüler können ... <ul style="list-style-type: none"> • die Kriterien (Ordnungszahl, Schalenzahl, Valenzelektronenzahl), nach denen die Elemente im Periodensystem angeordnet werden, nennen. • die Spalten des PSE als Hauptgruppe und die Zeilen als Periode benennen. • die Hauptgruppen als Gruppen von Elementen mit ähnlichen chemischen Eigenschaften beschreiben. • den Zusammenhang zwischen Hauptgruppennummer und Zahl der Valenzelektronen erklären. • die Oktett-Regel formulieren. 			
Baustein	Handlungsschritte	Methode	Benötigte Medien/ Materialien
Aneignungsphase	<u>Einstieg</u> <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung Schalenmodell aus dem letzten Milestone: <ul style="list-style-type: none"> – Auf Folie 1 werden die Schalenmodelle von zwei verschiedenen Elementen im Plenum aufgezeichnet 	Lehrer-Schüler-Gespräch	OHP, Folie 1
	<u>Erarbeitung I</u> <ul style="list-style-type: none"> • AB 1: Auf AB1a_Raster Schalenmodell ist ein Periodensystem gedruckt, in dem Schalenmodelle fehlen. Die Schülerinnen und Schüler sollen die fehlenden Schalenmodelle an der richtigen Stelle einkleben und Protonenzahl sowie Elementsymbole und Ordnungszahl ergänzen. • Die Aufgabe ist, Ordnungskriterien abzuleiten. • Die Ergebnisse werden im Plenum besprochen. 	Gruppenarbeit Lehrer-Schüler-Gespräch	AB 1, AB 1a AB 1, AB 1a

	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Infotext (AB 2). Er beinhaltet Informationen zu <ul style="list-style-type: none"> Chemischen Eigenschaften Valenzelektronen Oktett-Regel Lewis-Schreibweise <p><u>Sicherung I</u></p> <ul style="list-style-type: none"> AB 2: Die Schülerinnen und Schüler sollen auf Basis der Inhalte aus der Aneignungsphase Merksätze vervollständigen und die Lewis-Schreibweise üben. Vergleich im Plenum 	Einzelarbeit Einzelarbeit Lehrer-Schüler-Gespräch	AB 2
Basisübung	Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten AB 3 <ul style="list-style-type: none"> Vervollständigung des PSEs: <ul style="list-style-type: none"> Eintragen von „Periode“ und „Hauptgruppe“ in das selbst gebastelte Periodensystem Gemeinsamkeiten innerhalb der HG, Zusammenhang zwischen Anzahl der Valenzelektronen und HG-Nummer, Verschiedene Elemente: Periode und HG angeben, Anzahl der Valenzelektronen und Schalen, Bezeichnung der Valenzschale Übung der Lewis-Schreibweise 	Einzelarbeit	AB 3, gebasteltes PSE
Selbstevaluation	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler erhalten das AB 4 zur Selbstevaluation 	Selbstevaluation	AB 4
Individualisierte Übungsphase	<p>Fachwissen</p> <ul style="list-style-type: none"> AB 5: Kreuzworträtsel zum Periodensystem AB 6: Schwarzer-Peter-Spiel zum Periodensystem AB 7: Modelldarstellungen des Periodensystem 	Siehe Arbeitsblatt	AB 5 AB 6, Schwarzer-Peter-Karten AB 7, Bunte-PSE-Karten





AB 1: Die Ordnung im Periodensystem der Elemente (PSE)

Das Periodensystem der Elemente hat eine bestimmte Ordnung. Die einzelnen Elemente stehen nicht zufällig neben- und untereinander. Eine Ordnung entsteht, indem ein Kriterium ausgewählt und die Elemente dann nach diesem Kriterium geordnet werden.

Aufgabe 1:

Auf dem beiliegenden Arbeitsblatt ist ein Periodensystem mit den Schalenmodellen der jeweiligen Elemente abgedruckt.

- Schneide die fehlenden Schalenmodelle aus und klebe sie an die richtige Stelle im Periodensystem.
- Ergänze für jedes Element das Elementsymbol, die Ordnungszahl und die Protonenzahl. Das Elementsymbol wird in jedes Feld jeweils oben links geschrieben, die Ordnungszahl unten links und die Protonenzahl in den Kern (z. B. 14 Protonen = 14 p⁺).

Aufgabe 2:

Versucht in Partnerarbeit, die Ordnungskriterien in eurem gebastelten Periodensystem abzuleiten.

Formuliert mindestens zwei Kriterien, nach denen die Elemente angeordnet sind.

Aufgabe 3:

Vergleicht das Periodensystem in eurem Buch mit dem, das ihr gerade gebastelt habt.

- Welche Gemeinsamkeiten könnt ihr finden? Nennt mindestens vier!

- Worin unterscheiden sich die beiden Periodensysteme? Nennt mindestens vier Unterschiede!



AB 1: Die Ordnung im Periodensystem der Elemente (PSE)

Lösungen

Aufgabe 1:

Siehe Lösungsblatt

Aufgabe 2:

1. Von oben nach unten erhöht sich die Zahl der Schalen in jeder Zeile um eins.
2. Von links nach rechts erhöht sich die Zahl der Elektronen auf der äußersten Schale um eins.

Aufgabe 3:

a)

Spalten, Zeilen, Ordnungszahl, römische Zahlen für die Spalten, arabische Zahlen für die Zeilen, Elementsymbole, ...

b)

Gebastelt: Zeilen nicht mit K, L, M, ... benannt; keine Massenzahl

Buch: Keine Schalenmodelle, keine Elektronen, ...



		= Anzahl der _____						
I								
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1								
2								
3								
4								

= Anzahl der _____

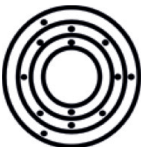
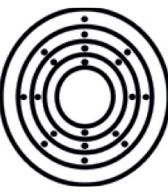


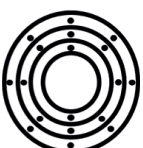

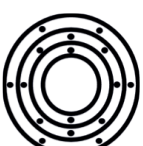




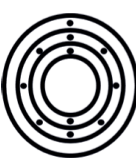
Nebengruppenelemente: Ordnungszahl 21-30

Nebengruppenelemente: Ordnungszahl 21-30

3 Aneignung



Schalenmodell/Periodensystem



		Hauptgruppe							
		= Anzahl der Valenzelektronen							
Periode	= Anzahl der Schalen								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		H 1							Ne 2
2		Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3		Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4		K 19	Ca 20		Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36

→ Nebengruppenelemente: Ordnungszahl 21-30



AB 2: Der Aufbau des Periodensystems der Elemente

Im Periodensystem (PSE) finden wir eine bestimmte Anordnung der Elemente. Betrachtet man das PSE *von links nach rechts*, so bleibt die Zahl der besetzten Schalen der Elemente innerhalb einer Zeile gleich, jedoch kommt in der Außenschale von links nach rechts pro Element immer ein Elektron dazu. Die Zeilen, in denen sich die Zahl der Schalen nicht ändert, nennen wir **Periode**. Die einzelnen Perioden werden mit arabischen Zahlen benannt, die im PSE links neben den einzelnen Perioden stehen (z.B. 1. Periode, 2. Periode, ...). Die Nummer der Periode gibt auch die Zahl der besetzten Schalen an, die die einzelnen Elemente innerhalb der Periode haben.

Schaut man sich das PSE *von oben nach unten* an, so bleibt die Zahl der Elektronen auf der Außenschale gleich. Die Elektronen auf der äußersten Schale werden auch **Außenelektronen** oder **Valenzelektronen** genannt, die äußerste Schale kann als **Außenschale** oder auch **Valenzschale** bezeichnet werden. Eine solche Gruppe von Elementen mit gleicher Anzahl an Valenzelektronen in der Valenzschale wird **Hauptgruppe** genannt. Im PSE steht über den Elementen der Hauptgruppen eine römische Zahl, die die Nummer der Hauptgruppe angibt (z.B. I. Hauptgruppe, II. Hauptgruppe, ...). Innerhalb einer Hauptgruppe kommt von oben nach unten jeweils eine Schale hinzu.

Die Elemente innerhalb einer Hauptgruppe haben ein ähnliches chemisches Verhalten. Daraus kann man ableiten, dass das chemische Verhalten der Elemente von der Anzahl ihrer Valenzelektronen bestimmt wird.

Bei der Betrachtung des Periodensystems fällt auf, dass kein Element mehr als acht Valenzelektronen besitzt. Eine mit acht Elektronen besetzte Valenzschale ist voll besetzt und kann zunächst keine weiteren Elektronen aufnehmen. Die Elemente der achten Hauptgruppe erfüllen die **Oktett-Regel**, die besagt, dass Elemente mit acht Valenzelektronen besonders stabil sind und damit kaum mit anderen Reaktionspartnern in einer chemischen Reaktion zu neuen Stoffen reagieren. Die Elemente der achten Hauptgruppe werden auch **Edelgase** genannt. Eine Ausnahme bildet die innerste Schale (K-Schale). Diese ist mit **zwei Elektronen** bereits voll besetzt und erfüllt die Oktett-Regel daher auch schon mit zwei Elektronen.

Aufgabe 1:

Vervollständige die folgenden Merksätze zum Periodensystem!

