

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Chemische Konzepte (Chemische Bindungen, Säuren & Basen
und Thermodynamik) als Problemlagen im Übergang von
Schule zu Studium – eine Befragung von
Studienanfänger*innen der Chemie

verfasst von | submitted by
Stefanie Wurzer BEd

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

Wien | Vienna, 2024

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

UA 199 502 504 02

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

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Biologie und Umweltbildung Unterrichtsfach
Chemie

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton

Danksagung

Ein großes Dankeschön geht an:

Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton für die Betreuung meiner Masterarbeit, für die konstruktive und kompetente Unterstützung während des gesamten Arbeitsprozesses sowie für all die Begegnungen während des Studiums. Danke, dass Sie mir und anderen Lehramt-Studierenden auf dem Weg so wertschätzend und stärkend gegenüberreten.

meinen Studienkollegen, Lukas Zankl, den mir der Zufall in den einführenden Laborübungen als Partner zur Seite gestellt hat und der seither ein treuer Begleiter und Freund ist. Danke für die großartige Unterstützung.

Univ.-Prof. Dr. Peter Lieberzeit für die Ermöglichung der Durchführung der Umfrage während seiner Lehrveranstaltung. Ebenso vielen Dank an alle Studierende und Schüler*innen für die Teilnahme an den Umfragen.

meinen Partner, Manuel Wolkowitsch, für die Geduld, Wertschätzung und emotionale und technische Unterstützung, vor allem in der Abschlussphase meines Studiums.

meine Familie für die Unterstützung nicht nur im Studium sondern in allen Lebenslagen.

meine Freund*innen und Arbeitskolleg*innen für die Rücksichtnahme besonders in der turbulenten und stressigen Abschlussphase.

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Wien, 2024

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel „Chemische Konzepte (Chemische Bindungen, Säuren & Basen und Thermodynamik) als Problemlagen im Übergang von Schule zu Studium – eine Befragung von Studienanfänger*innen der Chemie“ erforscht die Schwierigkeiten beim Übergang von Schule auf Studium in Bezug auf die drei chemischen Fachinhalte Chemische Bindungen, Säuren & Basen sowie Thermodynamik. Sie thematisiert die Diskrepanz zwischen dem Wissen, das Schüler*innen aus der Schule mitbringen, und dem Wissen, das Universitäten zu Studienbeginn von ihren Studierenden verlangt. Ziel ist es, die fachlichen Vorstellungen von Studierenden des ersten Semesters zu erheben und einen Ausblick zur fachdidaktischen Bearbeitung dieser zu geben. Im Theorieteil wird zuerst ein allgemeiner Einblick in die Chemie-Fachdidaktik gegeben, gefolgt von den fachdidaktischen Hintergründen der jeweiligen Themengebiete. Dabei werden auch der Lehrplanbezug sowie gängige Präkonzepte erläutert. Der empirische Teil besteht aus einer Pilotumfrage, an welcher 57 Schüler*innen der 7. und 8. Klasse (11. und 12. Schulstufe) aus zwei Wiener Schulen teilgenommen haben sowie der Hauptumfrage, bei welcher Daten von 211 Chemie-Student*innen des ersten Semesters der Universität Wien erhoben werden konnten. Neben Aussagen, die von den Teilnehmer*innen als richtig oder falsch zu bewerten waren, wurden auch die subjektiv empfundene Sicherheit zur jeweiligen Aufgabe mithilfe einer vierteiligen Likert-Skala erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass auch bei den Studienanfänger*innen der Chemie einige Präkonzepte bestehen und die Student*innen oftmals Schwierigkeiten in der Anwendung chemischen Wissens haben. Es bedarf daher Hilfestellungen sowohl seitens der Schule als auch seitens der Universität, um den Übergang von Schule zu Studium zu erleichtern und die Defizite im Chemie-Verständnis zu verringern.

Abstract

This master's thesis, titled "Chemical Concepts (Chemical Bonds, Acids & Bases, and Thermodynamics) as Problematic Issue in the transition from School to University – A Survey of First-Year Chemistry Students," investigates the difficulties in the transition from school to university in relation to three chemical subject areas: chemical bonds, acids & bases, and thermodynamics. It addresses the discrepancy between the knowledge that students bring from school and the knowledge that universities require from their students at the beginning of their studies. The aim is to assess the subject-specific conceptions of first-semester students and provide an outlook for didactic processing of these conceptions. The theoretical part first provides a general insight into chemistry didactics, followed by the didactic backgrounds of the respective subject areas. The relation to the curriculum and common preconceptions are also explained. The empirical part consists of a pilot survey, in which 57 students from the 7th and 8th grades (11th and 12th school years) from two Viennese schools participated, as well as the main survey, in which data from 211 first-semester chemistry students at the University of Vienna were collected. In addition to statements that participants had to evaluate as true or false, the subjectively perceived certainty for each task was also assessed using a four-part Likert scale. The results show that even among first-year chemistry students, some preconceptions exist, and students often have difficulties in applying chemical knowledge. Therefore, assistance is needed from both schools and universities to facilitate the transition from school to university and reduce deficits in understanding chemistry.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Begründung der Themenwahl.....	1
1.2 Zielsetzung und Relevanz.....	3
1.3 Forschungsfrage und Hypothese.....	5
2 Theorieteil.....	6
2.1 Chemische Bindungen.....	12
2.1.1 Fachdidaktischer Hintergrund.....	12
2.2 Säuren und Basen	16
2.2.1 Fachdidaktischer Hintergrund.....	16
2.3 Thermodynamik	19
2.3.1 Fachdidaktischer Hintergrund.....	19
3 Empirischer Teil	21
3.1 Material und Methoden	21
3.1.1 Pilotumfrage	21
3.1.2 Hauptumfrage.....	23
3.2 Ergebnisse der Pilotumfrage.....	26
3.3 Ergebnisse der Hauptumfrage	29
3.3.1 Demographische Daten.....	29
3.3.3 Chemische Bindungen	35
3.3.4 Säuren und Basen.....	37
3.3.5 Thermodynamik.....	39
3.3.6 Sicherheiten.....	41
4 Diskussion	47
4.1 Chemische Bindungen.....	48
4.2 Säuren und Basen	49
4.3 Thermodynamik	50

4.4 Sicherheit	51
5 Zusammenfassung und Fazit	52
6 Ausblick	53
7 Literaturverzeichnis	54
8 Abbildungsverzeichnis.....	58
9 Tabellenverzeichnis	59
Anhang	60

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Übergangsschwierigkeiten zwischen Schule und Universität in Bezug auf die drei chemischen Konzepte Chemische Bindungen, Säuren und Basen und Thermodynamik.

1.1 Begründung der Themenwahl

„Der Übergang von der Schule ins Studium unterscheidet sich von vorangegangenen Übergängen der Schullaufbahn (z. B. nach der Grundschule) insofern, als Studienberechtigte die Entscheidung über ihren weiteren Ausbildungsweg weitgehend selbstständig vorbereiten und treffen“ (Daniel & Neumann, 2022, S. 734).

Mit diesem Zitat wird klar, dass der Übergang von einer sekundären zu einer tertiären Bildungseinrichtung eine Wende ist, die im Kontrast zu vergangenen Schritten im Bildungsweg steht. Auch wenn der Übergang von Schule zu Studium laut Daniel & Neumann (2022) vorwiegend selbstbestimmt stattfindet, stellt dieser oftmals eine Herausforderung dar. So gaben bei einer Studie im Jahr 2008 19% der teilnehmenden Studienabbrecher*innen an, dass sie ihr Studium aufgrund institutioneller Gründe abgebrochen haben. Zu den institutionellen Gründen zählen hierbei das System Universität an sich, die Atmosphäre auf der Universität sowie der Aufbau des Studiums (Unger, Wroblewski, Latcheva, Zaussinger, Hofmann & Musik 2009).

Die sogenannte Studieneingangs- und Orientierungsphase *„soll den Studierenden einen Überblick über die wesentlichen Inhalte des jeweiligen Studiums und dessen weiteren Verlauf vermitteln“* (BMBWF, 2023). Doch auch diese führt bei Studienanfänger*innen immer wieder zu Überforderung und einem damit verbundenen Abbruch des Studiums (Unger et al., 2009).

Als Gegenmaßnahme für die Studienrichtung Chemie beschloss Univ.-Prof. Mag. Dr. Peter Lieberzeit gemeinsam mit Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton ein Seminar für Erstsemestrige des Bachelorstudiengangs Chemie sowie des Chemie-Lehramts zu organisieren, in dem den Studierenden eine gesamtheitlichere Betrachtung fachlicher Inhalte nahegelegt werden sollte und ihnen eine gewisse Herangehensweise für chemische Problemstellungen aufgezeigt werden sollte. Einen wichtigen Beitrag zum Erfolg dieses Pilotprojektes sollten Lehramt-Student*innen der Master-Lehrveranstaltung *„Projektseminar Lehren und Lernen im Chemieunterricht“* leisten, indem diese, fachliche Inhalte für die Studierenden des ersten Semesters aufarbeiten

und gemeinsam mit diesen erarbeiten sollten. So wurden unter anderem auch mein Kollege, Lukas Zankl, und ich mit dieser Aufgabe der Vermittlung chemischer Vorgehens- und Denkweisen betraut.

Ausgehend von den subjektiv wahrgenommenen fachlichen Lücken der Studienanfänger*innen, wollte ich im Rahmen der Masterarbeit herausfinden, wo genau die fachlichen Hindernisse beim Übergang von der Schule auf die Universität liegen und einen Ausblick geben, um potenziellen Schwierigkeiten bereits auf Ebene der Schulen oder spätestens vor Antritt des Studiums vorzubeugen.

Gerade als Lehrerin ist mein Interesse daran, Schüler*innen nicht unvorbereitet aus der Schule gehen zu lassen, sondern ihnen grundlegende Konzepte und ein allgemeines Verständnis chemischer Zusammenhänge nahezubringen, groß.

1.2 Zielsetzung und Relevanz

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, die Schwierigkeiten im Übergang zwischen Schule und Universität im Fachbereich Chemie aufzuklären und einen Ausblick zu möglichen Verbesserungen zu erarbeiten. Dafür soll das Wissen von Chemie-Student*innen im ersten Semester sowie deren Sicherheit bei der Beantwortung der Aufgaben zu den drei fachlichen Themenbereichen Chemische Bindungen, Säuren und Basen sowie Thermodynamik erhoben und interpretiert werden.

Die Arbeit soll daher sowohl eine Bereicherung für meine persönliche Laufbahn als Lehrperson als auch eine Chance auf Besserung der derzeitigen Problematik in Bezug auf den Studieneinstieg in der Fachrichtung Chemie darstellen. Des Weiteren sollen die Ergebnisse interessierten Lehrer*innen dienen, um ihren Unterricht an die Schwierigkeiten im Verstehen und Vernetzen chemischer Inhalte anzupassen.

Abseits der oben erläuterten Problematik zur Studienabbruchsrates zeigt auch der Bericht von Hanne Rautenstrauch (2024) eine eher graue Zukunft für die Berufswelt in chemischen Bereichen. Eine Umfrage von rund 1300 Schüler*innen der Sekundarstufe I aus Schleswig-Holstein ergab, dass 66,66 % der Befragten kein Interesse an der Ausübung eines chemiebezogenen Berufs zeigten. Nicht eingroßteilmal ein Zwanzigstel der teilnehmenden Schüler*innen gab an, ein großes (3,45 %) oder sehr großes (0,33 %) Interesse an einem Chemieberuf zu haben. Zudem war der Großteil der Teilnehmer*innen der Meinung, dass die Schule sie wenig (39,90 %) bis gar nicht (35,04 %) auf einen chemiebezogenen Beruf vorbereiten würde. Abschließend betont die Autorin jedoch, dass die Ergebnisse der Befragung in einem Gebiet mit mehr Kontaktpunkten zur chemischen Industrie beziehungsweise der chemischen Berufswelt im Allgemeinen zu anderen Ergebnissen führen könnte. Weitere Umfragen sind hier noch ausständig.

Auch eine Studie des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) bringt besorgniserregende Zahlen. So ergab die Untersuchung, dass die Hälfte der Studienanfänger*innen im naturwissenschaftlichen / mathematischen Bereich die Universität ohne abgeschlossenes Studium wieder verlassen. Die Gründe dafür sind vielfältig und reichen von finanziellen Schwierigkeiten über Leistungsdruck bis hin zum fehlenden Praxisbezug (Brinkmann, Friedhoff & Hachmeister, 2023).

Busker, Parchmann, & Wickleder (2010) nennen die Defizite im Verständnis zentraler chemischer Konzepte sowie das Vorhandensein von Schüler*innenvorstellungen auch bei Studierenden als weitere Gründe für Schwierigkeiten zu Beginn des Chemiestudiums. Es bedarf demnach an gezielten Hilfestellungen für Studienanfänger*innen, wobei dies nicht alleinige Aufgabe der Schulen sein kann und darf, sondern hier auch die Universitäten mit in die Verantwortung zu nehmen sind. Es gilt also die Zusammenarbeit von Schule und Universität zu fördern, um dieser Problematik gegenübertreten zu können.

1.3 Forschungsfrage und Hypothese

Ausgehend von den bereits genannten Schwierigkeiten im Chemie-Anfangsstudium stellt sich die Frage, worin diese begründet sind und wie diese zu minimieren sind. Daher soll sich diese Masterarbeit mit den folgenden Forschungsfragen beschäftigen:

- Gibt es fachliche Schwierigkeiten im Verständnis und der Anwendung chemischer Inhalte bei Studierenden des Faches Chemie (BSc/BEd) beim Übergang von Schule auf Studium in Hinblick auf die Themengebiete Chemische Bindungen, Säuren und Basen und Thermodynamik?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten?
- Inwiefern unterscheiden sich die Schwierigkeiten von Studienanfänger*innen im Studiengang Chemie im Verständnis chemischer Inhalte von Präkonzepten, die Schüler*innen in den Chemieunterricht mitbringen?

Es wird angenommen, dass die Wahl eines Chemiestudiums zwar mit einer erhöhten fachlichen Kenntnis und größerem Interesse am Fach Chemie einhergeht, dennoch ist zu erwarten, dass auch die Studienanfänger*innen Schwierigkeiten mit verschiedenen fachlichen Inhalten haben und auch bei ihnen manche Präkonzepte aus der Schulzeit bestehen geblieben sind. Daher lauten die Hypothesen zu den gestellten Forschungsfragen wie folgt:

- Trotz der Wahl eines Chemiestudienganges ist zu erwarten, dass es bei den Studierenden Schwierigkeiten sowohl im Verständnis als auch in der Anwendung chemischer Inhalte gibt.
- Die Sicherheit, mit der die Befragten den Fragebogen ausgefüllt haben, wird mehrere Einflussfaktoren haben, wie beispielsweise persönliche Charakterzüge, tatsächliches Wissen, Umgang mit Stresssituationen und vieles mehr. Daher ist denkbar, dass die Sicherheit starken individuellen Schwankungen unterliegt, wobei angenommen werden kann, dass bei Student*innen, die im Unterrichtsfach Chemie maturiert haben, eine höhere Korrelation zwischen angegebener Sicherheit und korrekten Antworten besteht.
- Studienanfänger*innen in Chemie weisen dieselben Präkonzepte zu chemischen Inhalten auf, die Schüler*innen in den Chemieunterricht mitbringen, jedoch sind diese bei Schüler*innen häufiger vertreten.

2 Theorieteil

Der Theorieteil soll einen Einblick in den jeweiligen fachdidaktischen Hintergrund der drei Themengebiete Chemische Bindungen, Säuren und Basen und Thermodynamik geben. Zu Beginn jedes Themenbereichs wird kurz angeführt, wann dieses Thema laut dem Lehrplan der Allgemeinbildenden Höheren Schulen (AHS) in Österreich unterrichtet werden soll.

Zunächst soll jedoch ein kleiner allgemeiner Einblick in die Lehrlernwissenschaften gegeben werden. Der Lehrberuf lebt nicht nur von der Lehre vom Lehren (Didaktik), sondern auch von der Lehre vom Lernen (Mathetik). Hier gilt also nicht wie beim Modell des Nürnberger Trichters, welches im 17. Jahrhundert vom Dichter Georg Philipp Harsdörffer formuliert wurde, dass die Lernenden alle Informationen, die die Lehrperson teilt, ungefiltert aufnehmen und speichern, sondern dass Lernen ein aktiver Prozess ist. Hierbei hat folglich die Lehrperson eine Bringschuld, wobei der Lehrinhalt erarbeitet und vermittelt werden muss, und die Lernenden eine Holschuld, indem das Vermittelte bearbeitet und aufgenommen werden soll (Anton, 2019). Dabei liegt die Betonung darauf, dass die Lernenden den Inhalt als Information erst bearbeiten müssen, um daraus Wissen zu konstruieren. Diese Wissenskonstruktion ist jedoch von einigen Einflussfaktoren wie beispielsweise dem Vorwissen zum Thema sowie existierenden Vorstellungen und Überzeugungen abhängig (Streller, Bolte, Dietz & Noto La Diega, 2019) und als individueller Prozess anzusehen. Laut Mandl (2006) ist konstruktivistisches Lernen durch sechs Merkmale gekennzeichnet; demnach ist Lernen ein *aktiver, selbstgesteuerter, konstruktiver, emotionaler, sozialer und situativer Prozess*.

Damit zusammenhängend sind auch die Vorstellungen, die Schüler*innen aus dem Alltag beziehungsweise aus ihrer Lebenswelt mit in den Unterricht bringen, von großer Bedeutung für den Lernerfolg. Diese Schüler*innenvorstellungen werden oftmals auch als Alltags- oder Vorerfahrungen, Präkonzepte, alternative Frameworks, naive Theorien etc. (Feige, Rutsch, Dörfler & Rehm, 2017) bezeichnet. Um erfolgreichen Unterricht zu führen, gilt es, diese Präkonzepte der Schüler*innen zu erheben und an diese anzuknüpfen (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018). Essenziell ist hierbei, die Grenzen der Schüler*innenvorstellungen so herauszufordern, dass eine Problemstellung mit dem bestehenden Konzept nicht vollständig zu erklären ist und zu einer Unzufriedenheit bei den Lernenden führt. Es kommt zum sogenannten kognitiven

Konflikt, wobei die lernende Person mit dem eigenen Präkonzept nicht vorankommt. Im nächsten Schritt sollte von der Lehrperson ein Konzept angeboten werden, welches zur Lösung der Aufgabenstellung angewandt werden kann. Wird dieses von den Schüler*innen angenommen und angewandt, ist von einem *conceptual change* die Rede (Duit & Treagust, 2003; Treagust & Duit, 2008; Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018). Ein solcher Konzeptwechsel kann sehr unterschiedlich erfolgreich sein und braucht Zeit, denn oftmals reicht die Unzufriedenheit der Schüler*innen in einer Einzelsituation dafür nicht aus. Zudem wird hierbei auch nicht einfach das alte Konzept verworfen und das neue akzeptiert und angewandt, sondern dies ist ein Prozess, bei dem die Schüler*innenvorstellungen schrittweise durch das neue Konzept ergänzt, jedoch aber nicht komplett ersetzt werden. Dieser kontinuierliche Übergang durch Präzisieren der bestehenden Vorstellungen wird auch als „*conceptual growth*“ beziehungsweise im Deutschen als Konzepterweiterung bezeichnet (Reiners, 2022).

Feige, Rutsch, Dörfler & Rehm (2017) nennen in ihrem Artikel „*Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept*“ drei Abstufungen von alternativen Schülervorstellungen:

- labile Vorstellungen
- stabile Vorstellungen
- hausgemachte Fehlvorstellungen.

Dabei überschneiden sich die labilen Vorstellungen bereits zum Teil mit der fachwissenschaftlichen Vorstellung. Ein Wechsel zur fachlich richtigen Auffassung ist einfacher als bei den anderen Kategorien, daher auch die Bezeichnung „labil“. Stabile Vorstellungen stehen der fachlichen Anschauung gegenüber beziehungsweise ist der Konsens sehr gering. Der Weg zur fachwissenschaftlichen Vorstellung hin ist hier deutlich schwieriger und bedarf anderer Maßnahmen (beispielsweise das Herbeiführen eines kognitiven Konfliktes) als bei den labilen Vorstellungen. Zuletzt bleiben noch die hausgemachten Fehlvorstellungen zu erläutern, welche auf vorangegangenen Unterricht zurückzuführen sind, wobei hier vor allem die Diskrepanz zwischen Alltagssprache und Fachsprache zur falschen oder lückenhaften Auffassung führt (Feige, Rutsch, Dörfler & Rehm, 2017). Diese hausgemachten Fehlvorstellungen können besonders dann zustande kommen, wenn die Schüler*innen zu fachlichen Themen noch keinerlei Vorwissen oder Anknüpfungspunkte aus ihrem Alltag haben und die Vorstellungen somit gemeinsam mit der Lehrperson erst erarbeitet werden

müssen. Demnach kann es hier zur Ausbildung von fachlich korrekten beziehungsweise angemessenen Vorstellungen oder eben zu Fehlvorstellungen kommen. Folglich ist es essenziell, dass Lehrer*innen über gängige Fehlkonzepte Bescheid wissen, um diese vermeiden zu können (Hilbing & Barke, 2004).

Ein weiterer wesentlicher Faktor, der Einfluss auf den Lernerfolg von Schüler*innen hat, ist die Sprache. Dieser hängt auch eng mit den oben angeführten Präkonzepten zusammen, da zwischen der Alltagssprache und der chemischen Fachsprache Diskrepanzen bestehen, welche es zu überwinden gilt, um fachlich korrekte Vorstellungen bei Lernenden zu entwickeln und zu festigen. Die in der Chemie beziehungsweise in naturwissenschaftlichen Fächern im Allgemeinen verwendete Fachsprache und deren Aneignung ist grundlegend vom Erlernen einer Fremdsprache zu unterscheiden, da neben den neuen fachlichen Begriffen (Vokabeln) auch damit verbundene Konzepte zu vermitteln sind (Reiners, 2022). Neben der Alltags- und der Fachsprache ist im Themenbereich der Chemie auch die Symbolsprache von Belang. Folglich muss den Lernenden dabei zunächst der Unterschied ersichtlich gemacht und dann der Umgang damit geübt werden. Dabei bietet sich die bewusste Auseinandersetzung an, die im Unterricht immer wieder aufgegriffen werden kann (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018). So ist es beispielsweise sinnvoll, diese drei sprachlichen Ebenen ausgehend von einem Alltagsbeispiel zu erarbeiten. Spricht man im Alltag von Kalk (Alltagssprache), sprechen Chemiker*innen von Calciumcarbonat (Fachsprache), welches durch die chemische Formel CaCO_3 (Symbolsprache) beschrieben werden kann.

Anknüpfend an den sprachlichen Aspekt im Chemieunterricht soll auch das Johnstone Dreieck erwähnt werden, nach welchem chemische Inhalte aus Sicht von drei verschiedenen Ebenen betrachtet werden können:

- makroskopische Ebene
- submikroskopische Ebene
- repräsentative / symbolische Ebene.

Dabei stellt die makroskopische Ebene die beobachtbaren und messbaren Phänomene dar, die submikroskopische Ebene beinhaltet die Modellvorstellungen, welche zur Erklärung der makroskopischen Stufe verwendet werden und die repräsentative Ebene bezieht sich vor allem auf die Formelsprache. Diese drei Ebenen

gilt es klar zu trennen, um eine ordentliche Fachsprache zu fördern (Haas & Marohn, 2022). In *Abbildung 1* ist die Anwendung des Johnstone-Dreiecks anhand der Knallgasreaktion angeführt.

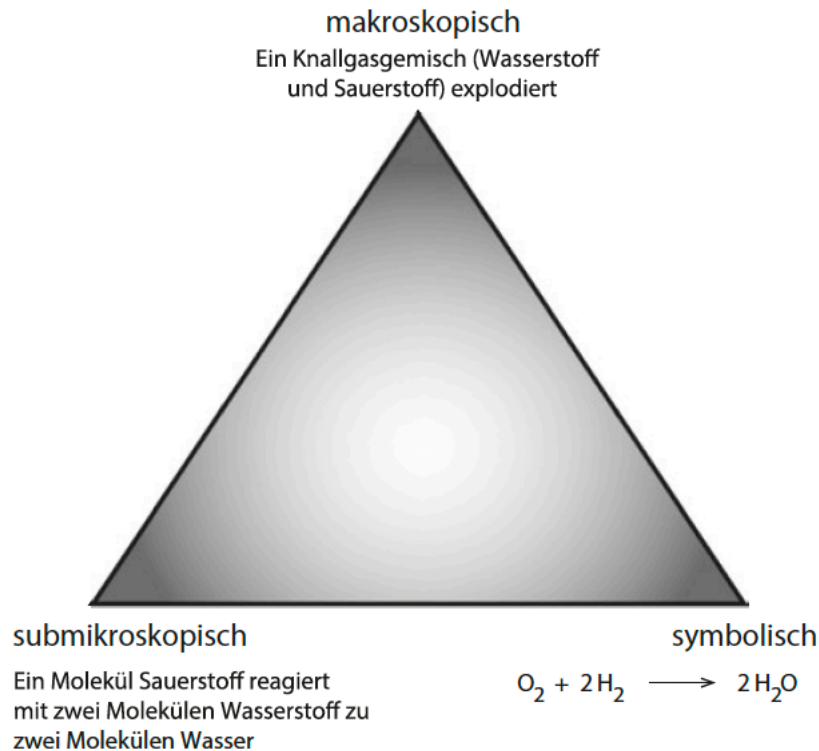


Abbildung 1: Das Johnstone Dreieck anhand eines konkreten Beispiels.
(Reiners, 2022, S. 34)

Mahaffy führt in seinem 2004 veröffentlichten Artikel „*The Future Shape of Chemistry Education*“ eine vierte Ebene, und zwar die menschliche Ebene ein. Der entstehende Tetraeder (*Abbildung 2*) stellt also den Bezug zum Menschen selbst her und soll die Rolle der Chemie im alltäglichen Leben miteinbeziehen (Mahaffy, 2004).

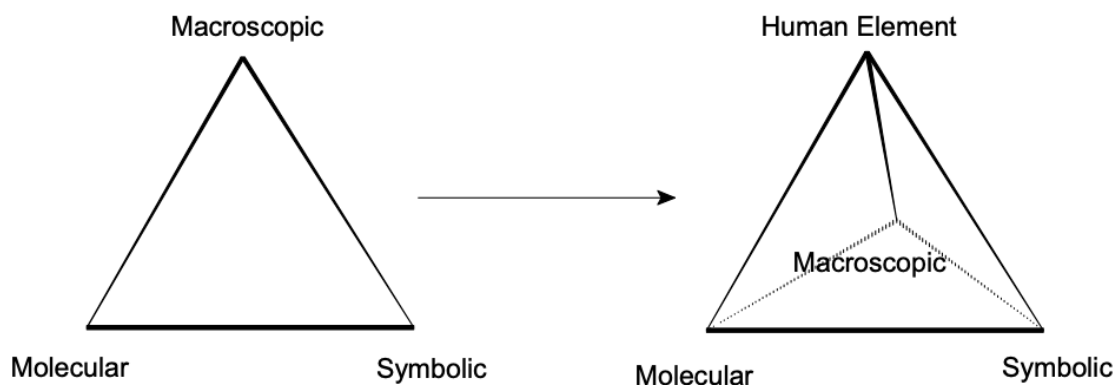


Abbildung 2: Vom Johnstone Dreieck (links) zum Mahaffy Tetraeder (rechts).
(Mahaffy, 2004, S. 231)

Erst die Interaktion mit den drei Ebenen (makroskopisch, submikroskopisch, symbolisch) durch die Schüler*innen (menschliche Domäne) kann es zu einem aktiven Lernen kommen. Wenn Lernende beispielsweise Modelle haptisch erfassen können, wird aus der zweidimensionalen Visualisierung (Videos, Animationen, etc.) eine interaktive, dreidimensionale Visualisierung, welche weitaus förderlicher für den Lernprozess ist (Schnitker, 2016).

Ein weiteres Modell, das an dieser Stelle näher ausgeführt werden soll, ist jenes des „*Vollständigen Wissens*“ von Heinz Neber. Er beschreibt dabei einen Dreiklang aus den drei Komponenten *Faktenwissen*, *Konditionen* und *Funktionen*, deren Zusammenspiel erst als vollständiges Wissen bezeichnet werden kann. So ist das reine Faktenwissen ohne Nutzen und muss erst vervollständigt beziehungsweise erweitert werden. Eine Kondition stellt eine Bedingung an den Nutzen des Fachwissens und stellt folglich einen innerfachlichen Bezug zwischen Fachwissen und Nutzung her. Funktionen gehen noch einen Schritt weiter und repräsentieren die Ziele der Nutzung und können auch mit dem Kompetenzbegriff beschrieben werden. Diese Funktionen können die fachlichen Grenzen überwinden und auch transdisziplinär angewandt werden (Anton, 2019).

Der Lehrplan der Allgemeinbildenden Höheren Schule im Unterrichtsfach Chemie beinhaltet neben den didaktischen Grundsätzen und Anwendungsbereichen auch zentrale fachliche Konzepte sowie Kompetenzbereiche. Dabei werden folgende drei fachlichen Konzepte für die Sekundarstufe I genannt (BMBWF, 2023, S. 54):

- ***Stoffe und ihre Teilchen:*** *Phänomene und Vorgänge der stofflichen Welt können sowohl auf der Stoff- als auch auf der Teilchenebene betrachtet werden. Zur Erklärung dieser Phänomene und Vorgänge ist eine konsequente Unterscheidung zwischen makroskopischer (Stoff) und submikroskopischer (Teilchen) Ebene erforderlich.*
- ***Struktur-Eigenschafts-Beziehungen:*** *Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Stoffen können auf ihre Struktur zurückgeführt werden. Dabei sind Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen ausschlaggebend.*
- ***Chemische Reaktion:*** *Stoffe sind Veränderungsprozessen unterworfen. Bei einer chemischen Reaktion werden Stoffe unter Energiebeteiligung in neue Stoffe mit anderen Eigenschaften umgewandelt. Diese Umwandlung erfolgt durch Aufbrechen und Neubilden chemischer Bindungen. Dabei werden*

Teilchen umgruppiert und die Masse bleibt erhalten. Chemische Reaktionen sind immer mit einem Energieumsatz verbunden. Die dabei ablaufenden stofflichen und energetischen Prozesse sind grundsätzlich umkehrbar.

Für die Sekundarstufe II ergeben sich aufbauend auf dem Schema der Unterstufe folgende Basiskonzepte laut Lehrplan (BMBWF, 2023, S. 109):

- **Stoff-Teilchen-Konzept:** *Die erfahrbaren Phänomene der stofflichen Welt und deren Deutung auf der Teilchenebene werden konsequent unterschieden.*
- **Struktur-Eigenschafts-Konzept:** *Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Eigenschaften eines Stoffes.*
- **Donator-Akzeptor-Konzept:** *Säure-Base-, Redox- und Komplexbildungsreaktionen lassen sich als Protonenübertragung, Elektronenübertragung bzw. Elektronenpaarverschiebungen beschreiben.*
- **Energiekonzept:** *Alle chemischen Reaktionen sind mit einem Energieumsatz verbunden.*
- **Größenkonzept:** *Stoff- und Energieumsätze können quantitativ beschrieben werden.*
- **Gleichgewichtskonzept:** *Reversible chemische Reaktionen können zu einem dynamischen Gleichgewichtszustand führen.*

Die Kompetenzbereiche gliedern sich in drei Teilgebiete (Wissen organisieren, Erkenntnisse gewinnen und Konsequenzen ziehen), welche mit einem jeweiligen Anwendungsbereich verknüpft werden sollen, um das Verständnis der Basiskonzepte zu fördern und Kompetenzen zu entwickeln sowie anzuwenden. Dabei gibt es pro Handlungsdimension weitere Abstufungen sowie eine Anforderungsdimension, welche das Maß der Selbstständigkeit beschreiben soll (BMBWF, 2023).

Für die in dieser Arbeit behandelten fachlichen Inhalte (Chemische Bindungen, Säuren und Basen sowie Thermodynamik) sind vor allem das Struktur-Eigenschafts-Konzept, das Donator-Akzeptor-Konzept sowie das Energie- und Größenkonzept von zentraler Bedeutung. Aber auch das Stoff-Teilchen-Konzept spielt mit der Einhaltung des Johnstone-Dreiecks für alle Themenbereiche im Lehrplan eine zentrale Rolle für das fachlich korrekte Verständnis von Lehr- und Lerninhalten.