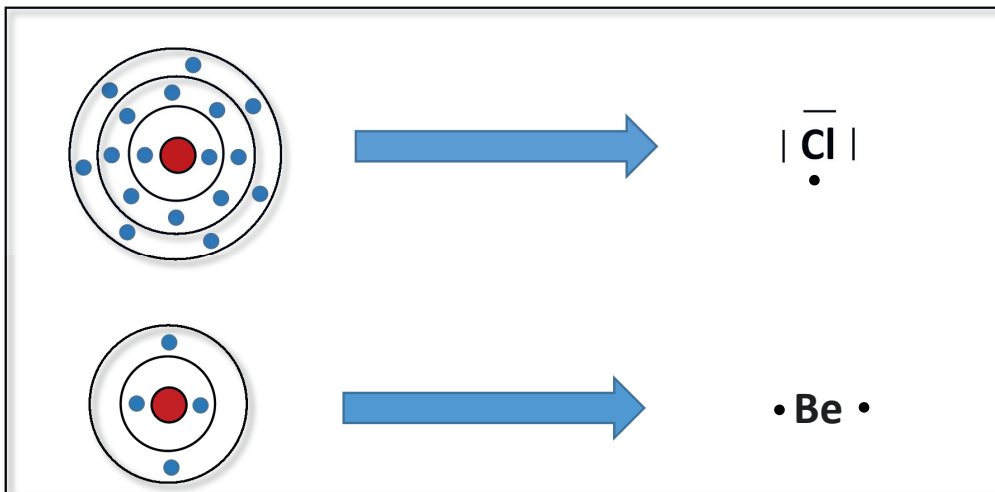
1. Die Elektronen der äußersten Schale heißen _____ oder _____.
_____.
2. Eine Gruppe von Elementen mit der gleichen Anzahl an Elektronen auf der äußersten Schale nennen wir _____.
3. _____ heißt eine Zeile im Periodensystem, in der Elemente stehen, die die gleiche Anzahl an Schalen haben.
4. Die Oktett-Regel lautet: _____

Eine Ausnahme davon stellt die _____ dar.
5. Die chemischen Eigenschaften der Elemente hängen von _____
_____ ab.

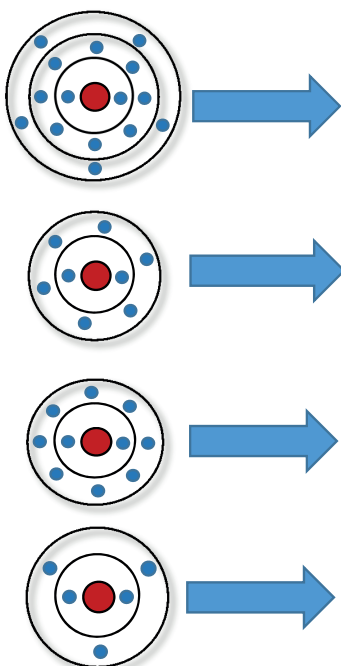
**Aufgabe 2:**

Wie Du gelernt hast, ist die Zahl der Valenzelektronen verantwortlich für das chemische Verhalten eines Elements. Da das Zeichnen der Schalenmodelle aber recht aufwändig ist, hat sich eine andere Schreibweise durchgesetzt, die **Lewis-Schreibweise** genannt wird.

Bei der Lewis-Schreibweise werden nur das **Elementsymbol** und die **Valenzelektronen** aufgeschrieben. Die einzelnen Valenzelektronen werden als Punkte um das Elementsymbol herum angeordnet. Dafür gibt es vier „Plätze“: links, rechts, oberhalb und unterhalb des Elementsymbols. Da sich Elektronen auf Grund ihrer Ladung gegenseitig abstoßen, nehmen sie den größtmöglichen Abstand zueinander ein. Sind **mehr als vier Valenzelektronen** vorhanden, werden jeweils zwei Elektronen zu Zweierpäckchen (einem Elektronenpaar) zusammengefasst und als Strich neben das Elementsymbol geschrieben. Hier siehst du zwei Beispiele:



Zeichne zu den folgenden Schalenmodellen die Lewis-Schreibweise.





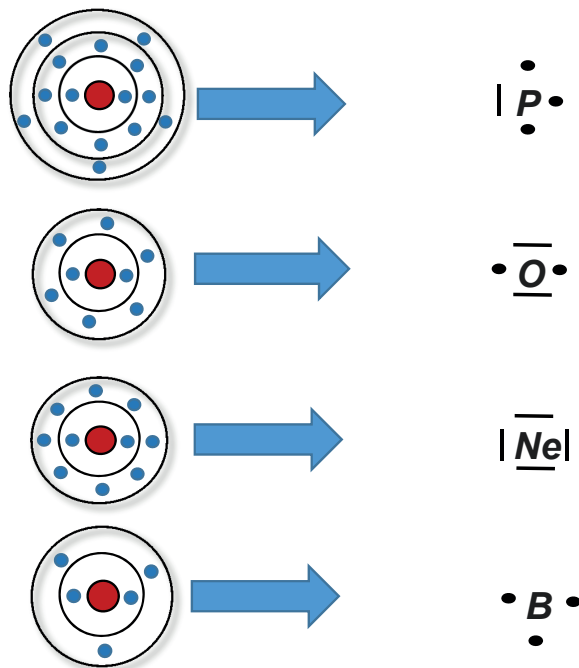
AB 2: Der Aufbau des Periodensystems der Elemente

Lösungen

Aufgabe 1:

- Die Elektronen der äußersten Schale heißen Außenelektronen oder Valenzelektronen.
- Eine Gruppe von Elementen mit der gleichen Anzahl an Elektronen auf der äußersten Schale nennen wir Hauptgruppe.
- Periode heißt eine Zeile im Periodensystem, in der Elemente stehen, die die gleiche Anzahl an Schalen haben.
- Die Oktett-Regel lautet: Elemente mit acht Valenzelektronen sind besonders stabil.
Eine Ausnahme davon stellt die K-Schale dar.
- Die chemischen Eigenschaften der Elemente hängen von der Anzahl ihrer Valenzelektronen ab.

Aufgabe 2:





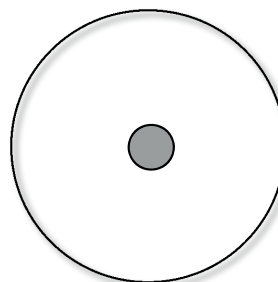
AB 3: Das Periodensystem – Eine Übung

Aufgabe 1:

Trage in dein gebasteltes Periodensystem die fehlenden Begriffe auf die Striche ein. Wähle dafür die **vier richtigen Begriffe** aus der folgenden Liste aus: *Atomkern, Elektron, Element, Hauptgruppe, Oktett-Regel, Ordnungszahl, Periode, Protonen, Schalen, Valenzelektronen*.

Aufgabe 2:

- Zeichne das vollständige Schalenmodell des Elements Schwefel in den Kreis.
- Beschreibe den Zusammenhang zwischen dem Schalenmodell und der Nummer der Hauptgruppe, in der Schwefel steht.
- Der Zusammenhang aus b) gilt auch für die anderen Elemente im Periodensystem. Formuliere eine Regel.
- Welches Element bildet eine Ausnahme von der Regel? Begründe!
- Formuliere die Oktett-Regel!



Aufgabe 3:

- Vervollständige die folgende Tabelle. Nimm dein selbst gebasteltes Periodensystem zur Hilfe!

Element-name	Element-symbol	Periode	Haupt-gruppe	Zahl der Schalen	Zahl der Valenz-elektronen	Buchstabe der Valenz-schale	Lewis-Schreib-weise
Natrium	Na						
Krypton							
		2	4				
				4	3		
					4	M	
			7			L	
		3			7		

- Beschreibe, wie du vorgegangen bist, um die Lewis-Schreibweise der Elemente abzuleiten.



AB 3: Das Periodensystem – Eine Übung

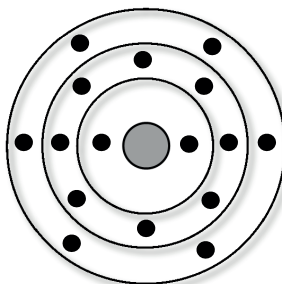
Lösungen

Aufgabe 1:

Siehe Lösungsblatt

Aufgabe 2:

a)



- b) Schwefel hat sechs Elektronen in der Valenzschale und steht in der 6. Hauptgruppe. Die Zahl der Valenzelektronen entspricht also der Nummer der Hauptgruppe.
- c) Die Nummer der Hauptgruppe, in der das Element steht, entspricht der Zahl seiner Valenzelektronen.
- d) Helium steht in der 8. Hauptgruppe, hat aber nur zwei Elektronen in der Valenzschale. Da die erste Schale aber nur zwei Elektronen fassen kann, ist die Oktett-Regel in diesem Fall erfüllt und Helium damit ein Edelgas.
- e) Eine mit acht Elektronen besetzte Valenzschale ist besonders stabil.