2.1 Chemische Bindungen

Chemische Bindungen stellen bereits einen wesentlichen Teil im Chemie-Anfangsunterricht dar. Bereits in der AHS Unterstufe ist dieses Gebiet in den Anwendungsbereichen der 4. Klasse (8. Schulstufe) zu finden. In der Oberstufe der Allgemeinbildenden Höheren Schulen ist das Thema Chemische Bindungen bereits in der 7. Klasse (11. Schulstufe) im ersten Semester verankert (BMBWF, 2023). Auch wenn die Thematik im restlichen Lehrplan für das Fach Chemie nicht nochmals explizit genannt wird, stellt diese eine fundamentale Rolle im Chemie-Verständnis dar, welche immer wieder mit anderen chemischen Inhalten verknüpft und folglich mehrmals indirekt behandelt wird.

2.1.1 Fachdidaktischer Hintergrund

Um das Gebiet der chemischen Bindungen gemeinsam mit Schüler*innen zu erarbeiten bedarf es gewisser Vorkenntnisse, wie beispielsweise der Kenntnis über den Atombau. Hierfür wird den Lernenden ein bestimmtes Maß an Abstraktionsfähigkeit abverlangt, welches nach der Theorie von Jean Piaget erst im Alter von 12-14 Jahren ausgebildet wird, wobei neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass dieses bereits im Kindesalter vorhanden ist (Pfenning, 2014). Dennoch erfordert die Ausbildung von Abstraktionsvermögen gewisse Übung. Im Chemieunterricht werden zur Vereinfachung beziehungsweise Veranschaulichung abstrakter Inhalte oftmals Modelle herangezogen. Hierbei gilt jedoch auch, dass der Umgang mit Modellen erst gelernt werden muss. Die Schüler*innen kennen zwar schon Modelle, wie beispielsweise Modellautos oder Puppen, aus ihrem Alltag oder eventuell aus anderen Unterrichtsgegenständen, jedoch ist ihnen oftmals nicht bewusst, dass es sich dabei um Modelle handelt (Anton, 2019). Sinn und Zweck von Modellen ist nicht die tatsächliche Abbildung der Realität, sondern vielmehr die Darstellung der wesentlichen Aspekte der Wirklichkeit, wobei unwesentliche Merkmale durchaus weggelassen oder „falsch“ dargestellt werden dürfen (Quack, 2003). Diese Tatsache muss den Schüler*innen erst einmal ins Bewusstsein gerufen werden. Dafür eignet sich am besten das praktische Arbeiten mit Modellen und die Erarbeitung der Vorteile sowie der Grenzen unterschiedlicher Modelle. Dafür kann der Modellierungskreislauf aus *Abbildung 3* herangezogen werden, demnach das „Original“ wahrgenommen und abstrahiert werden soll, um zum Denkmodell zu gelangen. Als weiteren Schritt gilt es,

das Denkmodell zu veranschaulichen, was zum Anschauungs- beziehungsweise Gedankenmodell führt, welches durch Vergleiche zum Original validiert werden kann.

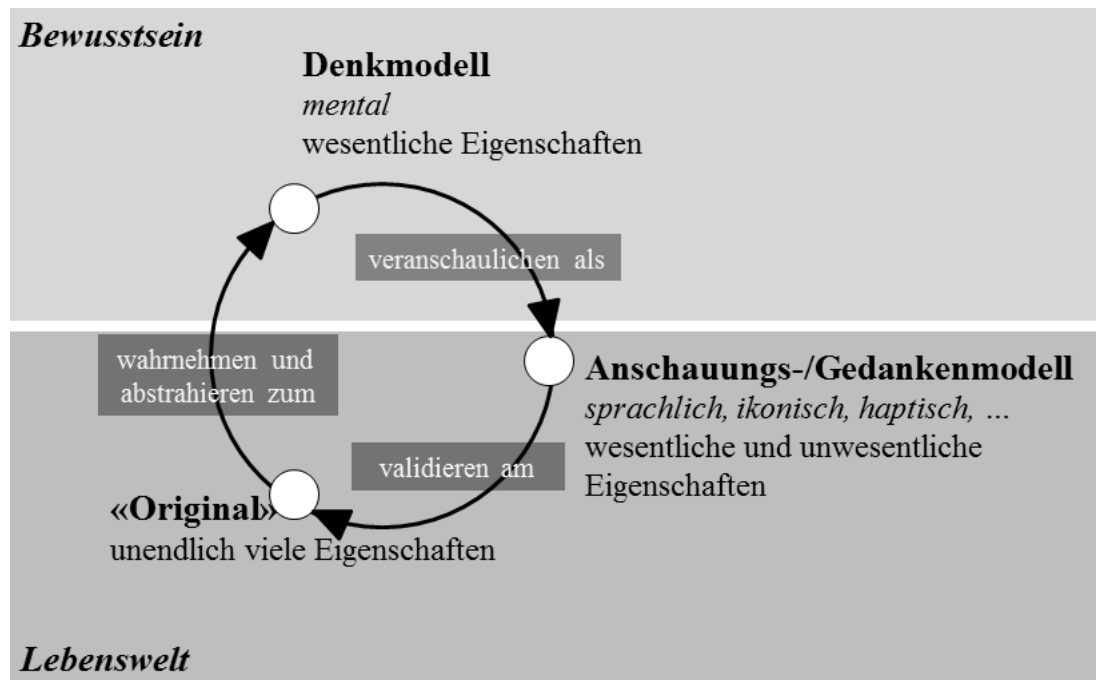


Abbildung 3: Modellierungskreislauf
 (Tempel, Randler, Rehm & Wilhelm, 2018, S. 13)

Der Thematik von Atommodellen folgend werden in der Sekundarstufe I meist die chemischen Bindungen im Unterricht behandelt, was auch der Aufbau diverser Schulbücher zeigt. Hierbei werden in der Unterstufe die Ionenbindung, Atombindung sowie die Metallbindung üblicherweise mithilfe des Atommodell nach Niels Bohr erklärt, wobei der Lehrplan hierin Spielraum für die Lehrperson lässt (BMBWF, 2023). In der Sekundarstufe II wird dieses Wissen vertieft und erweitert, indem auch auf Nebenvalenzen, Hybridisierung und koordinative Bindungen eingegangen werden soll. Zudem spielt in der Oberstufe meist auch das Orbitalmodell eine Rolle, anhand dessen Bindungen erklärt werden können (BMBWF, 2023).

Die Konzepte chemischer Bindungen gehen mit einer Vielzahl an Präkonzepten einher, welche die Lernenden entweder bereits in den Unterricht mitbringen oder welche erst im Rahmen dessen entstehen. So oder so gilt es für Lehrpersonen diese zu kennen, erkennen und damit umzugehen. Hilbing & Barke (2004) führen in ihrem Artikel „Ionen und Ionenbindung: Fehlvorstellungen hausgemacht!“ einige Schüler*innenvorstellungen zu Salzen und Ionen an, darunter beispielsweise, dass NaCl-Moleküle existieren, NaCl-Ionenpaare neutral sind und die Anzahl der Bindungspartner von der Anzahl der Außenelektronen abhängig ist. Christian Herdt

(2019) geht in seinem Artikel ebenso auf Fehlvorstellungen ein und erwähnt auch, dass diese nicht nur bei Schüler*innen, sondern auch Student*innen vorkommen. So gaben bei einer Umfrage 62% der Studierenden an, dass „*NaOH-Moleküle dissoziieren*“. Als möglichen Grund für derartige Vorstellungen in Bezug auf Salzkristalle wird die Darstellung von Salzen mittels Verhältnisformeln genannt. Die Lernenden müssen sich folglich die Ladung dazudenken und auch wissen, dass dadurch nur das kleinstmögliche Verhältnis der Ionen angegeben wird, der Salzkristall jedoch aus einer Vielzahl an regelmäßig angeordneten Ionen aufgebaut wird. Herdt (2019) empfiehlt deswegen eine schrittweise Erarbeitung der Verhältnisformel-Schreibweise. Dabei soll bei der ausführlichen Darstellung auf die Angabe der Ionenladung geachtet werden, damit Ionen von Atomen unterschieden werden können. Sowohl Hilbing & Barke (2004) als auch Herdt (2019) empfehlen eine klare Trennung von *Ionenbindung* und *Ionenbildung*, um deren Vermischung und der Ausbildung von Fehlvorstellungen vorzubeugen. So kann das Thema Ionen-Bildung bereits in Kombination mit der Erarbeitung des Atommodells geschehen.

Weitere Schwierigkeiten haben Schüler*innen auch, wenn es darum geht, dass durch das Aufbrechen und Neuknüpfen chemischer Bindungen neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen. So ist die Vorstellung verbreitet, dass bei chemischen Reaktionen Eigenschaften übertragen werden. Als Beispiele führen Barke, Harsch, Kröger & Marohn (2018) folgendes an:

Schüler*innenvorstellung	fachliche Klärung
Kupfer färbt sich beim Erhitzen schwarz.	Durch die Reaktion von Kupfer mit Sauerstoff aus der Luft entsteht Kupferoxid .
Silberbesteck läuft dunkel an.	Durch die Reaktion von Silber mit in der Luft enthaltenen Schwefelverbindungen bildet sich Silbersulfid.

Tabelle 1: Beispiel für Schüler*innenvorstellungen sowie deren fachliche Klärung.
(Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018)

Es ist festzustellen, dass die Lernenden hier nicht erkennen, dass die Entstehung eines neuen Stoffes zur Veränderung des Aussehens führt. So erlangen Stoffe wie beispielsweise Kupfer lediglich eine neue Eigenschaft (schwarze Färbung), es bleibt jedoch nach Schüler*innen-Meinung immer noch Kupfer.

Auch die Zusammensetzung chemischer Verbindungen ist für die Schüler*innen nicht immer leicht zu begreifen. Oftmals können die Bindungsverhältnisse von Stoffen nicht nachvollzogen werden, sondern werden von Lernenden als Mischungen von einzelnen Elementen angesehen. Formulierungen in Schulbüchern oder durch Lehrpersonen wie beispielsweise „*Kohlenstoffdioxid besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff*“ festigt solche Präkonzepte dadurch, dass hierbei sowohl verschiedene Ebenen des Johnstone Dreiecks vermischt werden, als auch angedeutet wird, dass beide Elemente als Mischung vorliegen. Barke, Harsch, Kröger & Marohn (2018) empfehlen hierbei, Aussagen, wie oben angeführte, zu vermeiden und den Lernenden den Unterschied zwischen Reinstoffen und Gemischen beispielsweise anhand eines heterogenen Gemisches zweier Stoffe (Schwefelpulver und Kupferspäne) sowie einer Verbindung (Kupfersulfidpulver) zu demonstrieren.

2.2 Säuren und Basen

Ähnlich wie das Thema Chemische Bindungen ist sind auch Säuren und Basen bereits in der 4. Klasse (8. Schulstufe) als zu behandelter Anwendungsbereich festgesetzt. Die Vertiefung des Sachgebiets findet im zweiten Semester der 7. Klasse (11. Schulstufe) statt, wobei hierbei das Basiskonzept der Übertragung, genauer gesagt das Donator-Akzeptor-Konzept, bedeutend wird (BMBWF, 2023).

2.2.1 Fachdidaktischer Hintergrund

In der Chemie gibt es verschiedene Konzepte, um Säuren und Basen zu definieren. Diese haben je nach Anwendungsgebiet unterschiedliche Stärken und Schwächen. Die für den Schulunterricht relevantesten Konzepte sind jene von Svante Arrhenius, Johannes Nicolaus Brønsted und Thomas Lowry sowie das von Gilbert Newton Lewis (Mortimer & Müller, 2015).

Das zentrale Basiskonzept, welches zur Erarbeitung von Säuren und Basen im Lehrplan angeführt wird, ist das Donator-Akzeptor-Konzept. Dieses soll ebenso zur Erklärung von Redox-Reaktionen und Komplexbildungsreaktionen herangezogen werden (BMBWF, 2023). In Bezug auf die Thematik der Säuren und Basen sind es hierbei Protonen, die übertragen werden. Die in *Abbildung 4* dargestellten Begriffsnetze geben einen kleinen Überblick über die Zusammenhänge verschiedener zentraler Aspekte und Begrifflichkeiten bezogen auf Säuren und Basen.

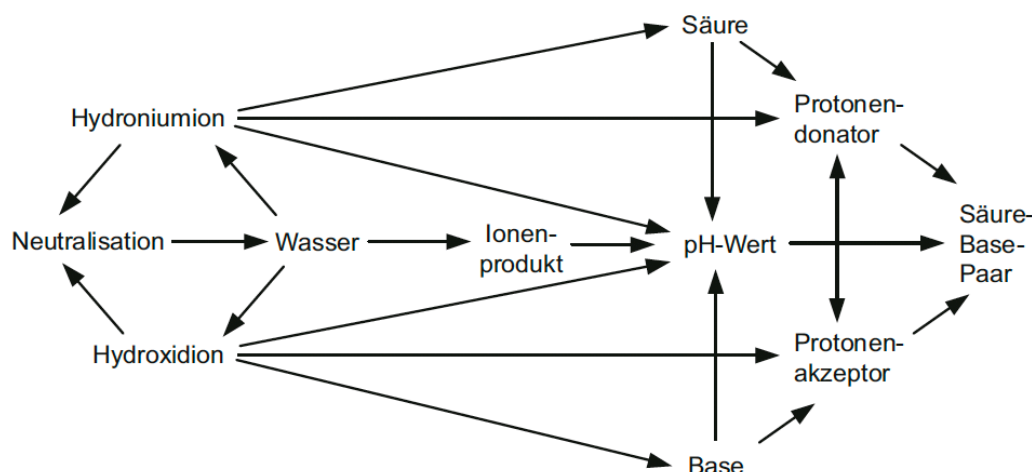


Abbildung 4: Begriffsnetz zu Säuren & Basen.
(Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 304)

Ebenso kann ein Begriffsnetz für Donator-Akzeptor-Reaktionen im Allgemeinen (Abbildung 5) zur Visualisierung von Zusammenhängen für Lehrende wie Lernende gleichsam hilfreich sein.

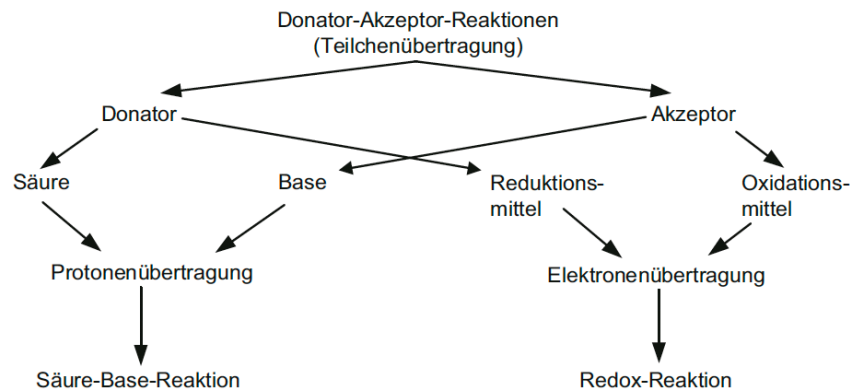


Abbildung 5: Begriffsnetz Donator-Akzeptor-Reaktionen.
(Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 304)

Auch hier bei der Thematik der Säuren und Basen bringen Schüler*innen ihre eigenen Vorstellungen in den Unterricht mit. Dabei ist den meisten Lernenden der Begriff Säure im Alltag schon einmal untergekommen, wohingegen sie für Basen eher weniger Anknüpfungspunkte finden. Neumann (2022) erwähnt, dass die Begriffe wie Säure, Base, Lauge und pH-Wert Bestandteile unserer Alltagssprache sind, jedoch nicht mit dem richtigen fachlichen Hintergrund verwendet beziehungsweise verknüpft werden.

Gängige Präkonzepte in Bezug auf Säuren und Basen spiegeln sich in Aussagen wie „Salzsäure besteht aus HCl -Molekülen“, „Bei jeder Neutralisation entsteht ein Salz“ (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 35) oder „ $NaOH$ -Moleküle in Natronlauge“ (Dörfler & Barke, 2009, S. 142) wider. Zudem sind auch Personifizierungen wie, dass Marmor von Säuren aufgefressen wird, in diesem Kontext häufig unter Schüler*innen vertreten (Reiners, 2022). Zudem werden die Begriffe Basen und Laugen von Lernenden oftmals gleichgesetzt und der pH-Wert als ein Maß für den Säuregehalt einer Lösung herangezogen (Neumann, 2022).

Weiters ist auch der sprachliche Aspekt sowie die Einhaltung des Johnstone-Dreiecks von enormer Bedeutung, um hausgemachten Fehlvorstellungen bei Schüler*innen entgegenzuwirken. So werden oft die Stoffe selbst (makroskopische Ebene) als Säuren oder Basen benannt, wobei sich die Begriffe auf die Teilchenebene beziehen. Zudem kommt hinzu, dass die Lernenden auf submikroskopischer Ebene häufig nicht

zwischen konzentrierten und verdünnten Lösungen unterscheiden können. Aber auch das Wissen über die Protolyse von starken Säuren in wässriger Lösung ist für Schüler*innen selten an Beispielen anwendbar. Das Thema der Neutralisation kann nach Behandlung im Unterricht von den meisten Schüler*innen auch nur in Form von Reaktionsgleichungen wiedergegeben werden, wobei auch diese vielfach nicht korrekt formuliert werden können (Dörfler & Barke, 2009).

Sumfleth, Wild, Rumann & Exeler (2002) schreiben, dass Schüler*innenvorstellungen zum Thema Säuren und Basen auch nach dem Unterricht meist bestehen bleiben, die Schüler*innen Fachbegriffe oftmals nur isoliert verwenden können und fachliches Wissen und Alltagswissen lediglich vermischt angewandt werden.

Wie auch bei den chemischen Bindungen ist auf die Bedeutung von fachlich korrekter Sprache zu achten und eine Vermischung der Ebenen nach Johnstone zu vermeiden. Gerade durch das Verwenden des sogenannten Laborjargons werden Fehlvorstellungen bei Lernenden gefördert und gefestigt. *Tabelle 2* zeigt gängige Aussagen im Laborjargon sowie deren fachlich korrekten Formulierungen nach der Brønsted-Theorie.

Laborjargon	Angemessene Formulierung (Brønsted)
Wasser ist ein Ampholyt – es kann Säure und Base sein	H ₂ O-Moleküle sind Ampholyte: sie können je nach Reaktionspartner ein H ⁺ aufnehmen oder abgeben
Starke Säuren besitzen einen kleinen pH-Wert, schwache Säuren einen relativ hohen pH-Wert	Starke Säuren sind vollständig protolysiert, schwache Säuren wie HAc-Moleküle nur zu einem sehr kleinen Teil, es liegt ein Gleichgewicht vor: $\text{HAc} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{Ac}^- (\text{aq})$ Lösungen starker Säuren nehmen durch Verdünnen hohe pH-Werte wie 5 oder 6 an
Beispiel Essigsäure-Natronlauge: Säure HAc und Base NaOH reagieren, das Salz Natriumacetat und Wasser entstehen: $\text{HAc} + \text{NaOH} \leftrightarrow \text{NaAc} + \text{H}_2\text{O}$	In Essigsäure-Lösungen liegen zwei Arten von Säure-Teilchen vor, die mit OH ⁻ -Ionen reagieren: 1. $\text{HAc-Moleküle} + \text{OH}^- (\text{aq})\text{-Ionen} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Ac}^- (\text{aq})$ 2. $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \leftrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ Begleit-Ionen Na ⁺ (aq) und Ac ⁻ (aq) reagieren nicht

Tabelle 2: Beispiele zu Aussagen im Laborjargon zu Säuren & Basen und deren angemessene Formulierungen nach Brønsted. (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 319-320)

2.3 Thermodynamik

Das Sachgebiet der Thermodynamik kommt im Lehrplan für das Unterrichtsfach Chemie nicht ausdrücklich vor. Jedoch werden Inhalte, welche dem Gebiet der Thermodynamik zugeordnet werden können, wie beispielsweise energetische Veränderungen bei chemischen Reaktionen bereits in der Unterstufe (4. Klasse – 8. Schulstufe) behandelt. In der Sekundarstufe II findet sich das Thema in der 7. Klasse (11. Schulstufe) im Energiekonzept wieder sowie in der 8. Klasse (12. Schulstufe), wobei energetische Veränderungen mit Lebensvorgängen verknüpft werden sollen (BMBWF, 2023).

Auf dem Gebiet der Thermodynamik sind die Vorstellungen der Schüler*innen nicht nur stark vom Chemieunterricht abhängig, sondern auch von der Vermittlung durch die Lehrperson im Unterrichtsfach Physik, da dies ein wesentlicher Bereich des Lehrplans für das Fach Physik in der Oberstufe ist (BMBWF, 2023).

2.3.1 Fachdidaktischer Hintergrund

Dass alle chemischen Reaktionen mit einem Energieumsatz einhergehen (Energiekonzept), sollte den Schüler*innen bereits in der Unterstufe im Rahmen der Behandlung von chemischen Reaktionen vermittelt werden. Dass dieser Energieumsatz jedoch quantitativ dargestellt werden kann (Größenkonzept), erfahren die Lernenden meist erst in der Oberstufe (BMBWF, 2023).

Lernende stehen vor allem in Bezug auf das Erhaltungskonzept vor großen Herausforderungen. Dies ist oftmals in der Alltagssprache begründet, in der Aussagen wie *„Energie wird ‚verbraucht‘, „Batterien sind ‚leer‘“, „der Akku ist ‚leer‘ und muss aufgeladen werden“* oder *die „Energie ‚ist weg‘, man hat keine Energie mehr“* (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 23) verwendet werden. Daher gilt es solche Behauptungen als Lehrperson zu vermeiden und zu korrigieren, wenn diese bei Schüler*innen auftreten.

Chemische Energie hat gegenüber anderen Energiearten – wie beispielsweise Wärmeenergie, mechanische Energie oder Lichtenergie – den Nachteil, dass sie nicht so begreifbar ist (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018). Es bieten sich Versuche zu exothermen und endothermen Reaktionen an, wobei der Fokus darauf liegen sollte, dass die chemische Energie des Systems in Wärmeenergie umgewandelt wird

(exotherme Reaktion) beziehungsweise Wärmeenergie aus der Umgebung in chemische Energie umgewandelt wird (endotherme Reaktion).

Um einen Alltagsbezug herzustellen, kann ein Automotor herangezogen werden und den Lernenden vermittelt werden, dass die Edukte Benzin und Sauerstoff eine höhere chemische Energie haben, als die Produkte Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf. Die Energiedifferenz der beiden Systeme entspricht der an die Umgebung abgegebenen Energie (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018).

Weitere Präkonzepte von Schüler*innen im Bereich der Thermodynamik sind beispielsweise:

- „Wärmezufuhr führt immer zu einer Temperaturerhöhung“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 174).
- „Wärme ist ein Stoff“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 149).
- „Die Temperatur zeigt die Wärme an, die sich in einem Stoff befindet“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 150).
- „Energie braucht man, um etwas zu bewirken“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 164).
- „Energie ist ein speicherbares Etwas – eine Art Treibstoff“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 165).
- „Energie wird verbraucht“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 166).
- „Energie geht verloren“ (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018, S. 167).

3 Empirischer Teil

3.1 Material und Methoden

Sowohl die Pilotumfrage als auch der Hauptfragebogen wurden gemeinsam mit meinem Studienkollegen Lukas Zankl erstellt. Der ausschlaggebende Grund dafür war, dass die Erhebung der Schwierigkeiten beim Übergang ins Chemiestudium und sowie die fachdidaktische Auseinandersetzung damit im Rahmen einer Masterarbeit für eine Person außerordentlich umfassend gewesen wäre und das Aufteilen der sechs gewählten Themen auf zwei Personen deutlich sinnvoller ist. Da das Grundkonzept der beiden Arbeiten sowie der Modus der Befragung jedoch gleich ist und sich lediglich die fachlichen Themengebiete unterscheiden, erschien die Erstellung gemeinsamer Fragebogen als zielführender und auch in der Umsetzung als leichter durchführbar.

3.1.1 Pilotumfrage

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde mithilfe des Online-Tools SoSci-Survey eine Pilotumfrage erstellt, welche als Grundlage dienen sollte, um einen Fragebogen für Studierende im 1. Semester eines Chemiestudiums der Universität Wien zu erstellen. Der Pilotfragebogen richtete sich an Schüler*innen der Sekundarstufe II und die Befragung wurde im April 2022 in zwei Wiener Schulen (Evangelisches Realgymnasium Donaustadt & Bundesoberstufenrealgymnasium Wien Landstraße) durchgeführt. Dabei wurden die Lernenden befragt, wie leicht ihnen gewisse Themenbereiche des Unterrichtsgegenstands Chemie fallen. Darunter befanden sich die fachlichen Gebiete Atombau, Chemisches Rechnen, Chemische Bindungen, Chemisches Gleichgewicht, Säuren und Basen, Redoxreaktionen, Organische Nomenklatur und Organische Stoffklassen. Die Themen wurden ausgehend vom österreichischen Lehrplan für das Unterrichtsfach Chemie ausgewählt. Dabei konnten die Schüler*innen auf einer vierteiligen Likert-Skala mit den Kategorien 1 = „*stimme nicht zu*“, 2 = „*stimme eher nicht zu*“, 3 = „*stimme eher zu*“ und 4 = „*stimme zu*“ antworten. Zusätzlich gab es die Option „wurde im Unterricht noch nicht behandelt“, da einige Schüler*innen zum Zeitpunkt der Befragung in der 7. Klasse (11. Schulstufe) waren und somit noch keine Aussagen zu den Lehrplaninhalten der folgenden Schulstufe treffen konnten. Zudem sollten die Schüler*innen Statements zu ihrem persönlichen Bezug zum Unterrichtsgegenstand Chemie beurteilen.

Die Pilotumfrage bestand aus folgenden in *Tabelle 3* und *Tabelle 4* angeführten Items.

Fachliche Themen
Das Thema „Atombau“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Chemisches Rechnen“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Chemische Bindungen“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Chemisches Gleichgewicht“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Säuren und Basen“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Redoxreaktionen“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Organische Nomenklatur“ finde ich sehr leicht.
Das Thema „Organische Stoffklassen“ finde ich sehr leicht.

Tabelle 3: Items Pilotfragebogen: Fachliche Themen.

Einstellungen zum Fach Chemie
Chemie ist ein wichtiges Unterrichtsfach.
Jede*r Bürger*in sollte ein sicheres Grundverständnis für Chemie besitzen.
Chemie im Alltag erachte ich für wichtig.
Ich habe einen guten Überblick über die Inhalte aus dem Chemieunterricht.
Ich bin begeisterte*r Chemieschüler*in.

Tabelle 4: Items Pilotumfrage: Einstellungen zum Fach Chemie.

3.1.2 Hauptumfrage

Ausgehend von den Ergebnissen der Pilotumfrage wurde ein Fragenkatalog für Erstsemestrige aus den Chemiestudiengängen der Universität Wien erstellt und ebenso wie die Pilotumfrage mittels der Web-Applikation SoSci-Survey erstellt. Die Hauptumfrage wurde am 3. Oktober 2023 im Carl Auer von Welsbach Hörsaal der Fakultät für Chemie im zeitlichen Rahmen der Lehrveranstaltung „Allgemeine Chemie A“ durchgeführt.

Nach einigen demographischen Daten, wie Alter, Geschlecht, Schultyp, Chemie als Maturafach, Studium, Erstsprache sowie dem höchsten Abschluss eines Elternteils, bestand der Hauptteil der Umfrage aus folgenden sechs thematischen Gebieten:

- Atombau
- Chemische Bindungen
- Säuren und Basen
- Redoxreaktionen
- Chemisches Gleichgewicht
- Thermodynamik.

Die Themengebiete Chemisches Rechnen sowie die beiden Bereiche der organischen Chemie wurden nicht in den Hauptfragebogen integriert, da hierfür das verwendete Format der Umfrage nicht geeignet war.

Zu jedem der fachlichen Bereiche wurden zehn Aussagen (Ausnahme: beim Themengebiet der chemischen Bindungen nur neun) formuliert, welche von den Proband*innen als „*richtig*“ oder „*falsch*“ identifiziert werden sollten. Zusätzlich zur Korrektheit der Aussagen wurde auch erfragt, wie sicher sich die Teilnehmenden bei ihrer Entscheidung sind. Dazu wurde eine vierteilige Likert-Skala verwendet, welche die folgenden Kategorien enthielt: 1 = „*unsicher*“, 2 = „*eher unsicher*“, 3 = „*eher sicher*“ und 4 = „*sicher*“. Hierbei wurde wie auch schon bei der Pilotumfrage bewusst eine gerade Anzahl an Möglichkeiten gegeben, um der Tendenz zur Mitte entgegenzuwirken.

Des Weiteren wurde eine Aufmerksamkeitsfrage eingesetzt, um die Verlässlichkeit und Aussagekraft der Antworten zu überprüfen.

Nachfolgend sind die 29 Items der drei in dieser Arbeit behandelten Themengebiete aufgelistet sowie, ob die Aussagen richtig (R) oder falsch (F) sind (*Tabelle 5, 6 und 7*).

Items Chemische Bindungen		
1	Ein Kochsalzkristall leitet aufgrund der negativ und positiv geladenen Ionen elektrischen Strom.	F
2	Ein Kochsalzkristall besteht aus einer gitterförmigen Anordnung von NaCl-Molekülen.	F
3	In einem Molekülorbital können maximal zwei Elektronen vorhanden sein.	F
4	Ein Wassermolekül (H ₂ O) ist ein unpolares Molekül.	F
5	In einem Stück Metall sind die Elektronen frei beweglich.	R
6	Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Atomrümpfe sind Legierungen spröde.	F
7	Die Art der chemischen Bindung hängt von den Elektronegativitätsunterschieden der beteiligten Bindungspartnern ab.	R
8	Der Aggregatzustand von Stoffen aus Molekülen ist (bei konstanter Temperatur) von der Stärke der Nebenvalenzkraft abhängig.	R
9	Der Grund für eine chemische Bindung ist der energetisch günstigere Zustand der Bindungspartner im Vergleich zu den Einzelatomen.	R

Tabelle 5: Items des Hauptfragebogens zum Thema Chemische Bindungen.

Items Säuren & Basen		
1	Je schwächer eine Säure ist, desto schwächer ist ihre korrespondierende Base.	F
2	Bei Säure-Base-Reaktionen kommt es zu einer Protonenübertragung.	R
3	Nichtmetalloxide bilden mit Wasser Säuren.	R
4	Metalloxide bilden mit Wasser Säuren.	F
5	Der pH-Wert einer wässrigen Salzsäurelösung mit der Konzentration $c = 0,1 \text{ mol/L}$ beträgt 1.	R
6	Die Summe des pH-Werts und des pOH-Werts ist 10^{-14} .	F
7	Die Stärke einer Säure kann über den pH-Wert ermittelt werden.	F
8	Werden eine Säure und eine Base im gleichen Verhältnis gemischt, kommt es zur Neutralisation.	F
9	Blausäure (HCN) ist eine starke Säure (pK_A -Wert = 9,40).	F
10	Perchlorsäure (HClO ₄) ist eine starke Säure (pK_A -Wert = -9,00).	R

Tabelle 6: Items des Hauptfragebogens zum Thema Säuren & Basen.

Items Thermodynamik		
1	Ist die Enthalpieänderung ΔH bei einer Reaktion negativ, handelt es sich um eine exotherme Reaktion.	R
2	Die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) gibt an, ob eine Reaktion freiwillig abläuft oder nicht.	R
3	Ist die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) negativ, kann die Reaktion nicht stattfinden.	F
4	Im Gleichgewicht beträgt die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) gleich 0.	R
5	Eine Zunahme der Enthalpie und eine Abnahme der Entropie begünstigen einen spontanen Reaktionsablauf.	F
6	Allen Stoffen kann ein Entropiewert zugeordnet werden.	R
7	Katalysatoren sind Stoffe, die die Geschwindigkeit einer Reaktion beeinflussen und selbst nicht verbraucht werden.	R
8	Je größer die Ordnung in einem System, desto größer ist seine Entropie.	F
9	Exotherme Reaktionen laufen immer freiwillig ab.	F
10	Ob eine Reaktion spontan abläuft oder nicht, hängt auch von der Temperatur ab.	R

Tabelle 7: Items des Hauptfragebogens zum Thema Thermodynamik.

Die Items wurden im Fragebogen in zufälliger Reihenfolge angeordnet, um Effekten im Antwortverhalten der Teilnehmer*innen entgegenzuwirken (Schwarz, Hippler & Noelle-Neumann, 1992).

3.2 Ergebnisse der Pilotumfrage

An der Pilotumfrage nahmen insgesamt 57 Schüler*innen aus dem Evangelischen Realgymnasium Donaustadt und aus dem Bundesoberstufenrealgymnasium Wien Landstraße teil. Von den befragten Schüler*innen waren 30 männlich, 23 weiblich und vier Personen gaben an, divers zu sein. Der Modalwert in Bezug auf das Alter lag bei 18 Jahren mit einer absoluten Häufigkeit von 19, wobei die genaue Aufschlüsselung *Abbildung 6* entnommen werden kann. 31 von 57 der Befragten besuchten zur Zeit der Umfrage die 8. Klasse (12. Schulstufe) und die restlichen 26 die 7. Klasse (11. Schulstufe).