Aufgabe 3:

Element-name	Element-symbol	Periode	Hauptgruppe	Zahl der Schalen	Zahl der Valenzelektronen	Buchstabe der Valenzschale	Lewis-Schreibweise
Natrium	Na	3	1	3	1	M	Na
Krypton	Kr	4	8	4	8	N	Kr
Kohlen-stoff	C	2	4	2	4	L	C
Gallium	Ga	4	3	4	3	N	Ga
Silicium	Si	3	4	3	4	M	Si
Fluor	F	2	7	2	7	L	F
Chlor	Cl	3	7	3	7	M	Cl

- a) Individuelle Lösung. Es sollte darauf eingegangen werden, dass zuerst maximal vier Valenzelektronen um das Elementsymbol als Punkte verteilt werden. Die Elektronen 5 bis 8 werden als Elektronenpaar (Strichsymbol) ergänzt.



AB 4: Selbsteinschätzungsbogen

Schätze deine Fähigkeiten zum Thema „Schalenmodell und Periodensystem“ mithilfe der nachfolgenden Aussagen ein und bearbeite anschließend die für dich passende Übungsaufgabe.

Meine Fähigkeiten	Das kann ich.	Da bin ich fast sicher.	Da bin ich mir unsicher.	Das kann ich noch nicht.	Übungsaufgaben
Ich kann die Begriffe <i>Hauptgruppe</i> und <i>Periode</i> definieren.					3.A
Ich kann erklären, was man unter der Oktett-Regel versteht.					3.A
Ich kann die Kriterien nennen, nach denen die Elemente im Periodensystem angeordnet sind.					3.A
Ich kann das Element Chlor in Lewis-Schreibweise darstellen.					3.A
Ich kann aus dem Aufbau eines Elements im Schalenmodell seine Position im Periodensystem ableiten und umgekehrt.					3.B
Ich kann Unterschiede und Gemeinsamkeiten verschiedener Darstellungsformen des Periodensystems benennen.					3.B
Ich kann ein Element mit der Lewis-Schreibweise darstellen, wenn ich seinen Aufbau im Schalenmodell oder seine Position im Periodensystem kenne.					3.B
Wenn du bei den oberen Aussagen immer „Das kann ich.“ angekreuzt hast, dann bearbeite folgende Aufgaben:					3.C

Welche Aufgabe hast du in der individuellen Übungsphase bearbeitet: _____



AB 5: Kreuzworträtsel zum Periodensystem

Aufgabe 1:

- a) Löse das Kreuzworträtsel. Die Fragen findest du auf der nächsten Seite. Einige Lösungswörter sind bereits vorgegeben. Formuliere dazu die passende Frage. Wenn du dir unsicher bist, schaue dir noch einmal das Arbeitsblatt 2 aus der Aneignung an. („ß“ wird im Kreuzworträtsel zu „ss“)

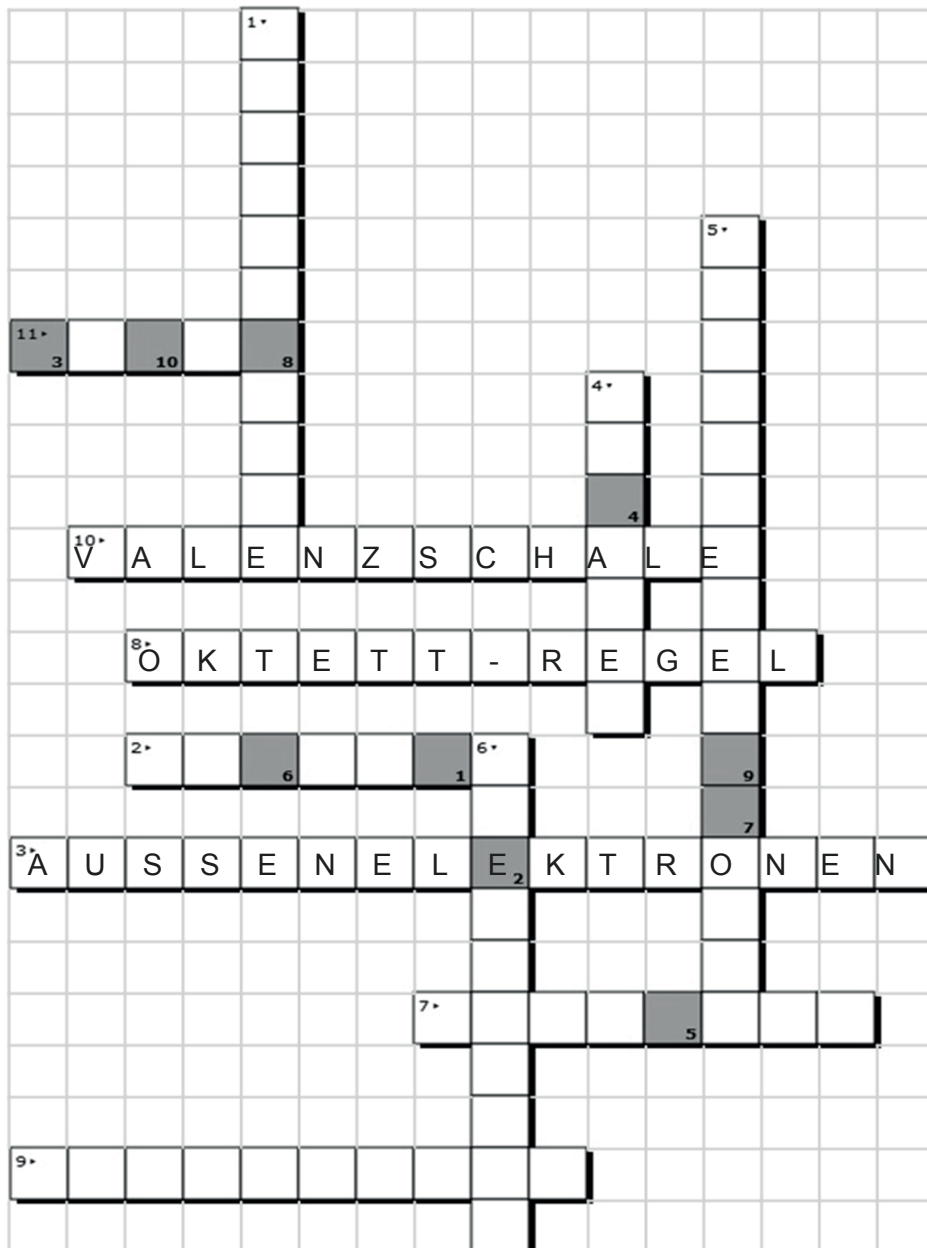


Bevor du mit der Bearbeitung des Arbeitsblattes beginnst, denke daran, dir ein Ziel zu setzen, das du mithilfe dieses Arbeitsblattes erreichen willst. Vielleicht helfen dir dabei die Fähigkeiten aus dem Selbsteinschätzungsbogen.

- b) Das Lösungswort enthält die Buchstaben des Namens eines berühmten Wissenschaftlers, den du bereits aus anderen Milestones kennst. Bringe die Buchstaben in die richtige Reihenfolge, um das Lösungswort zu erhalten:

--

3.A Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem



3.A Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem



Fragen:

1. Wie nennt man die Spalten im Periodensystem?
2. Wie nennt man die Zeilen im Periodensystem?
3. _____

4. Innerhalb einer Hauptgruppe nimmt die Zahl der ... von oben nach unten zu.
5. Innerhalb einer Periode nimmt die Zahl der ... von links nach rechts zu.
6. Bei einem Atom ist die Zahl der Protonen gleich der Zahl der ...
7. Die Ordnungszahl entspricht der Zahl der ... im Kern.
8. _____

9. Die ... Eigenschaften eines Elements hängen von der Zahl der Elektronen in der äußersten Schale ab.
10. _____

11. Wie heißt das Element, das in der zweiten Periode und der siebten Hauptgruppe steht?

- a) Ergänze das Kreuzworträtsel, indem du die folgenden Elemente in deinem Periodensystem suchst und den Namen des Elements an eine mögliche Stelle im Kreuzworträtsel einträgst. Zeichne die dafür benötigten Kästchen in das vorgegebene Raster ein.

12. Wie heißt das Element, das in der zweiten Periode und der achten Hauptgruppe steht?
13. Wie heißt das Element, das in der dritten Periode und der fünften Hauptgruppe steht?
14. Wie heißt das Element, das in der vierten Periode und der ersten Hauptgruppe steht?



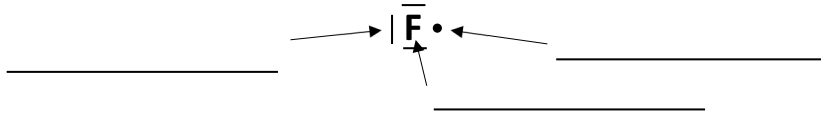
Überprüfe, ob du dein Ziel, das du dir am Anfang gesetzt hast, erreichen konntest. Dazu könntest du z. B. schauen, ob du das Lösungswort richtig herausfinden konntest.

3.A Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem

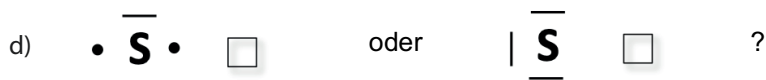
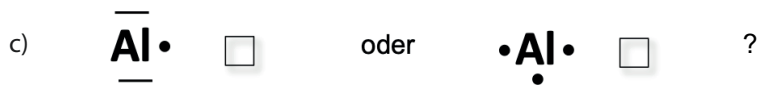
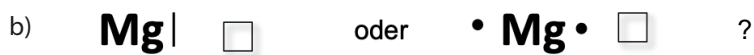
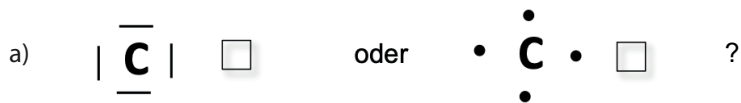
**Aufgabe 2:**

In der Aneignungsphase hast du die Lewis-Schreibweise kennengelernt.