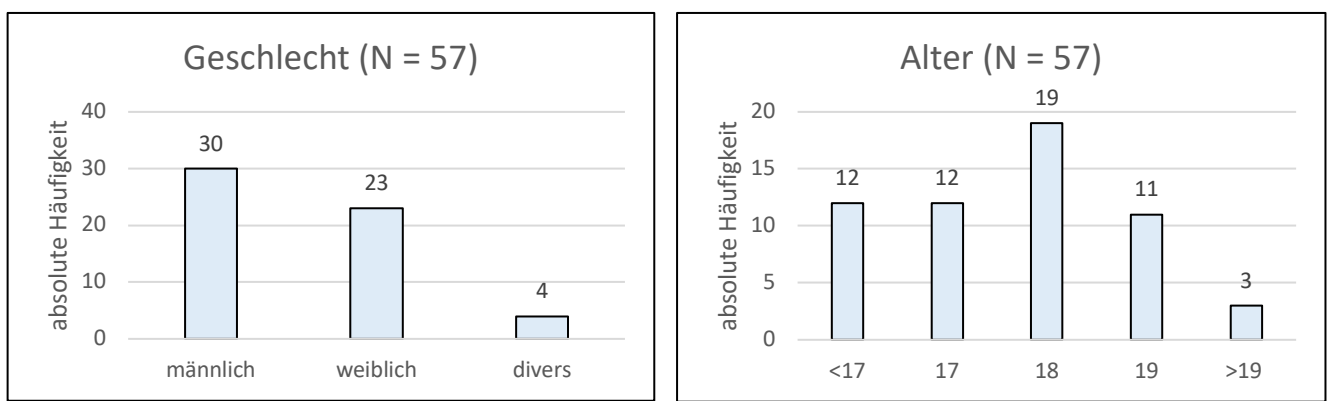


Abbildung 6: Geschlechts- und Altersverteilung der Pilotumfrage.

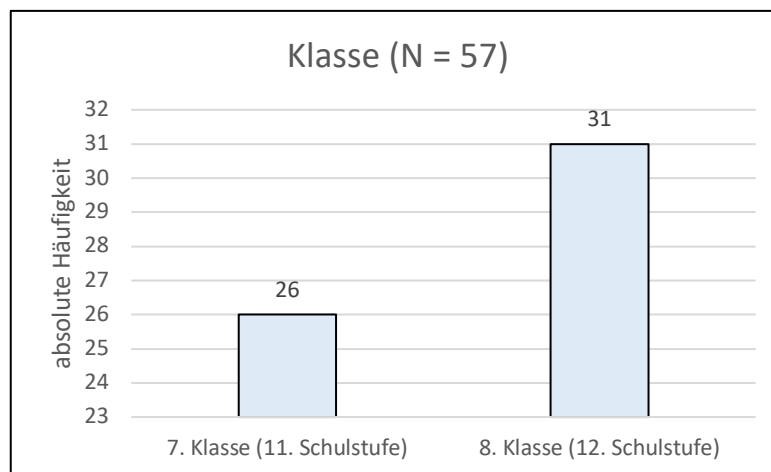


Abbildung 7: Verteilung nach Klasse / Schulstufe.

Die folgenden Diagramme veranschaulichen, wie einfach die Befragten verschiedene Themenbereiche der Chemie empfinden. Dabei entsprechen in *Abbildung 8* höhere Werte einer höheren Zustimmung in Bezug auf die Einfachheit der Kategorie.

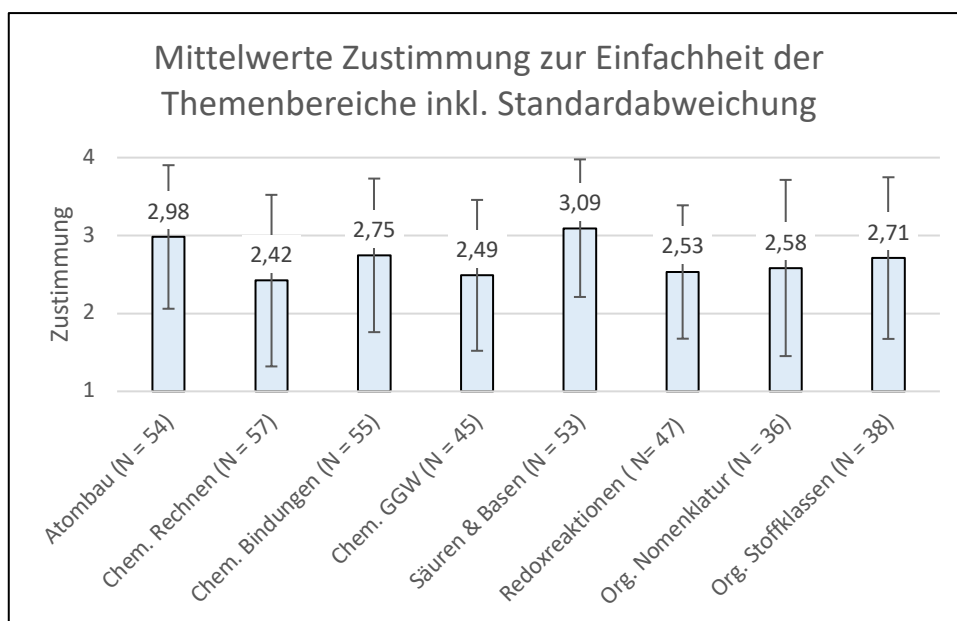


Abbildung 8: Mittelwerte zur subjektiven Einfachheit der Themenbereiche inkl. Standardabweichung.

In *Abbildung 9* sind die absoluten Häufigkeiten der Zustimmung zur Einfachheit der Themengebiete abgebildet, wobei die schwankende Stichmenge damit zu erklären ist, dass die Ausweichoption „wurde im Unterricht noch nicht behandelt“ gewählt wurde. Die größte Zustimmung durch die Schüler*innen erreichten die Themenbereiche Atombau sowie Säuren & Basen.

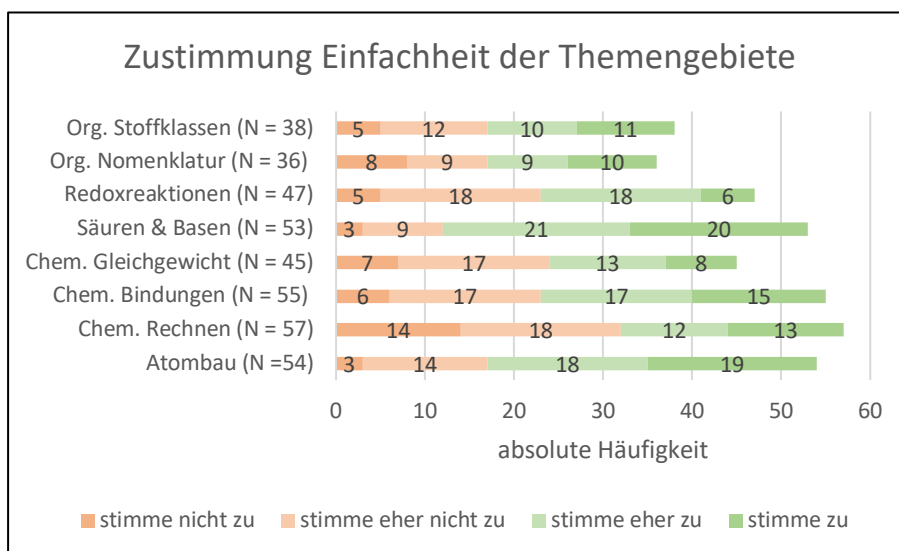


Abbildung 9: Zustimmung Einfachheit der Themengebiete absolute Häufigkeiten.

Für die Abfrage zur persönlichen Einstellung und der Bedeutsamkeit von Chemie ergab sich folgendes Bild (*Abbildung 10*). Auch hierbei stellen höhere Werte eine höhere Zustimmung zu den Aussagen dar.

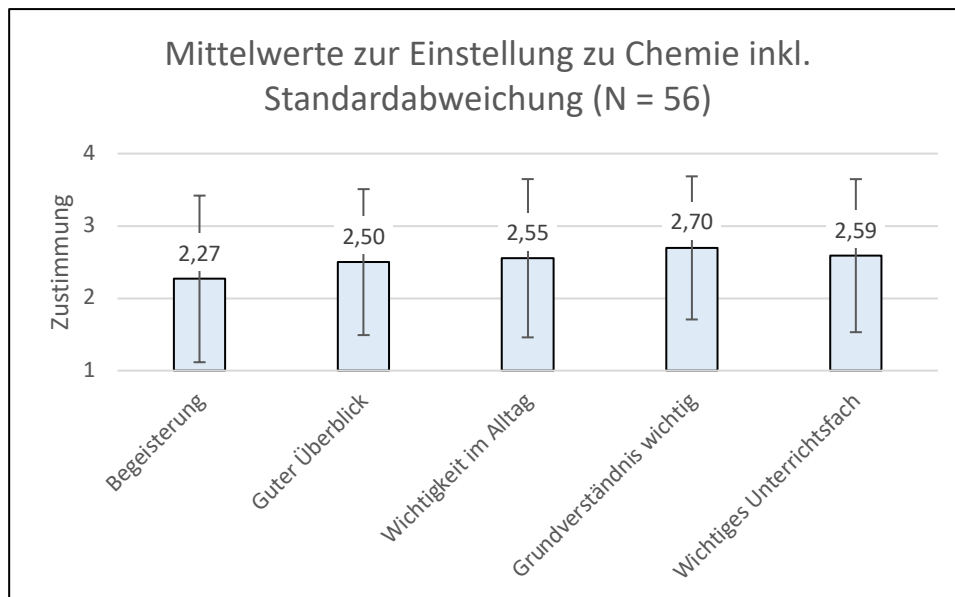


Abbildung 10: Mittelwerte zur Einstellung zu Chemie inkl. Standardabweichung.

34 von den 56 befragten Schüler*innen gaben an, dass jede*r Bürger*in ein Grundverständnis für das Fach Chemie besitzen sollte, obwohl nur 29 Personen angaben, dass Chemie ein wichtiges Unterrichtsfach sei, wie auch *Abbildung 11* zu entnehmen ist.

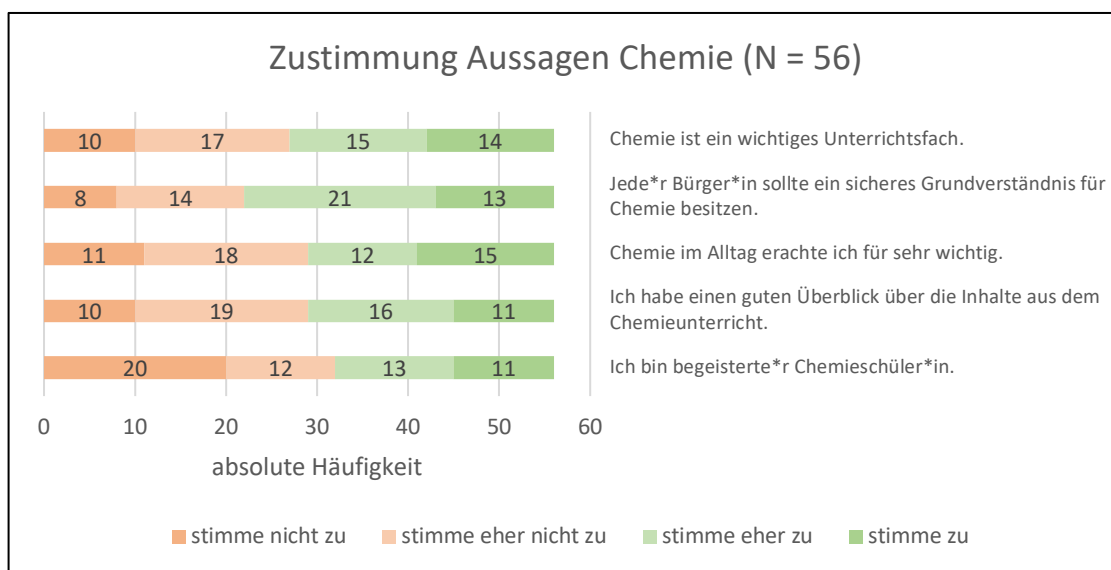


Abbildung 11: Zustimmung zu Aussagen zum Fach Chemie – absolute Häufigkeiten.

3.3 Ergebnisse der Hauptumfrage

3.3.1 Demographische Daten

An der Hauptumfrage nahmen insgesamt 211 Studierende teil wovon 206 Personen den Fragebogen größtenteils abgeschlossen haben. 43 davon waren für das „Bachelorstudium Lehramt – UF Chemie“ und 161 für das „Bachelorstudium Chemie“ inskribiert. Eine Person war für beide Studiengänge angemeldet und zehn Teilnehmer*innen führten ein zusätzliches oder anderes Studium an, wovon fünf davon naturwissenschaftliche Studiengänge waren. Da bei dieser Frage Mehrfachnennungen erlaubt waren, lag die Summe der gegebenen Antworten bei 215, wobei die Stichmenge 211 Studierende betrug, wie auch in *Abbildung 12* ersichtlich.

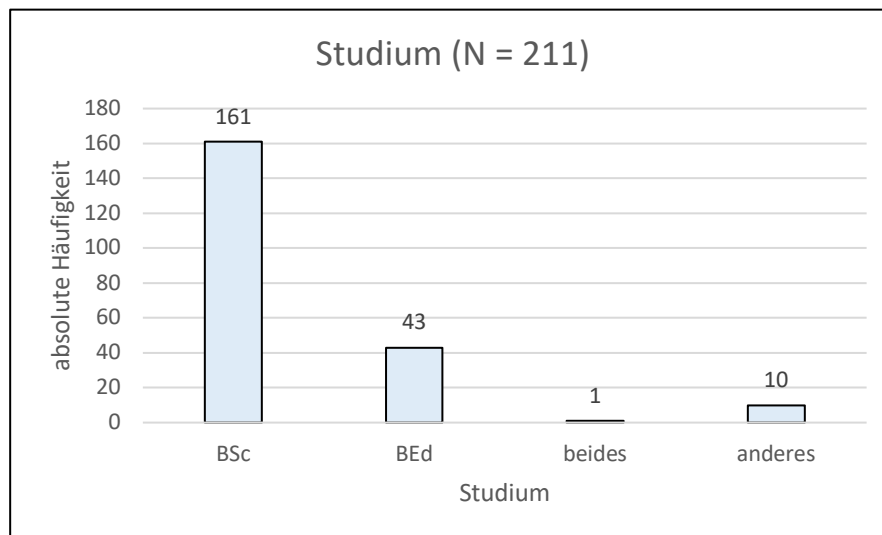


Abbildung 12: Verteilung der Studienwahl der Hauptumfrage (Mehrfachnennung möglich).

Von den Befragten waren 119 Personen weiblich, 86 männlich und sechs divers. Die Mehrheit der Teilnehmenden war zum Zeitpunkt der Befragung 18 oder 19 Jahre alt, wobei die genaue Altersverteilung *Abbildung 13* entnommen werden kann.

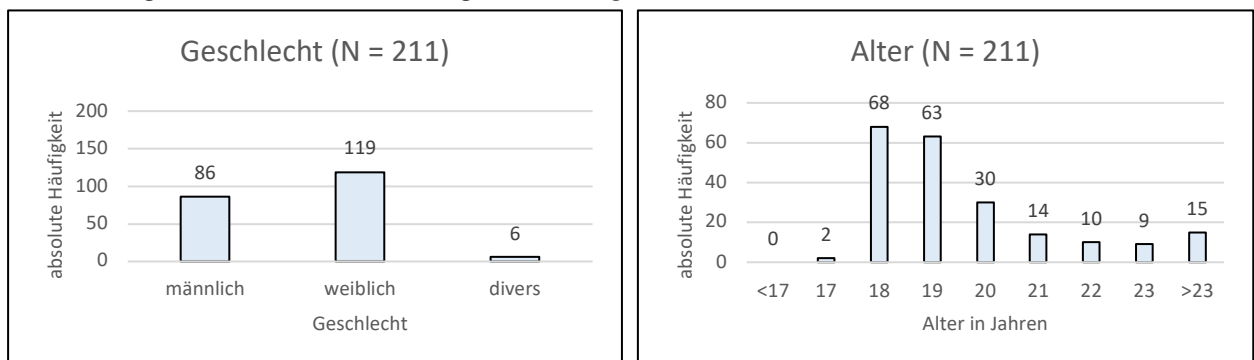


Abbildung 13: Geschlechts- und Altersverteilung der Hauptumfrage.