Benenne die Bestandteile der Lewis-Schreibweise für das Element Fluor!



Welche Lewis-Schreibweise ist korrekt? Kreuze an und begründe. Nimm dein Periodensystem zur Hilfe.



e) Notiere die Lewis-Schreibweise für die ersten vier Elemente des Periodensystems.

H

He

Li

Be

f) Nenne zwei Informationen, die du aus der Lewis-Schreibweise über ein Element ablesen kannst.

g) Welche Informationen über ein Element kann die Lewis-Schreibweise **nicht** liefern?

3.A Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem

**Aufgabe 3:**

Aus der Aneignungsphase kennst du bereits das Periodensystem der Elemente (PSE). In dieser Aufgabe sollst du nun das PSE auf eine neue Art und Weise kennen lernen – als ein buntes PSE.

Finde dich dazu mit einem Mitschüler oder einer Mitschülerin zusammen, der / die ebenfalls dieses Arbeitsblatt bearbeitet.

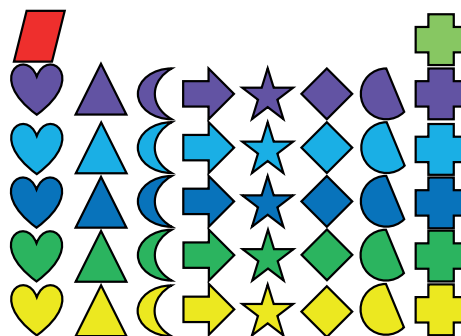


Abbildung 7: Buntes PSE-Modell

- Beschreibt genau, wie die Formen und Farben im PSE angeordnet sind.
- Vergleicht dieses PSE mit eurem selbst gebastelten Periodensystem aus Papier.
 - Wofür stehen die Farbe und die Form?
 - Welche Zusammenhänge eures Periodensystems aus Papier lassen sich durch dieses PSE verdeutlichen?
- In Tabelle 1 seht ihr verschiedene Aussagen zu den Elementen. Kreuzt an, welches der beiden Periodensysteme die jeweilige Aussage stützt.

Tabelle 1: Aussagen zu den Elementen des PSE

Aussage	Buntes Periodensystem	Gebasteltes Periodensystem
„Wasserstoff hat andere chemische Eigenschaften als die anderen Elemente der ersten Hauptgruppe.“		
„Atome eines Elements bestehen unter anderem aus Elektronen.“		
„Die Elemente der zweiten Hauptgruppe haben ähnliche chemische Eigenschaften.“		
„Je höher die Periode ist, desto größer ist das Atom.“		
„Die Zahl der Elektronen nimmt innerhalb einer Periode von links nach rechts zu.“		
„Helium hat ähnliche chemische Eigenschaften wie die anderen Elemente der achten Hauptgruppe.“		



Vergleiche abschließend deine Ergebnisse mit der Musterlösung. Wenn du einen Fehler findest, dann verbessere ihn in deinen Unterlagen.



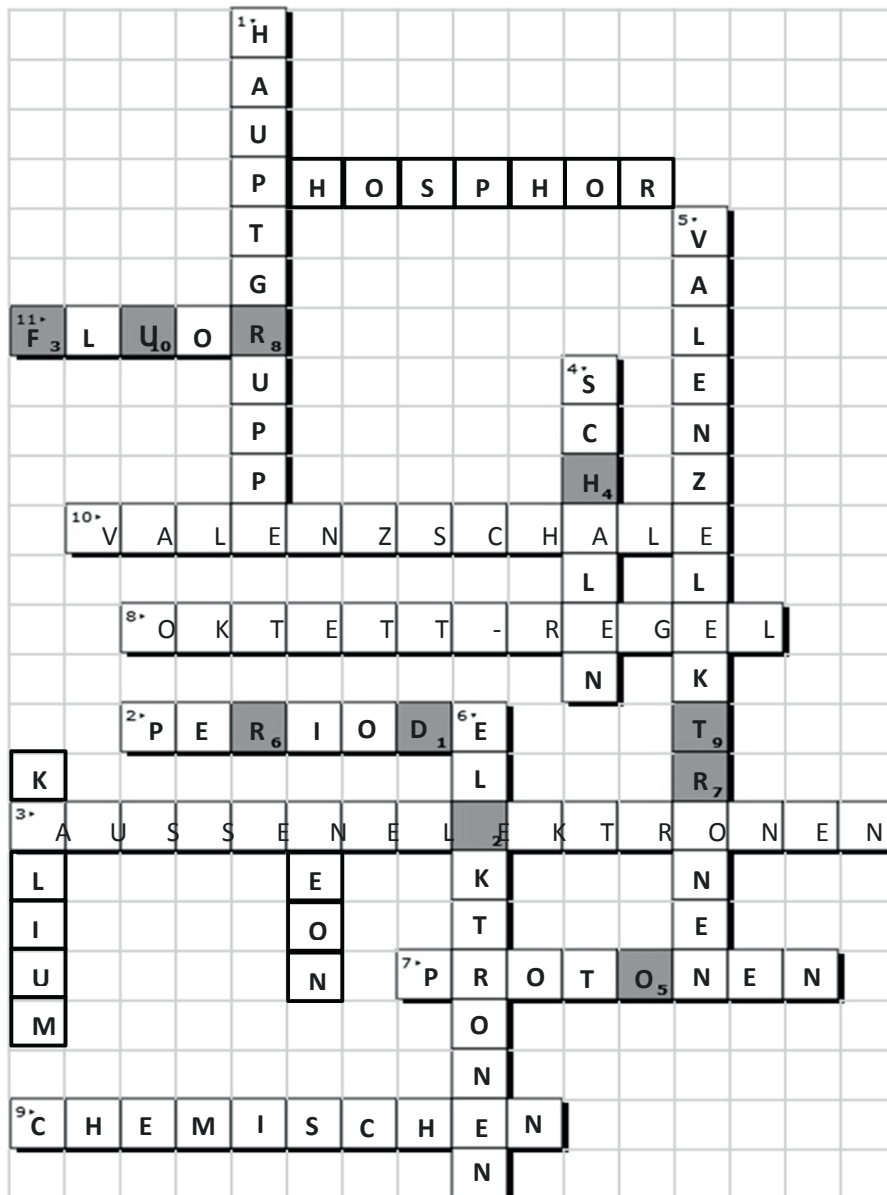
AB 5: Kreuzworträtsel zum Periodensystem

Lösungen

Aufgabe 1:

a) b) c)

RUTHERFORD



Fragen:

3. Wie nennt man die Elektronen auf der äußersten Schale?
8. Wie heißt die Regel, die besagt, dass Elemente mit 8 Valenzelektronen besonders stabil sind?
10. Wie wird die äußerste Schale eines Atoms auch genannt?

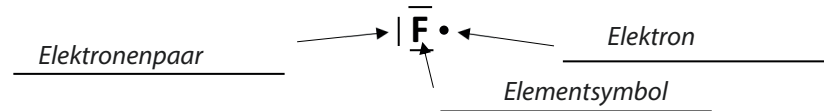
3.A Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem



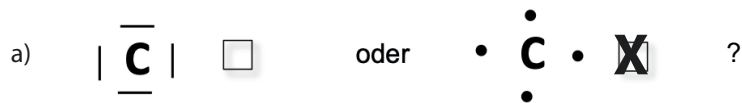
Aufgabe 2:

In der Aneignungsphase hast du die Lewis-Schreibweise kennengelernt.

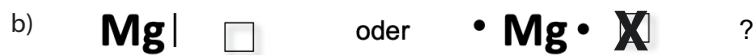
Benenne die Bestandteile der Lewis-Schreibweise für das Element Fluor!



Welche Lewis-Schreibweise ist korrekt? Kreuze an und begründe. Nimm dein Periodensystem zur Hilfe.

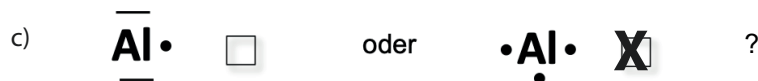


Kohlenstoff steht in der 4. Hauptgruppe und hat damit vier Valenzelektronen.

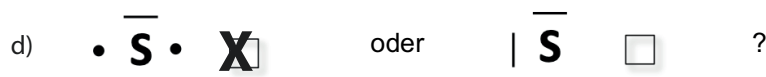


Magnesium steht in der 2. Hauptgruppe und hat damit zwei Valenzelektronen.

Da es nicht mehr als vier Elektronen sind, werden sie nicht zusammengefasst.



Aluminium steht in der 3. Hauptgruppe und hat daher drei Valenzelektronen.



Schwefel steht in der 6. Hauptgruppe und hat damit sechs Valenzelektronen.

Jeweils zwei Elektronen werden zu einem Strich zusammengefasst, zwei stehen alleine.

e) Notiere die Lewis-Schreibweise für die ersten vier Elemente des Periodensystems.



f) 1. Die Anzahl der Außenelektronen kann abgelesen werden.

2. Es ist ersichtlich, um welches Element es sich handelt.

g) Die Anzahl der Schalen wird durch die Lewis-Schreibweise nicht geliefert. Außerdem kann man die Protonen- und Massenzahl nicht ablesen.

**Aufgabe 3:**

- a) Die bunten Karten sind nach den Kriterien „Farbe“ und „Form“ angeordnet. Die Farbe bleibt innerhalb einer Periode gleich, allerdings unterscheidet sich die verwendete Form. Innerhalb der Hauptgruppen bleibt die Form gleich und die Farbe ändert sich von Periode zu Periode. Eine Ausnahme ist die Form, die für das Wasserstoffatom in der ersten Hauptgruppe verwendet wurde.
- b) Die Farbe steht für die gleiche Anzahl an Schalen innerhalb einer Periode. Die Form steht für die gleichen Eigenschaften innerhalb einer Hauptgruppe. Die Form in der ersten Hauptgruppe fällt aus der Reihe, weil Wasserstoff andere Eigenschaften als die anderen Elemente der ersten Hauptgruppe hat.

c)

Aussage	Buntes Periodensystem	Gebasteltes Periodensystem
„Wasserstoff hat andere chemische Eigenschaften als die anderen Elemente der ersten Hauptgruppe.“	X	
„Atome eines Elements bestehen unter anderem aus Elektronen.“		X
„Die Elemente der zweiten Hauptgruppe haben ähnliche chemische Eigenschaften.“	X	(X)
„Je höher die Periode ist, desto größer ist das Atom.“		X
„Die Zahl der Elektronen nimmt innerhalb einer Periode von links nach rechts zu.“		X
„Helium hat ähnliche chemische Eigenschaften wie die anderen Elemente der achten Hauptgruppe.“	X	



AB 6: Schwarzer-Peter-Spiel zum Periodensystem



Bevor du mit den Aufgaben beginnst, denke daran, dir ein Ziel zu setzen, das du mithilfe dieses Arbeitsblattes erreichen willst. Vielleicht helfen dir dabei ja Fähigkeiten aus dem Selbsteinschätzungsbogen.

Aufgabe 1:

Findet euch zu fünft zusammen. Lest die Spielanleitung aufmerksam und bis zum Ende durch, bevor ihr mit dem Spiel beginnt.

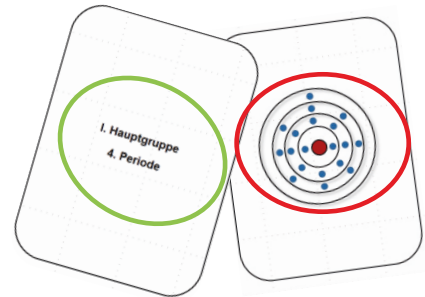
Ziel des Spiels:

Jeder Spieler versucht, durch das Ziehen von Karten so viele Pärchen wie möglich zu bekommen. Wer am Ende die Karte „Schwarzer Peter“ in der Hand hält, hat das Spiel verloren und muss die Aufgabe auf der Karte erfüllen.

Spielanleitung:

1. Findet euch in Spielgruppen von fünf Spielern zusammen.
2. Mischt die 25 Karten durch und verteilt sie gleichmäßig auf alle Spieler.
3. Jeder Spieler kontrolliert, ob er nach der Verteilung der Karten bereits Pärchen auf der Hand hat. Diese darf er vor sich auf den Tisch legen.

Pärchen: Jedes Karten-Pärchen besteht aus einer Karte mit einem **Schalenmodell** und einer Karte, die eine Angabe über die **Position** des Elements im PSE enthält. Das Schalenmodell und die Positionsangabe müssen zum selben Element gehören.



4. Der Spieler mit den meisten Karten auf der Hand darf beginnen und von einem beliebigen Mitspieler verdeckt eine Karte ziehen. Erhält er dadurch ein weiteres Pärchen, darf er auch dieses vor sich auf den Tisch legen. Ergibt sich kein Pärchen, muss er die gezogene Karte zu den anderen Karten in die Hand nehmen.
5. Der Mitspieler, bei dem die Karte gezogen wurde, ist als nächstes dran und darf bei einem Mitspieler seiner Wahl eine Karte ziehen.
6. Wer am Ende nur noch den Schwarzen Peter in der Hand hat, verliert das Spiel.

3.B Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem

Aufgabe 2:

Nimm nach Beendigung des Spiels von fünf Pärchen deiner Wahl die Karte mit der Positionsangabe und finde mithilfe deines Periodensystems die dazugehörigen Elementnamen.

Trage die Position und den Elementnamen in folgende Tabelle ein:

Position im PSE		Elementname
Hauptgruppe	Periode	

Aufgabe 3:

Aus der Aneignungsphase kennst du bereits das Periodensystem der Elemente (PSE). In dieser Aufgabe sollst du nun das PSE auf eine neue Art und Weise kennen lernen – als ein buntes PSE.

Finde dich dazu mit einem Mitschüler oder einer Mitschülerin zusammen, der / die ebenfalls dieses Arbeitsblatt bearbeitet.

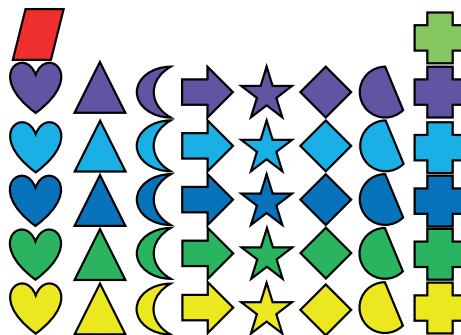


Abbildung 8: Buntes PSE-Modell

- Beschreibt genau, wie die Formen und Farben im PSE angeordnet sind.
- Vergleicht dieses PSE mit eurem gebastelten Periodensystem aus Papier. Notiert euch Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Modelle?
- Begründet, wie die Unterschiede der beiden PSEs zustande kommen.

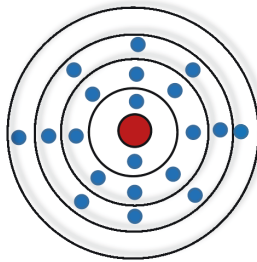
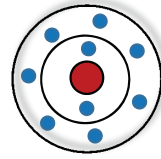


Überprüfe, ob du dein Ziel, das du dir am Anfang gesetzt hast, erreichen konntest, indem du z.B. deine Lösungen mit der Musterlösung vergleichst.



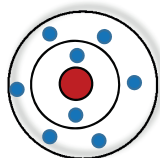
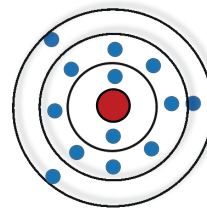
Wenn du noch Fehler findest, denk daran, sie in deinen Unterlagen zu verbessern.

II. Haupt-
gruppe
4. Periode



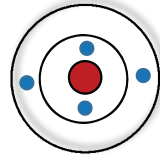
VII. Haupt-
gruppe
2. Periode

VI. Hauptgruppe
2. Periode

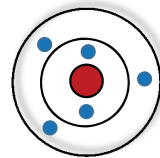


III. Haupt-
gruppe
3. Periode

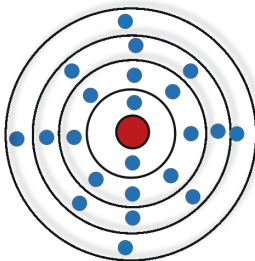
VIII. Hauptgruppe
1. Periode



II. Hauptgruppe
2. Periode



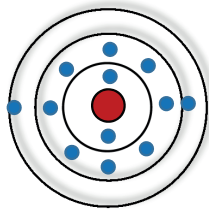
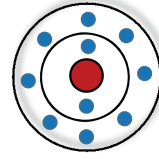
IV. Hauptgruppe
4. Periode



III. Hauptgruppe
2. Periode

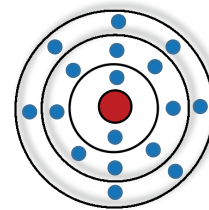
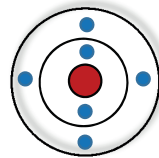


II. Hauptgruppe
3. Periode



VIII. Haupt-
gruppe
2. Periode

VII. Hauptgruppe
3. Periode



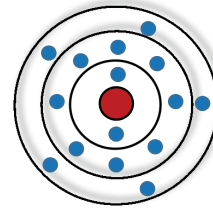
IV. Hauptgruppe
2. Periode

Schwarzer Peter

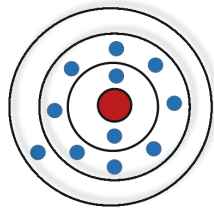
Wenn Du diese Karte am
Ende des Spiels in der
Hand hältst, erfülle fol-
gende Aufgabe:

Suche aus den Spielkarten
ein Schalenmodell heraus,
das ein Edelgas darstellt.
Erkläre deinen Mitspielern,
welche Eigenschaften ein
Element haben muss, um
ein Edelgas zu sein.