Die Mehrheit der Student*innen besuchte mit einer absoluten Häufigkeit von 154 (N = 211) eine Allgemeinbildende Höhere Schule (AHS). Die restlichen 57 Personen verteilen sich auf die Schultypen Höhere Technische Lehranstalt (HTL), Berufsbildende Höhere Schule (BHS) sowie andere Schultypen (*Abbildung 14*).

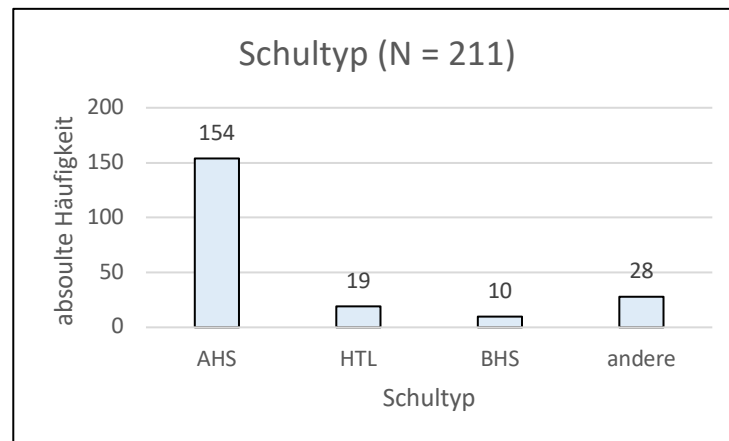


Abbildung 14: Verteilung der Schultypen der Hauptumfrage.

138 der 210 Studierenden gaben an, im Unterrichtsgegenstand Chemie maturiert zu haben. Die Muttersprache von 156 Teilnehmer*innen war Deutsch, während die übrigen 55 eine andere Erstsprache angaben. Darunter wurden beispielsweise Kroatisch, Rumänisch, Serbisch, Tagalog, Ungarisch und Polnisch genannt (*Abbildung 15*).

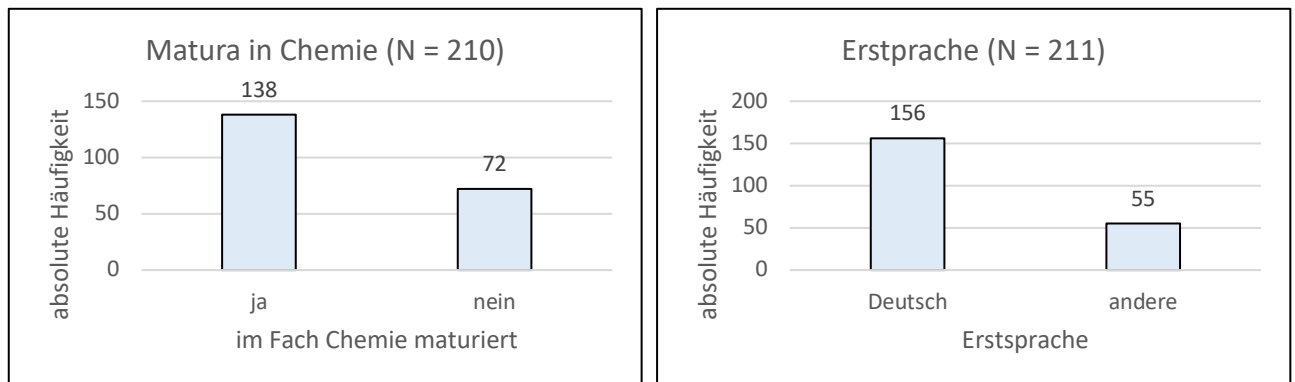


Abbildung 15: Verteilung der Studierenden mit und ohne Matura im UF Chemie sowie Verteilung der Erstsprache.

Von 211 Befragten führten 121 an, dass zumindest ein Elternteil einen akademischen Abschluss besitzt, bei 85 war dies nicht der Fall und fünf Personen wussten es nicht (*Abbildung 16*).

Zusätzlich gaben fünf Studierende an, dass sie bereits ein Studium abgeschlossen haben (*Abbildung 17*), darunter zwei Personen mit abgeschlossenem Studium in

Deutscher Philologie und jeweils eine Person mit abgeschlossenem Pferdewissenschaften-, Physik- und Erdwissenschaften-Studium.

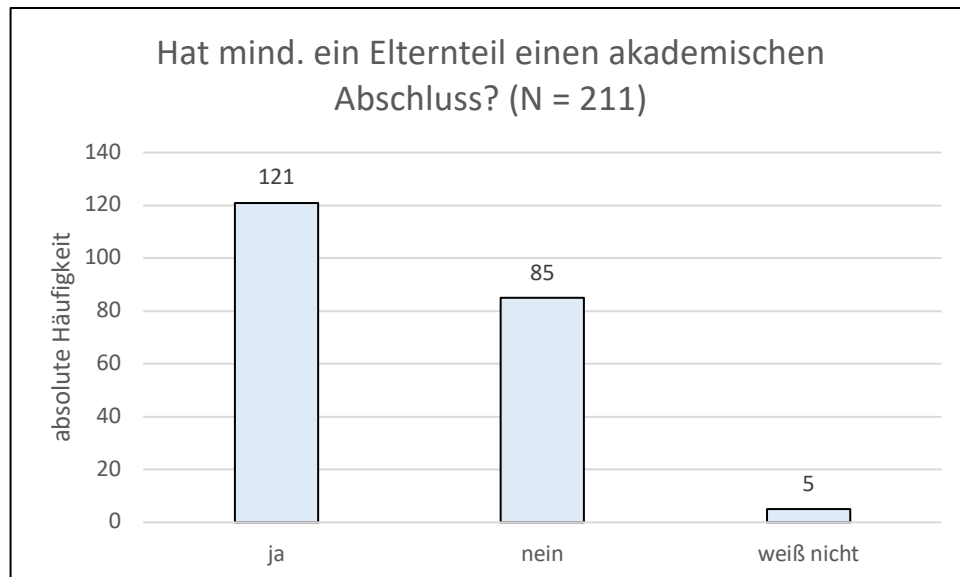


Abbildung 16: Absolute Häufigkeit „Akademischer Abschluss der Eltern“.

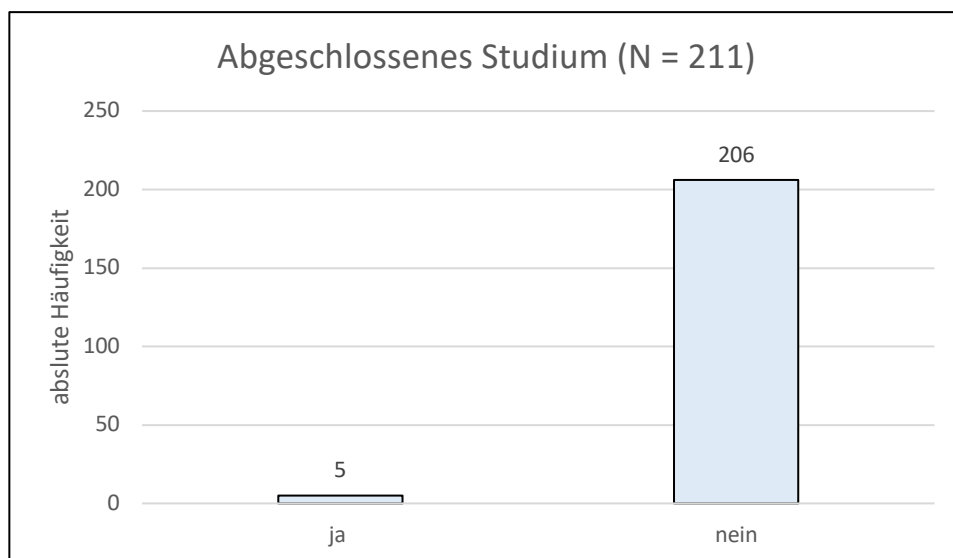


Abbildung 17: Verteilung der Studierenden mit / ohne bereits abgeschlossenes Studium.

3.3.2 Allgemein

Die mittlere Anzahl der richtigen Antworten betrug für das Themengebiet der chemischen Bindungen $6,04 \pm 1,60$. Hierbei wurde mit einem Korrekturfaktor von 10/9 multipliziert, um die Ergebnisse vergleichen zu können, da für die chemischen Bindungen nur neun und für die anderen Bereiche zehn Items verwendet wurden. Der ursprüngliche Wert (bezogen auf neun Items) lag bei $5,44 \pm 1,44$, wobei in *Abbildung 18* der korrigierte Wert ($6,04 \pm 1,60$) zur besseren Vergleichbarkeit dargestellt wurde. Für die Themen Säuren und Basen ergab sich ein Wert inklusive Standardabweichung von $5,67 \pm 1,84$ und für die Thermodynamik $7,01 \pm 1,66$.

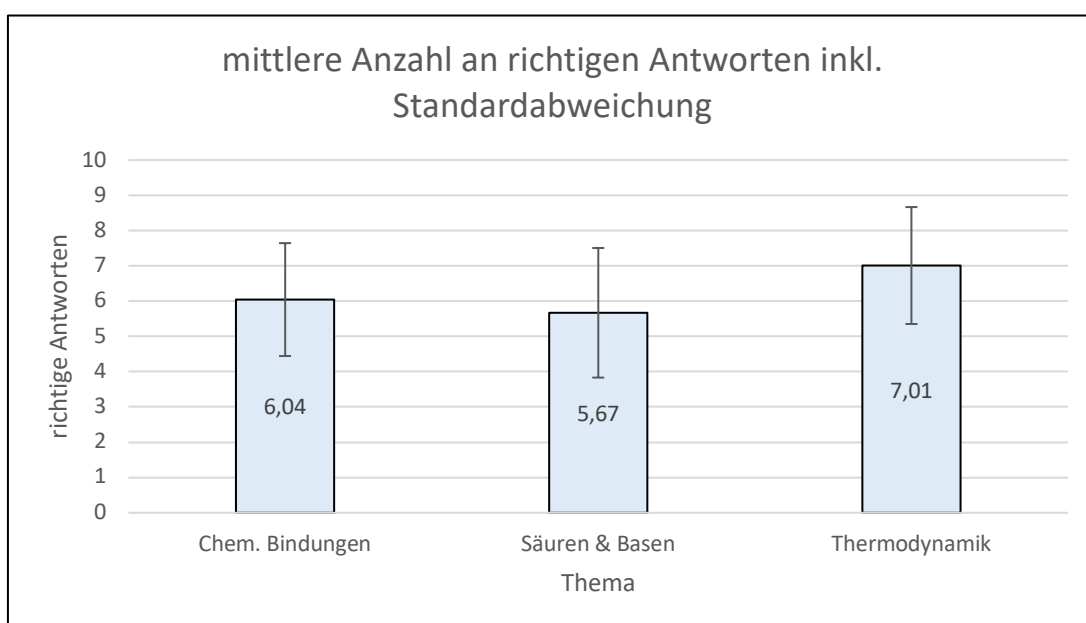


Abbildung 18: Mittlere Anzahl der richtigen Antworten bei den Themengebieten Chemische Bindungen, Säuren & Basen und Thermodynamik.

Die Anzahl der richtigen gegebenen Antworten lag im Schnitt bei $17,79 \pm 3,45$ (*Abbildung 19*). Im Vergleich von Studierenden, die im Fach Chemie maturiert haben ($N = 135$) und jenen, die nicht in Chemie maturiert haben ($N = 68$) gibt es einen signifikanten Unterschied ($t = 2,93$; $p = 0,0037$) in der mittleren Anzahl an richtigen Antworten. So gaben die Teilnehmer*innen mit Chemie-Matura im Schnitt $18,29 \pm 3,08$ von 29 richtigen Antworten, während die Student*innen ohne Chemie-Matura im Mittel $16,81 \pm 3,91$ richtige Antworten gaben (*Abbildung 20*). Die genauen statistischen Werte können *Tabelle 8* entnommen werden.

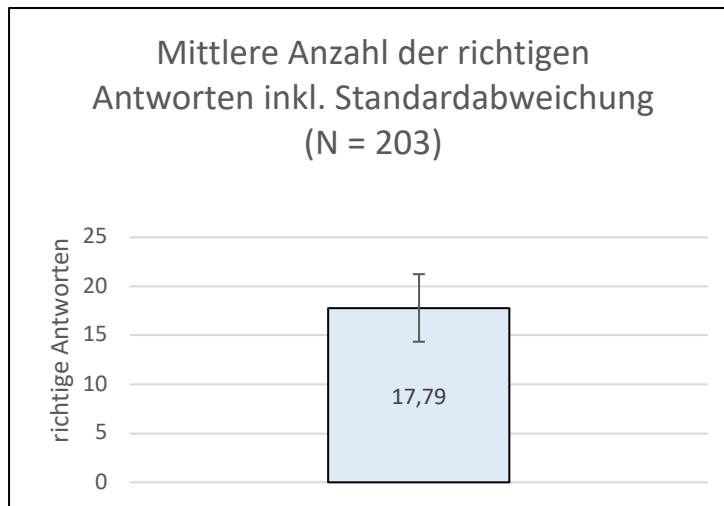


Abbildung 19: Mittlere Anzahl der richtigen Antworten inkl. Standardabweichung.

Vergleich Anzahl der richtigen Antworten					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der richtigen Antworten inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
Studierende mit Chemie-Matura	135	18,29 ± 3,08	2,93	0,0037	ja
Studierende ohne Chemie-Matura	68	16,81 ± 3,91			

Tabelle 8: t-Test zur Anzahl der richtigen Antworten von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura.

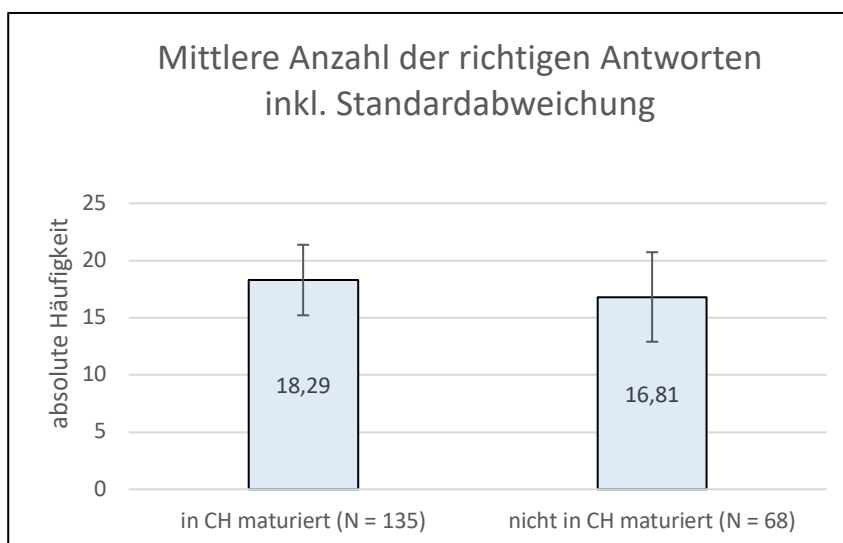


Abbildung 20: Mittlere Anzahl der richtigen Antworten von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura.

In *Abbildung 21* ist die Verteilung der richtigen Antworten über alle Themengebiete hinweg zu sehen, wobei eine annähernde Gauß-Verteilung mit leichter Tendenz nach rechts zu erkennen ist. 182 von 206 Personen gaben 15 oder mehr von insgesamt 29 richtigen Antworten. Jeweils drei Teilnehmer*innen bewerteten 25 oder 26 der 29 Aussagen korrekt.

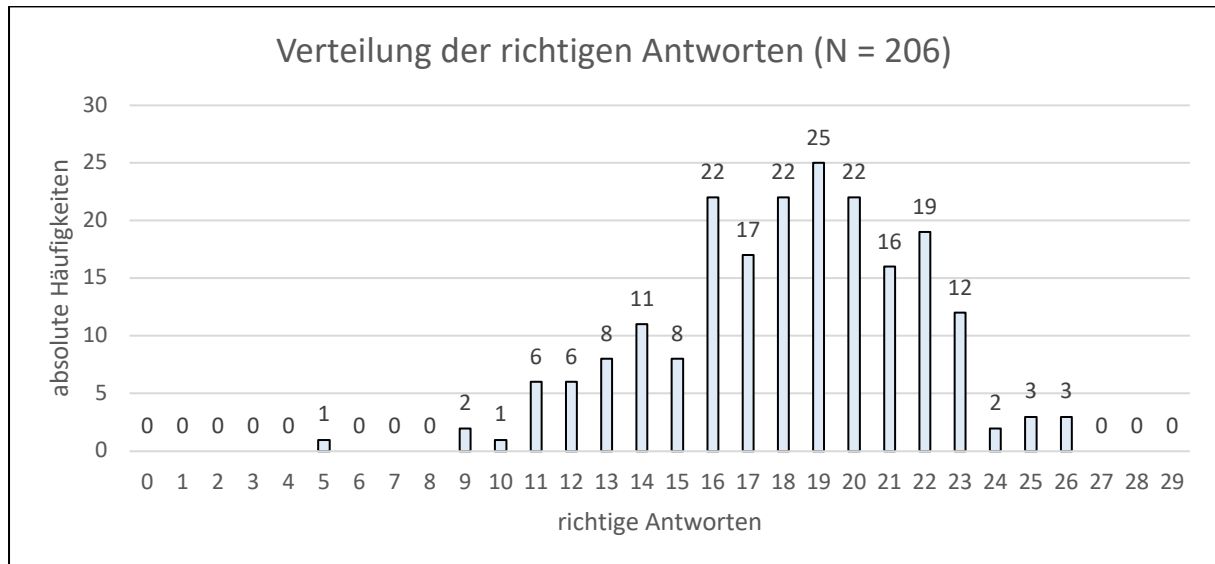


Abbildung 21: Verteilung der richtigen Antworten über alle drei Themenbereiche.

3.3.3 Chemische Bindungen

Für das Gebiet der Chemischen Bindungen ergab sich eine Gaußverteilung in Bezug auf die richtigen Antworten mit einer leichten Verschiebung nach rechts (*Abbildung 22*). Es gab eine Person, die nur eine der Fragen im Themenpool Chemische Bindungen richtig beantworten konnte, wohingegen zwei Personen alle Items der Kategorie richtig bearbeitet haben. Mit einer absoluten Häufigkeit von 65 betrug der Modalwert sechs richtige Antworten für den Bereich Chemische Bindungen, wobei hierbei zu erwähnen ist, dass in diesem Themengebiet nur 9 Items gegeben waren, weswegen die Daten nicht so einfach mit jenen der anderen beiden fachlichen Themen zu vergleichen sind.

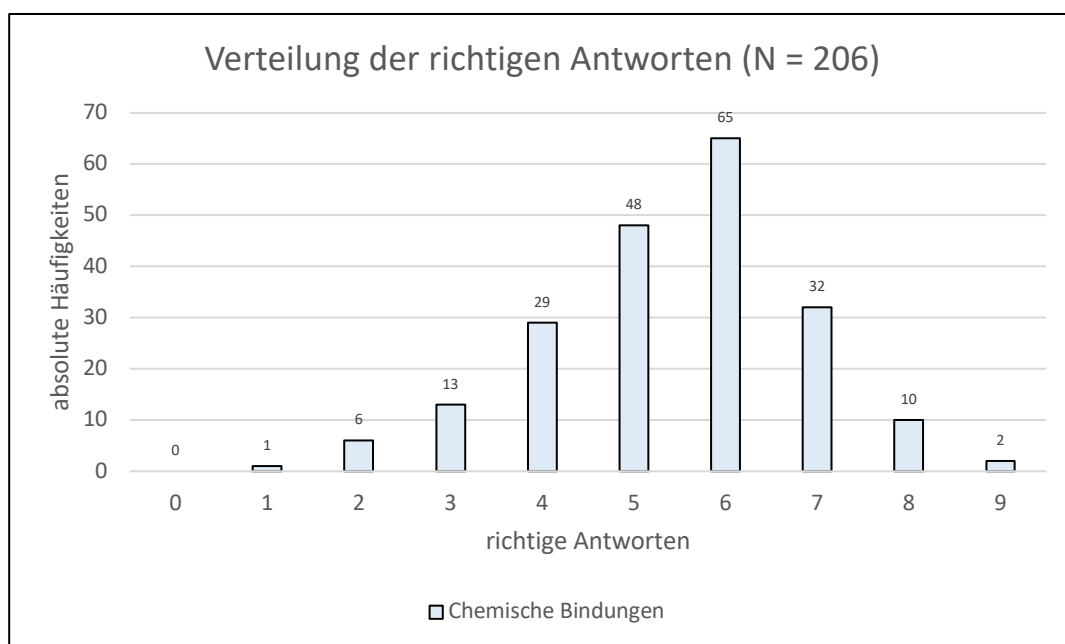


Abbildung 22: Verteilung der richtigen Antworten für den Themenbereich Chemische Bindungen.

Nachfolgend sind die einzelnen Aussagen zum Themenbereich Chemische Bindungen aufgelistet inklusive der Stichmenge sowie der Prozentangaben der richtigen Antworten in absteigender Reihenfolge (Tabelle 9). Die Variation der Stichmenge ist darin zu begründen, dass nicht alle Studierenden, die den Fragebogen begonnen haben, diesen auch vollständig beendet haben.

Die Streuung der richtigen Antworten (in Prozent) ist für dieses Themengebiet enorm und reicht von 89,76 % bei der Aussage „Der Grund für eine chemische Bindung ist der energetisch günstigere Zustand der Bindungspartner im Vergleich zu den Einzelatomen“ bis zu 10,98 % bei der Aussage „Ein Kochsalzkristall besteht aus einer gitterförmigen Anordnung von NaCl-Molekülen“. Der Großteil der Befragten wusste, dass die Art der chemischen Bindung von den Unterschieden in der Elektronegativität und den Bindungspartnern abhängig ist (81,77 %), dass ein Wassermolekül ein polares Molekül ist (81,46 %) und dass die Elektronen in einem Metall frei beweglich sind (71,57 %). Deutlich weniger Studierende konnten erkennen, dass Legierungen nicht spröde sind (59,90 %) und dass in einem Molekülorbital nicht nur zwei Elektronen vorhanden sein können (57,35 %). Auch der Zusammenhang von Nebenvalenzen und dem Aggregatzustand war nur 57,71 % der Befragten bekannt und 41,38 % wussten, dass ein Kochsalzkristall den elektrischen Strom nicht leitet.

Aussage	Stichmenge (N)	Richtige Antworten
Der Grund für eine chemische Bindung ist der energetisch günstigere Zustand der Bindungspartner im Vergleich zu den Einzelatomen. (R)	205	89,76 %
Die Art der chemischen Bindung hängt von den Elektronegativitätsunterschieden der beteiligten Bindungspartnern ab. (R)	203	81,77 %
Ein Wassermolekül (H ₂ O) ist ein unpolares Molekül. (F)	205	81,46 %
In einem Stück Metall sind die Elektronen frei beweglich. (R)	204	71,57 %
Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Atomrümpfe sind Legierungen spröde. (F)	197	59,90 %
In einem Molekülorbital können maximal zwei Elektronen vorhanden sein. (F)	204	57,35 %
Der Aggregatzustand von Stoffen aus Molekülen ist (bei konstanter Temperatur) von der Stärke der Nebenvalenzkraft abhängig. (R)	201	57,71 %
Ein Kochsalzkristall leitet aufgrund der negativ und positiv geladenen Ionen elektrischen Strom. (F)	203	41,38 %
Ein Kochsalzkristall besteht aus einer gitterförmigen Anordnung von NaCl-Molekülen. (F)	202	10,89 %

Tabelle 9: Prozentzahl der richtigen Antworten pro Item im Bereich Chemische Bindungen.

3.3.4 Säuren und Basen

Auch beim Thema Säuren und Basen ist eine annähernde Gaußverteilung bezüglich der richtig gegebenen Antworten mit leichter Tendenz nach rechts zu erkennen (*Abbildung 23*). Der Modus für den Bereich Säuren und Basen liegt mit einer absoluten Häufigkeit von 40 ebenfalls bei sechs richtigen Antworten, wobei hier zehn Items zu bewerten waren. Die Mehrheit der Befragten gaben vier bis acht richtige Antworten. Eine Person konnte alle 10 Items richtig beantworten.

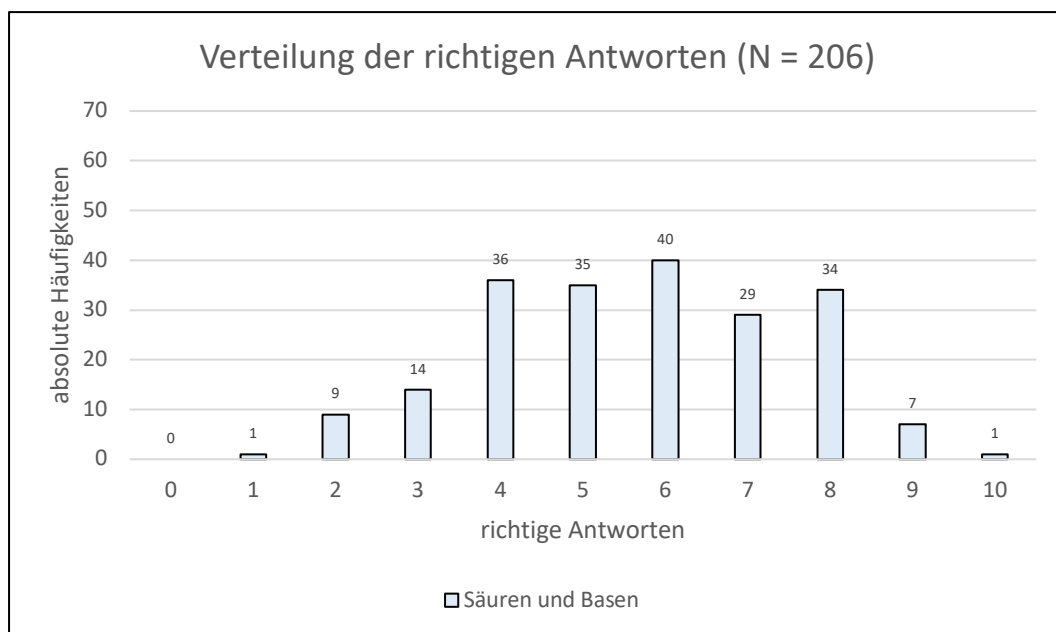


Abbildung 23: Verteilung der richtigen Antworten für den Themenbereich Säuren & Basen.

Auch für den Bereich Säuren und Basen folgt eine Auflistung der Items samt Stichmenge und Prozentwert der richtigen Antworten in absteigender Reihenfolge (Tabelle 10).

Aussage	Stichmenge (N)	Richtige Antworten
Bei Säure-Base-Reaktionen kommt es zu einer Protonenübertragung. (R)	204	86,27 %
Je schwächer eine Säure ist, desto schwächer ist ihre korrespondierende Base. (F)	206	74,76 %
Perchlorsäure (HClO_4) ist eine starke Säure (pK_a - Wert = -9,00). (R)	204	70,10 %
Der pH-Wert einer wässrigen Salzsäurelösung mit der Konzentration $c = 0,1 \text{ mol/L}$ beträgt 1. (R)	201	63,68 %
Nichtmetalloxide bilden mit Wasser Säuren. (R)	199	63,32 %
Blausäure (HCN) ist eine starke Säure (pK_a - Wert = 9,40). (F)	204	53,92 %
Die Summe des pH-Werts und des pOH-Werts ist 10^{-14} . (F)	205	52,68 %
Metalloxide bilden mit Wasser Säuren. (F)	200	50,50 %
Werden eine Säure und eine Base im gleichen Verhältnis gemischt, kommt es zur Neutralisation. (F)	205	37,56 %
Die Stärke einer Säure kann über den pH-Wert ermittelt werden. (F)	204	22,06 %

Tabelle 10: Prozentzahl der richtigen Antworten pro Item im Bereich Säuren & Basen.

Ähnlich wie im Bereich Chemische Bindungen gibt es auch hier eine breite Streuung der richtigen Antworten (in Prozent). So haben 86,27 % der befragten Studierenden richtig erkannt, dass eine Säure-Base-Reaktion eine Protonenübertragungsreaktion ist, jedoch nur 22,06 % wussten, dass die Aussage „Die Stärke einer Säure kann über den pH-Wert ermittelt werden“ falsch ist. Des Weiteren hatten nur 37,56 % ein richtiges Verständnis zu Neutralisationsreaktionen. Die restlichen Aussagen wurden von mehr als der Hälfte der Studierenden richtig beantwortet.

3.3.5 Thermodynamik

Wider Erwarten ergab sich im Bereich Thermodynamik ebenso eine Gaußverteilung, welche jedoch eine deutliche Verschiebung nach rechts aufweist (*Abbildung 24*). Dies bedeutet, dass die Befragten in dieser fachlichen Disziplin besser abschnitten als in den beiden zuvor genannten. Auch der Modalwert spiegelt dies wider, wobei die Mehrheit von 59 Teilnehmenden sieben richtige Antworten gab. Acht der Befragten Studierenden erreichten zehn richtige Antworten in diesem Themenbereich.

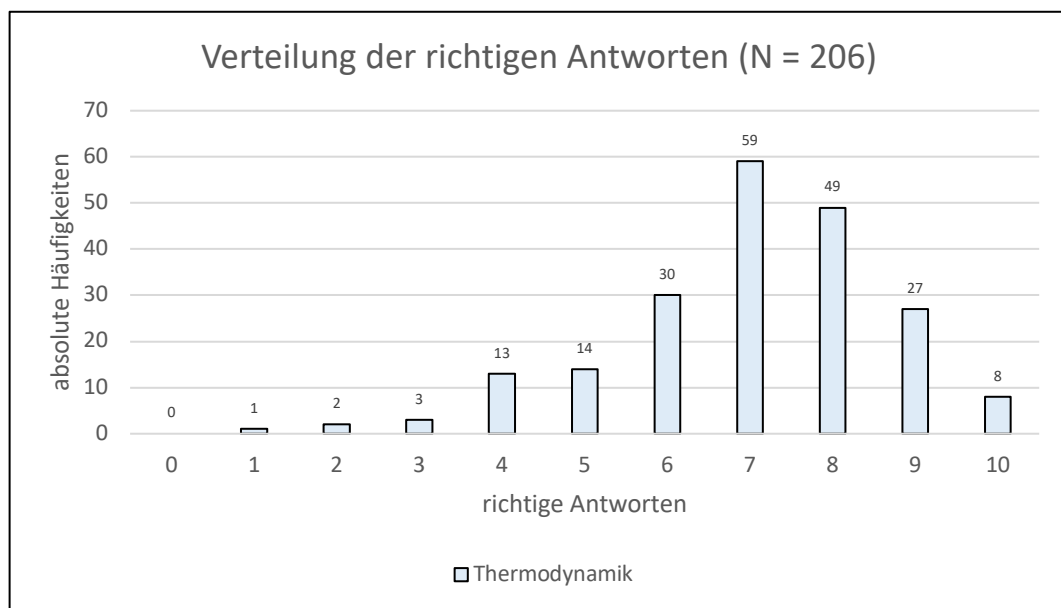


Abbildung 24: Verteilung der richtigen Antworten für den Themenbereich Thermodynamik.

Wie bereits zuvor für die Themen „Chemische Bindungen“ und Säuren & Basen werden in *Tabelle 11* auch für das fachliche Gebiet der Thermodynamik die von den Student*innen zu beurteilenden Aussagen sowie die Stichmenge und die richtigen Antworten in Prozent in absteigender Reihenfolge angeführt.

Aussage	Stichmenge (N)	Richtige Antworten
Katalysatoren sind Stoffe, die die Geschwindigkeit einer Reaktion beeinflussen und selbst nicht verbraucht werden. (R)	202	90,10 %
Ob eine Reaktion spontan abläuft oder nicht, hängt auch von der Temperatur ab. (R)	206	87,86 %
Die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) gibt an, ob eine Reaktion freiwillig abläuft oder nicht. (R)	202	78,71 %
Ist die Enthalpieänderung ΔH bei einer Reaktion negativ, handelt es sich um eine exotherme Reaktion. (R)	203	74,38 %
Allen Stoffen kann ein Entropiewert zugeordnet werden. (R)	201	72,14 %
Ist die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) negativ, kann die Reaktion nicht stattfinden. (F)	201	71,64 %
Im Gleichgewicht beträgt die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) gleich 0. (R)	198	67,17 %
Je größer die Ordnung in einem System, desto größer ist seine Entropie. (F)	203	64,53 %
Exotherme Reaktionen laufen immer freiwillig ab. (F)	203	60,59 %
Eine Zunahme der Enthalpie und eine Abnahme der Entropie begünstigen einen spontanen Reaktionsablauf. (F)	198	47,98 %

Tabelle 11: Prozentzahl der richtigen Antworten pro Item im Bereich Thermodynamik.