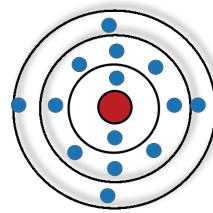
I. Hauptgruppe
3. Periode



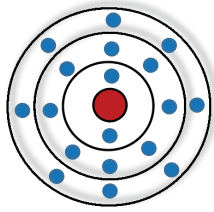
V. Hauptgruppe
3. Periode



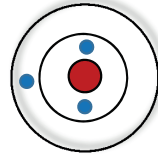
VIII. Hauptgruppe
3. Periode



IV. Hauptgruppe
3. Periode



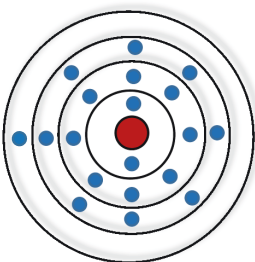
I. Hauptgruppe
1. Periode



I. Hauptgruppe
2. Periode



I. Hauptgruppe
4. Periode



V. Hauptgruppe
2. Periode



AB 6: Schwarzer-Peter-Spiel zum Periodensystem

Lösungen

Aufgabe 2:

Individuelle Lösung

Aufgabe 3:

- a) Die bunten Karten sind nach den Kriterien „Farbe“ und „Form“ angeordnet. Die Farbe bleibt innerhalb einer Periode gleich, allerdings unterscheidet sich die verwendete Form. Innerhalb der Hauptgruppen bleibt die Form gleich und die Farbe ändert sich von Periode zu Periode. Eine Ausnahme ist die Form, die für das Wasserstoffatom in der ersten Hauptgruppe verwendet wurde.
- b) Gemeinsamkeiten: Die Hauptgruppen und Perioden sowie die Elementsymbole sind bei beiden Periodensystemen zu erkennen. Man kann erkennen, dass es innerhalb der Hauptgruppen und Perioden Gemeinsamkeiten zwischen den Elementen gibt.

Unterschiede: Man kann nur beim gebastelten Periodensystem sehen, welche Gemeinsamkeiten es im Atombau innerhalb von Hauptgruppen und Perioden gibt. Das bunte Periodensystem kann nur zeigen, dass es Gemeinsamkeiten gibt, man erkennt jedoch nicht, worin diese Gemeinsamkeiten bestehen. Die Sonderstellung von Wasserstoff (chem. Eigenschaften) ist nur im bunten Periodensystem zu sehen, dafür zeigt das gebastelte Periodensystem die Besonderheit im Aufbau des Heliumatoms. Im bunten Periodensystem sind weder Elektronen noch Schalen zu sehen. Außerdem gibt es keine Auskunft über Größe und Ordnungszahl der Atome.

- c) Die Unterschiede in den Periodensystemen entstehen dadurch, dass bei der Konstruktion unterschiedliche Annahmen zugrunde gelegt wurden. Beim bunten Periodensystem wurden die ähnlichen Eigenschaften der Elemente innerhalb einer Hauptgruppe fokussiert. Diese wurden mit der gleichen Form innerhalb der Hauptgruppen dargestellt. Innerhalb der Perioden wird durch die gleiche Farbe gezeigt, dass Elemente innerhalb der Perioden ähnliche Eigenschaften haben, welche dies jedoch sind, kann nicht gezeigt werden. Beim gebastelten Periodensystem wird der Schwerpunkt auf den Atombau gelegt. Die gemeinsamen chemischen Eigenschaften sind nur über die Valenzelektronen erkennbar. Dafür muss man den Aufbau der Atome nachvollziehen und die Gemeinsamkeiten und Unterschiede erkennen.



AB 7: Modelldarstellungen des Periodensystems



Bevor du mit den Aufgaben beginnst, denke daran, dir ein Ziel zu setzen, das du mithilfe dieses Arbeitsblattes erreichen willst. Vielleicht helfen dir dabei die Fähigkeiten aus dem Selbsteinschätzungsbogen.

Aufgabe 1:

Aus der Aneignungsphase kennst du bereits das Periodensystem der Elemente (PSE). In dieser Aufgabe sollst du nun das PSE auf eine neue Art und Weise kennen lernen – als buntes Karten-PSE.

Finde dich dazu mit einem Mitschüler oder einer Mitschülerin zusammen, der / die ebenfalls dieses Arbeitsblatt bearbeitet.

Als Materialien benötigt ihr einen Beutel mit bunten Karten. Die Materialien sind mit dem Symbol und der Nummerierung aus der Kopfzeile dieses Arbeitsblattes versehen.

Stellt euch vor, dass sich in der Tüte mit den bunten Karten chemische Elemente befinden, wie sie euch aus dem PSE bekannt sind. Sortiert die Karten nach ihren Eigenschaften.

- Ordnet sie so an, dass Karten mit ähnlichen Eigenschaften nebeneinander- bzw. untereinanderliegen.
- Beschreibt, welche Annahmen über die Elemente zur Entwicklung des bunten Karten-PSEs geführt haben.
- Franziska und Frederik haben im Unterricht ebenfalls das bunte Karten-Periodensystem gebastelt. Sie denken über die Darstellung von Wasserstoff und Helium nach. Franziska wundert sich: „Warum nimmt Wasserstoff im Vergleich zu Helium eine Sonderstellung im Modell ein? Müsste es nicht andersherum sein, da die Valenzelektronenzahl von Helium nicht mit der Valenzelektronenzahl der anderen Elemente seiner Hauptgruppe übereinstimmt?“ Nehmt Stellung zu dieser Aussage!

Aufgabe 2:

Franziska und Frederik unterhalten sich nach der Stunde über das bunte Karten-PSE. Stimmt ihr ihren Aussagen zu? Begründet.

Das bunte Karten-PSE ist kein richtiges Periodensystem!



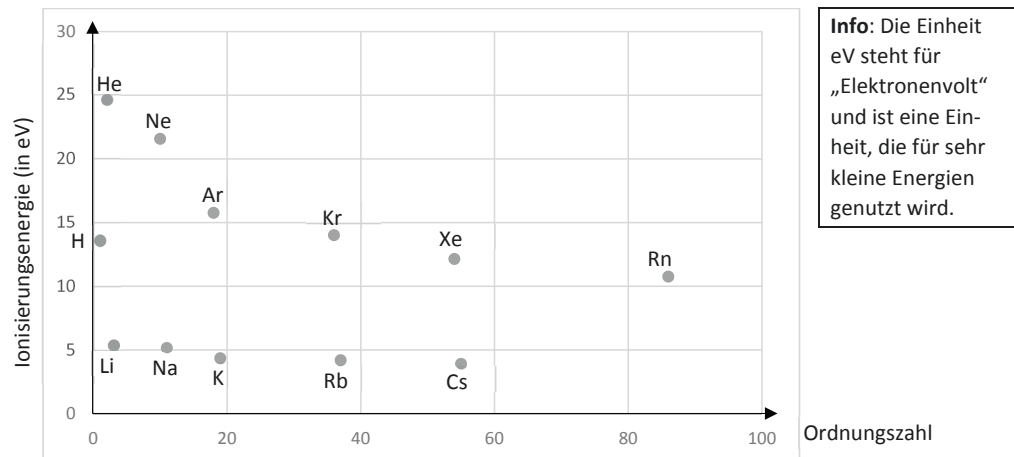
Das bunte Karten-PSE enthält viel mehr Informationen über die Elemente als das PSE, das wir in der Aneignungsphase gebastelt haben!

3.C Individuelle Übung Schalenmodell/Periodensystem



Aufgabe 3:

Erinnert euch an die Ionisierungsenergie, die ihr im vorherigen Milestone kennengelernt habt. Von der „1. Ionisierungsenergie“ spricht man, wenn man lediglich die Ionisierungsenergie des am weitesten vom Kern entfernten Elektrons meint. Im folgenden Diagramm sind die 1. Ionisierungsenergien der Elemente der ersten und der achten Hauptgruppe aufgetragen.



- Lest den Messwert, der zu Natrium gehört, möglichst genau ab und beschreibt, was dieser Messwert bedeutet.
- Verbindet diejenigen Werte miteinander, die zu Elementen **derselben Periode** gehören. Was fällt euch auf?
- In der nachstehenden Tabelle sind weitere 1. Ionisierungsenergien verschiedener Elemente aufgeführt. Tragt die Werte in das obenstehende Diagramm ein. Beschreibt eure Beobachtung.

Name	Elementsymbol	Ordnungszahl	1. Ionisierungsenergie
Stickstoff	N	7	14,534 eV
Phosphor	P	15	10,486 eV
Chlor	Cl	17	12,967 eV

- Welche Gesetzmäßigkeiten innerhalb einer Periode bzw. einer Hauptgruppe könnt ihr feststellen? Schreibt einen kurzen Text, in dem ihr diese beschreibt und erklärt, wie es zu dieser Gesetzmäßigkeit kommt.

**Aufgabe 4:**

Abbildung 2 stellt das Element Bor auf verschiedene Weise dar.

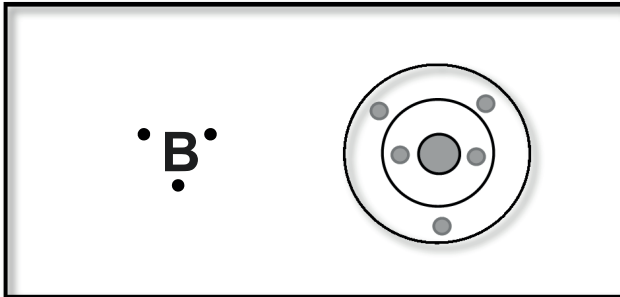


Abbildung 9: Zwei Darstellungsformen von Bor

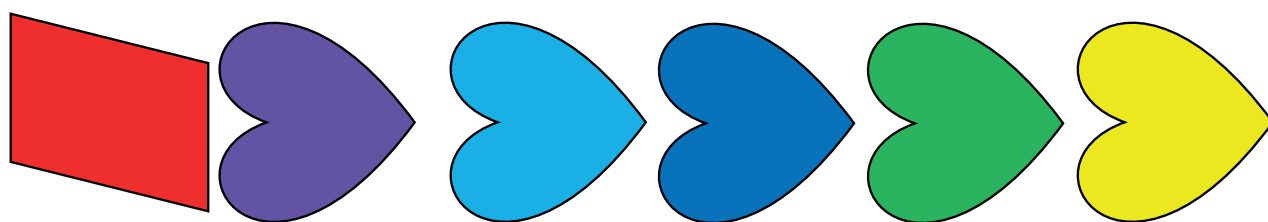
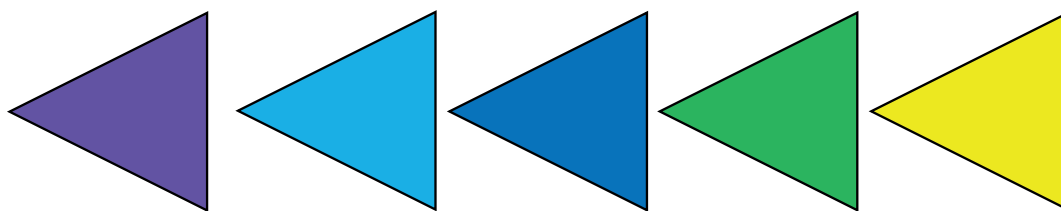
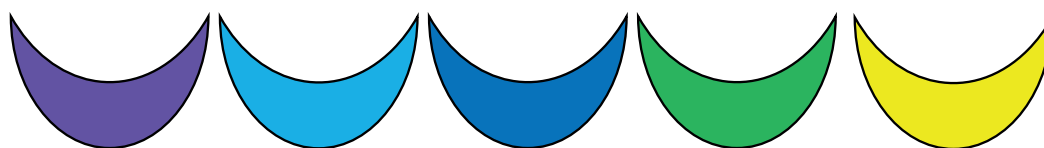
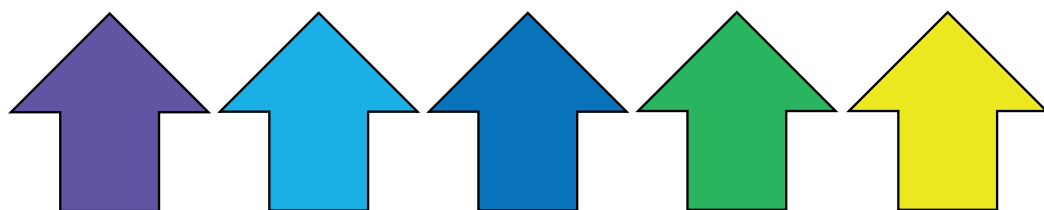
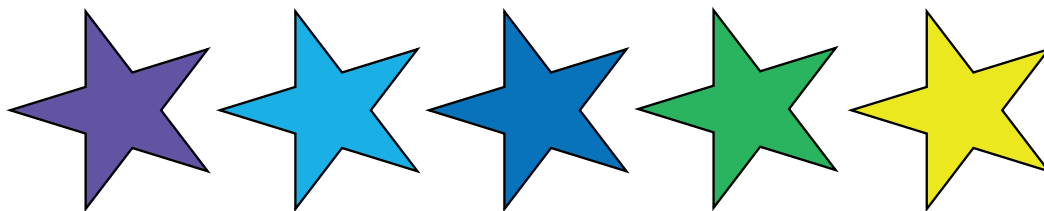
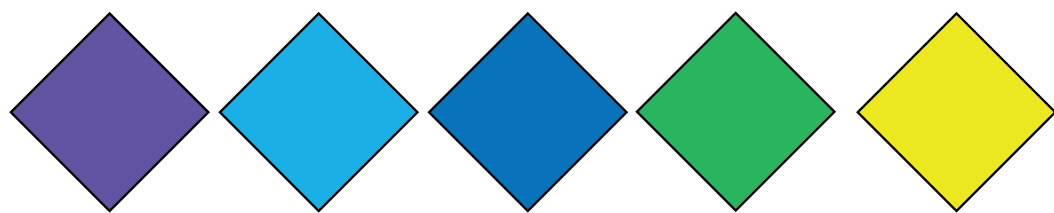
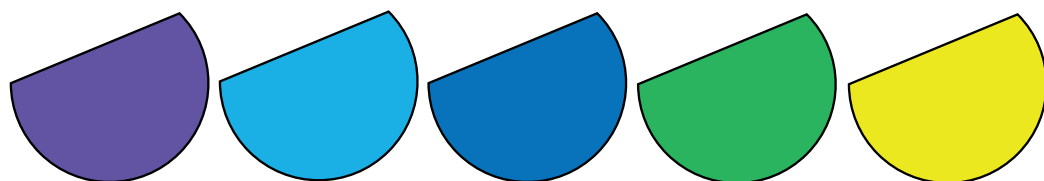
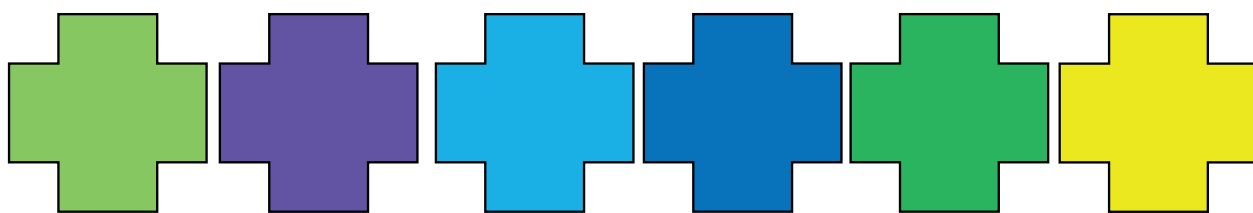
- Benennt die beiden Darstellungsformen!
- Begründet, warum es diese verschiedenen Darstellungsweisen gibt, indem ihr euch überlegt, zu welchem Zweck sie jeweils verwendet werden können.



Überprüfe, ob du dein Ziel, das du dir am Anfang gesetzt hast, erreichen konntest, indem du z. B. deine Lösungen mit der Musterlösung vergleichst.



Wenn du noch Fehler findest, denke daran, sie in deinen Unterlagen zu verbessern.



Das Süßigkeiten-PSE							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1							
2							
3							
4							
5							

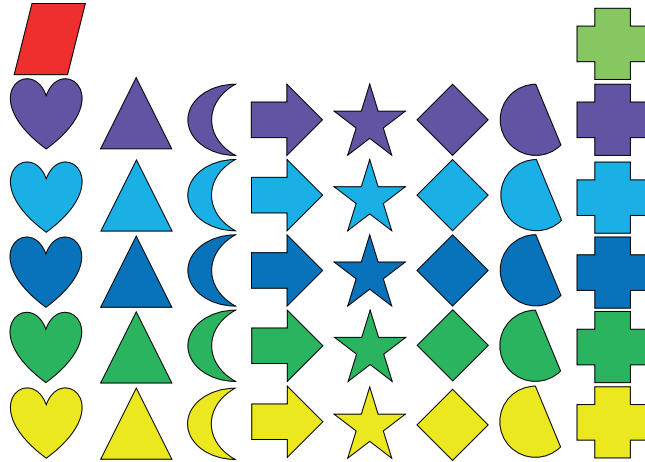


AB 7: Modelldarstellungen des Periodensystems

Lösungen

Aufgabe 1:

a)



- b) Innerhalb einer Hauptgruppe sind die chemischen Eigenschaften der Elemente ähnlich, dafür stehen die Formen. Das basiert letztendlich auf der gleichen Zahl von Valenzelektronen innerhalb der Hauptgruppen. Innerhalb der Perioden bleibt die Schalenzahl gleich, die Farbe der Formen steht für diese Gemeinsamkeit. Die Sonderstellung des Wasserstoffs bezieht sich auf die chemischen Eigenschaften und nicht auf die Valenzelektronenzahl, daher wird hier eine andere Form verwendet als bei den anderen Elementen der ersten Hauptgruppe.
- c) Das Schalenmodell des Helium-Atoms hat einen anderen Aufbau als die übrigen Elemente seiner Hauptgruppe. Da die Oktett-Regel aber trotzdem erfüllt ist, hat Helium dieselben chemischen Eigenschaften wie die anderen Elemente seiner Hauptgruppe. Da nur die Eigenschaften im Modell berücksichtigt werden, bekommt Helium dieselbe Form wie die anderen Elemente der 8. Hauptgruppe.

Aufgabe 2:

Bei Franziskas Aussage muss man sich überlegen, was ein „echtes Periodensystem“ ist. Im bunten Periodensystem werden die Elemente systematisch nach einem bestimmten Kriterium, den chemischen Eigenschaften, geordnet. So gesehen, handelt es sich beim bunten Periodensystem auch um ein echtes Periodensystem. Darüber hinaus enthält es aber kaum weitere Informationen über die Elemente.

Frederiks Aussage muss man widersprechen, da das bunte Karten-Periodensystem lediglich Informationen über gemeinsame Eigenschaften enthält. Das gebastelte Periodensystem enthält diese Information ebenfalls, wenn auch indirekt über die Zahl der Valenzelektronen. Darüber hinaus enthält es auch weitere Informationen, wie die Elektronenzahl, die Ordnungszahl, die Valenzelektronenzahl, ...

3.C Transfer

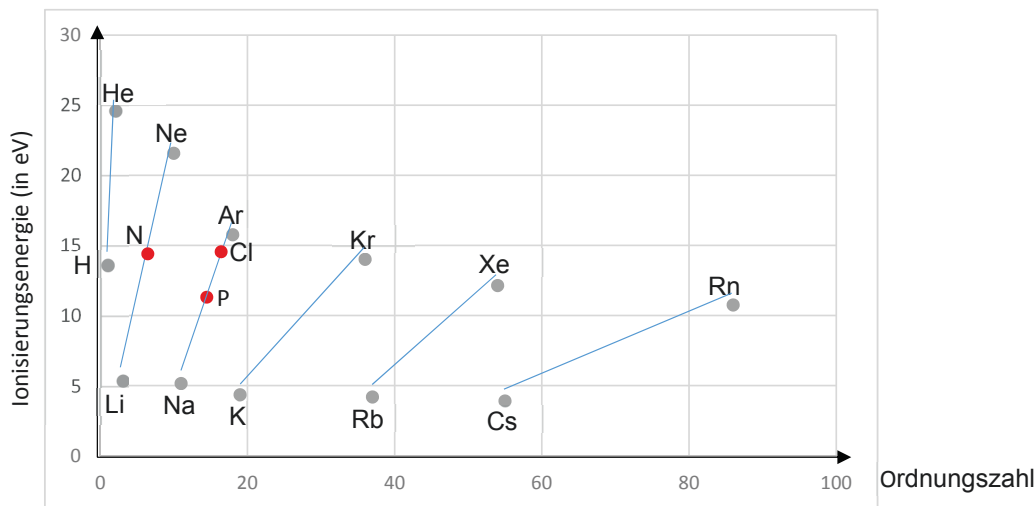
Schalenmodell/Periodensystem



Aufgabe 3:

- c) Der Messwert, der zu Natrium (Ordnungszahl: 11) gehört, lautet: 5,139 eV. Dieser Wert steht für die erste Ionisierungsenergie des Natrium-Atoms und somit für die Energie, die aufgewendet werden muss, um das erste Elektron aus der Atomhülle zu entfernen.
- d) Verbindet man diejenigen Werte miteinander, die zu Elementen derselben Periode gehören, fällt auf, dass die Ionisierungsenergie innerhalb der Periode von links nach rechts zunimmt. Zudem ist zu beobachten, dass die Ionisierungsenergie innerhalb einer Hauptgruppe von oben nach unten abnimmt.

e)



Trägt man die Werte in das Diagramm ein, so fällt auf, dass die Punkte auf den Verbindungslinien der Elemente einer Periode liegen. Es liegt nahe zu vermuten, dass die Ionisierungsenergien der Elemente der 2. bis 7. Hauptgruppe zwischen denen der 1. und 8. Hauptgruppe liegen.

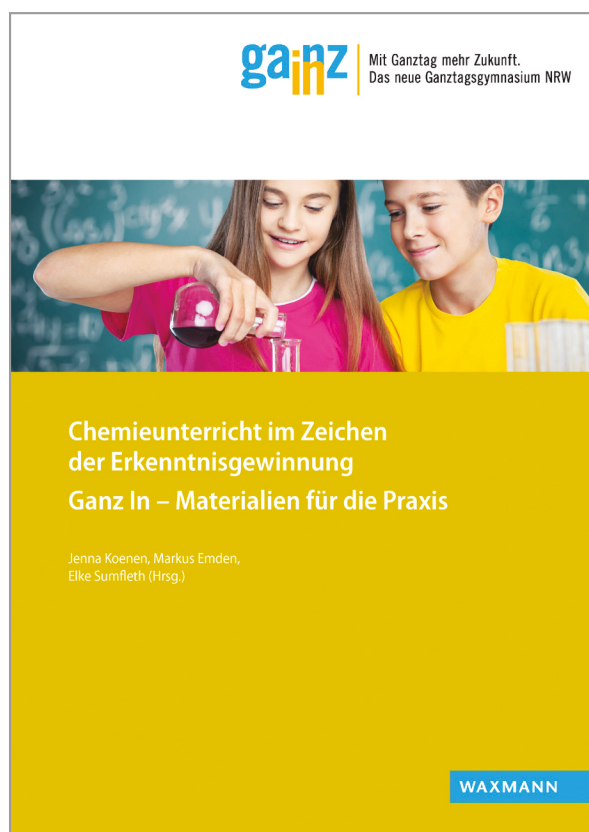
- f) Innerhalb einer Periode **nimmt** die Ionisierungsenergie **von links nach rechts zu**. Das liegt daran, dass die Zahl der Valenzelektronen von links nach rechts zunimmt, wodurch die Außenschale stärker vom Kern angezogen wird und diesem dadurch näher ist. Durch die hohe Anziehungskraft ist es folglich schwieriger, ein Elektron aus der Atomhülle zu entfernen, wodurch die Ionisierungsenergie mit steigender Anzahl an Valenzelektronen und somit von links nach rechts innerhalb einer Periode zunimmt.

Bei den Elementen, deren Außenschale komplett gefüllt ist (8. Hauptgruppe), ist die Ionisierungsenergie der einzelnen Elektronen besonders hoch. Das Entfernen eines Elektrons wird damit zunehmend unwahrscheinlicher und die Schale bleibt stabil.

Eine weitere Gesetzmäßigkeit besteht darin, dass die Ionisierungsenergie innerhalb einer Hauptgruppe **von oben nach unten abnimmt**. Dies hat mit der Anzahl der Schalen zu tun. Je weiter unten in einer Hauptgruppe ein Element steht, desto mehr Schalen besitzt das dazugehörige Atom. Die jeweiligen Valenzelektronen sind dadurch weiter vom Kern entfernt, weshalb sie leichter aus der Atomhülle entfernt werden können und die Ionisierungsenergie geringer ist.

**Aufgabe 4:**

- g) Links: Lewis-Schreibweise; rechts: Schalenmodell
- h) Die Lewis-Schreibweise ist kurz und kann schnell erstellt werden. Daher eignet sie sich, wenn man eine schnelle Information über das Element und seine Eigenschaften benötigt. Das Schalenmodell ist aufwendiger und liefert genauere Informationen über den Aufbau des Atoms und seine Position im Periodensystem. Um welches Element es sich handelt, kann man aber nicht direkt erkennen.



Jenna Koenen, Markus Emden,
Elke Sumfleth (Hrsg.)

Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung

2016, *Ganz In – Materialien für die Praxis*, 106 Seiten, br., 24,90 €,
ISBN 978-3-8309-3447-9

E-Book: Open Access

Chemieunterricht benötigt auch im Ganztag wirkungsvolle Wege, um Schülerinnen und Schülern im Bereich der Erkenntnisgewinnung zu helfen, den Weg von der Fragestellung bis hin zur Schlussfolgerung erfolgreich zu gehen. Dieses Heft gibt daher Impulse zur Gestaltung unterschiedlich offener Experimentiersituationen, die an die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler angepasst sind. Die Spannbreite reicht von vollständig offenen Situationen, über die Nutzung von Hilfekarten bis hin zum Einsatz von Lösungsbeispielen als geschlossenes Format im Sinne einer Musterlösung. Dieser Band hält aber auch Hinweise für die eigene Gestaltung und Adaption solcher Lernmaterialien bereit, da in den seltensten Fällen bereits vorhandenes Material vollständig und ohne Änderungen übernommen werden kann.





Markus Emden, Jenna Koenen,
Elke Sumfleth (Hrsg.)

Chemieunterricht im Zeichen von Diagnostik und Förderung

2015, Ganz In – Materialien für die
Praxis, 124 Seiten, br., 24,90 €,
ISBN 978-3-8309-3314-4

E-Book: Open Access

Chemieunterricht benötigt im Ganztag wirkungsvolle Methoden der Diagnose und Förderung, um als Fach mit geringem Stundenumfang Schülerinnen und Schüler möglichst effektiv in ihrem Lernen unterstützen zu können. Ängste und Vorbehalte gegenüber formalistischen Diagnosetests und dem vermeintlichen Mehraufwand individualisierender Förderung sind einer verengenden Betrachtung des Feldes geschuldet. Denn es bietet sich schon heute im Regelunterricht viel Potenzial zur informellen Diagnose und für niederschwellige Förderangebote. Dieser Band gibt Impulse, wie dies auch in Unterrichtsroutinen integriert werden kann. Dabei schlägt er vor, Diagnose und Förderung als kontinuierliche Praxis des Chemieunterrichts zu verstehen, in der sich beide Aspekte stets aufeinander beziehen. Denn sicher ist: Eine Förderung in Chemie ist ohne Kenntnis der Lernpotenziale und -schwierigkeiten unmöglich; eine Diagnose der Probleme und Chancen, der keine angemessenen Lernanlässe folgen, ist wenig zielführend.