In diesem Themenbereich schnitten die Studierenden im Schnitt am besten ab. So konnte die Aussage „Eine Zunahme der Enthalpie und eine Abnahme der Entropie begünstigen einen spontanen Reaktionsablauf“ von 47,98 % der Befragten richtigerweise als falsch identifiziert werden und alle anderen Aufgaben konnten von deutlich mehr als der Hälfte Teilnehmer*innen richtig beantwortet werden.

3.3.6 Sicherheiten

In Bezug auf die Sicherheit, mit der die befragten Studierenden die Aussagen zu den drei Themenbereichen eingeschätzt haben, wurden folgende Vergleiche angestellt. Einerseits wurden die Mittelwerte der Sicherheiten von Student*innen mit und ohne Matura im Unterrichtsfach Chemie miteinander verglichen. Andererseits wurden auch die Mittelwerte der Sicherheiten der Studierenden mit den meisten und den wenigsten richtigen Antworten mittels T-Test (Signifikanzniveau: 1%, zweiseitige Fragestellung) hinsichtlich deren Unterschied untersucht. Dabei wurden pro Vergleichsgruppe jeweils die mittlere Sicherheit der richtig und falsch beantworteten Aufgaben gegenübergestellt und auf deren Signifikanz getestet.

Vergleich Studierende mit Chemie-Matura und ohne Chemie-Matura

Für den Vergleich der Teilnehmer*innen, die im Unterrichtsfach Chemie maturiert haben und jenen, auf die dies nicht zutrifft, ergab sich sowohl für die Sicherheit bei richtigen Antworten als auch bei falschen Antworten ein signifikanter Unterschied wie auch in *Tabelle 12* und *Tabelle 13* ersichtlich.

Sicherheit bei richtigen Antworten					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der Sicherheit inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
Studierende mit Chemie-Matura	135	3,05 ± 0,50	5,42	< 0,00001	ja
Studierende ohne Chemie-Matura	68	2,61 ± 0,62			

Tabelle 12: t-Test Sicherheit von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura bei richtigen Antworten.

Sicherheit bei falschen Antworten					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der Sicherheit inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
Studierende mit Chemie-Matura	135	2,78 ± 0,52	3,34	0,0010	ja
Studierende ohne Chemie-Matura	68	2,50 ± 0,61			

Tabelle 13: t-Test Sicherheit von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura bei falschen Antworten.

Die subjektiv empfundene Sicherheit lag unabhängig von der Richtigkeit der Beantwortung bei den Befragten mit Chemie-Matura über jener der Studierenden ohne Chemie-Matura (*Abbildung 25*).

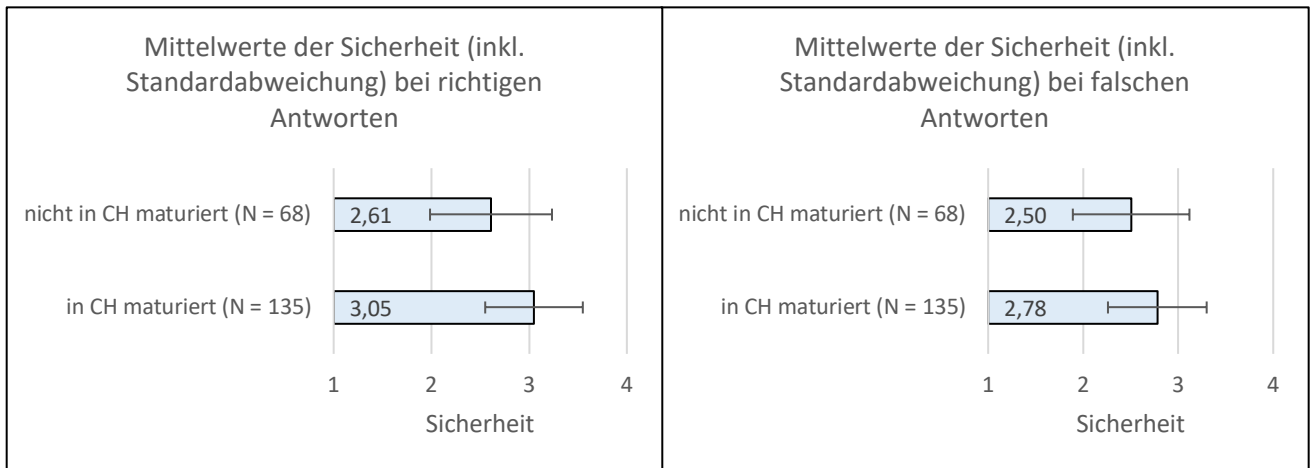


Abbildung 25: Mittelwerte der Sicherheit für Studierende mit / ohne Chemie-Matura.

Vergleich Studierende mit vielen richtigen Antworten und wenig richtigen Antworten

Die hierbei definierten Gruppen wurden so gewählt, dass deren Stichmengen repräsentativ und vergleichbar sind. Daher wurden alle Studierenden mit mehr als 20 (von maximal 29) richtigen Antworten in einer Gruppe zusammengeführt und alle Teilnehmer*innen mit weniger als 17 (von maximal 29) richtigen Antworten.

Auch hier ergab sich im Mittel eine höhere Sicherheit bei Studierenden mit den besten Ergebnissen im Vergleich zu jenen mit den schlechtesten Ergebnissen mit signifikantem Unterschied (*Tabelle 14 & Tabelle 15*).

Sicherheit bei richtigen Antworten					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der Sicherheit inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
Studierende mit mehr als 20 richtigen Antworten	55	3,23 ± 0,36	6,71	< 0,00001	ja
Studierende mit weniger als 17 richtigen Antworten	65	2,56 ± 0,65			

Tabelle 14: t-Test Sicherheit von Studierenden mit den besten / schlechtesten Ergebnissen bei richtigen Antworten.

Sicherheit bei falschen Antworten					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der Sicherheit inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
Studierende mit mehr als 20 richtigen Antworten	55	2,92 ± 0,53	4,14	0,00007	ja
Studierende mit weniger als 17 richtigen Antworten	65	2,48 ± 0,62			

Tabelle 15: t-Test Sicherheit von Studierenden mit den besten / schlechtesten Ergebnissen bei falschen Antworten.

Im Mittel hatten Studierende mit besseren Ergebnissen ein höheres Maß an subjektiv empfundener Sicherheit verglichen mit Student*innen, die bei der Befragung schlechter abgeschnitten haben wie auch in *Abbildung 26* ersichtlich.

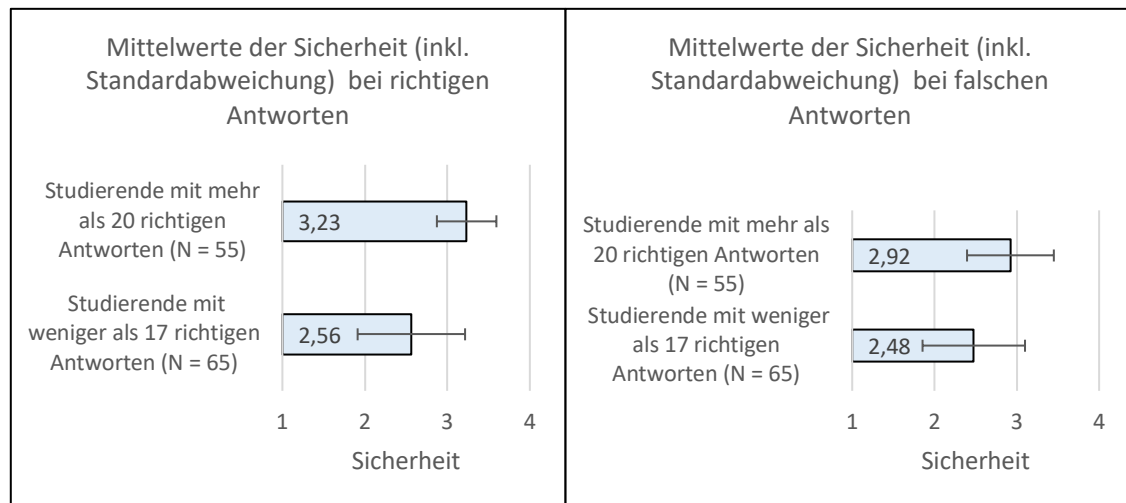


Abbildung 26: Mittelwerte der Sicherheit für Studierende mit den besten / schlechtesten Ergebnissen.

Vergleich der Sicherheiten bei richtigen und falschen Antworten

Hierbei wurde die Sicherheiten bei richtigen und falschen Antworten miteinander verglichen, wobei die Studierenden mit Chemie-Matura (N = 135) und jenen ohne Matura im Unterrichtsfach Chemie (N = 68) separat betrachtet wurden. Dabei ergab sich, dass sich Studierende, die in Chemie maturiert haben, bei richtigen Antworten eine signifikant höhere Sicherheit ($3,05 \pm 0,50$) aufweisen als bei falschen Antworten ($2,78 \pm 0,52$). Für die teilnehmenden Student*innen ohne Chemie-Matura konnte kein signifikanter Unterschied in den Sicherheiten bei richtigen ($2,61 \pm 0,62$) und falschen ($2,50 \pm 0,61$) Antworten ermittelt werden. Die errechneten t-Werte und p-Werte können *Tabelle 16* und *Tabelle 17* entnommen werden.

Sicherheit bei Studierenden mit Chemie-Matura					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der Sicherheit inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
richtige Antworten	135	$3,05 \pm 0,50$	4,34	0,00002	ja
falsche Antworten		$2,78 \pm 0,52$			

Tabelle 16: t-Test Sicherheit bei Studierenden mit Chemie-Matura.

Sicherheit bei Studierenden ohne Chemie-Matura					
Gruppe	Stichmenge (N)	Mittelwert der Sicherheit inkl. Standardabweichung	t-Wert	p-Wert	signifikant
richtige Antworten	68	$2,61 \pm 0,62$	0,99	0,3245	nein
falsche Antworten		$2,50 \pm 0,61$			

Tabelle 17: t-Test Sicherheit bei Studierenden ohne Chemie-Matura.

Abbildung 27 stellt den Unterschied in den Sicherheiten bei richtigen und falschen Antworten von Studierenden mit und ohne Matura im Unterrichtsgegenstand Chemie graphisch dar.

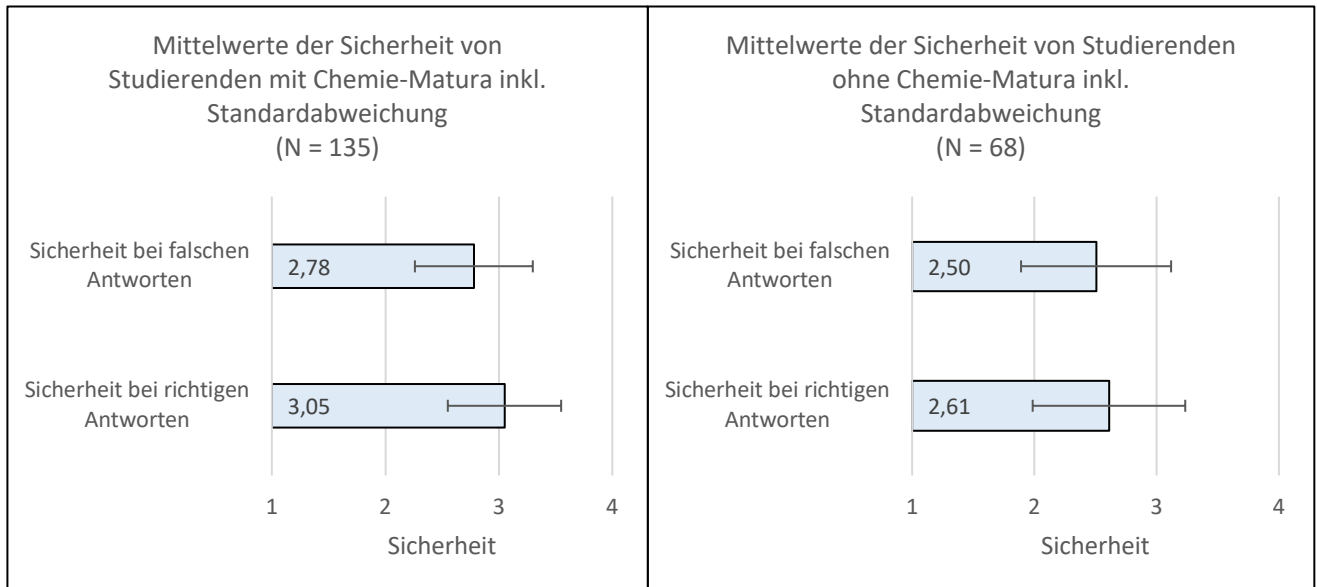


Abbildung 27: Mittelwerte der Sicherheit von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura.

4 Diskussion

Von den 211 Student*innen, die an der Hauptumfrage teilgenommen haben, haben 206 den Fragebogen beinahe vollständig ausgefüllt. Laut Michael Malarek, PhD, einem der Professoren für die Lehrveranstaltung „Allgemeine Chemie A“, im Rahmen derer die Umsetzung der Umfrage stattgefunden hat, waren 297 Personen für die Lehrveranstaltung angemeldet. Dies bedeutet, dass von den Studienanfänger*innen des Wintersemesters 2023 ein großer Anteil der Grundgesamtheit in dieser Befragung erfasst wurde und die gesammelten Ergebnisse daher statistisch gesehen als durchaus relevant betrachtet werden können.

Im Allgemeinen lässt sich behaupten, dass die befragten Studierenden einige Probleme beim Verständnis der bearbeiteten chemischen Fachinhalte haben. Dies spiegelt sich auch in der durchschnittlichen Anzahl an richtigen Antworten wider. Über alle Studierende verteilt ergab sich ein Ergebnis von $17,79 \pm 3,45$ von 29 richtigen Antworten. Auch wenn die Befragten mit Chemie-Matura mit $18,29 \pm 3,08$ im Mittel etwas besser abschnitten, als die Vergleichsgruppe ohne Chemie-Matura ($16,81 \pm 3,91$) zeigen die Ergebnisse deutliche Wissenslücken bei den Studierenden auf. Wird dies in den Kontext gesetzt, dass alle zu beurteilenden Aussagen ausschließlich aus Inhalten des Lehrplans bestanden, welche alle Schüler*innen in Österreich, die mit Matura abschließen, beherrschen sollten, sind die erhobenen Daten durchaus erschreckend. Besonders in Anbetracht dessen, dass bei der Untersuchung eine Gruppe an Studierenden befragt wurde, die für einen chemischen Studiengang inskribiert ist und von denen 161 Personen (BSc) einen fachlichen Aufnahmetest bestehen mussten, um zum Studium zugelassen zu werden. Des Weiteren lässt sich aus den erhobenen Daten herauslesen, dass viele der Teilnehmer*innen zwar Definitionen zu einzelnen Fachbereichen wiedergeben können, jedoch an der Anwendung dieser scheitern. Auch einige Präkonzepte sind bei den befragten Student*innen wiederzufinden.

Die genauere Interpretation zu den drei Themengebieten (Chemische Bindungen, Säuren & Basen und Thermodynamik) erfolgt in den Unterkapitel 4.1 – 4.3 sowie eine Diskussion zu den subjektiv empfundenen Sicherheiten der Befragten (Kapitel 4.4).

4.1 Chemische Bindungen

Die mittlere Anzahl an richtigen Antworten im Bereich chemische Bindungen lag bei $5,44 \pm 1,44$ richtigen Antworten (bezogen auf neun Aufgaben). Der auf zehn Items extrapolierte Mittelwert beträgt $6,04 \pm 1,60$ von zehn richtigen Antworten.

Diesen Themenbereich betreffend ist bei den Studierenden ein Präkonzept deutlich vertreten, nämlich die Vorstellung, dass NaCl-Moleküle existieren. Nur 10,89 % der Befragten konnten die Aussage *„Ein Kochsalzkristall besteht aus einer gitterförmigen Anordnung von NaCl-Molekülen“* als falsch identifizieren. Zwar wissen 81,77 %, dass die Art der chemischen Bindungen von den beteiligten Bindungspartnern sowie den Unterschieden in der Elektronegativität liegen, jedoch sind ihnen die Termini für unterschiedliche Bindungsarten anscheinend nicht hinlänglich bekannt, was die Existenz von *„NaCl-Molekülen“* zur Folge hat.

Zudem waren 58,62 % der Teilnehmer*innen der Meinung, dass ein Kochsalzkristall elektrischen Strom leitet und 40,10% der Student*innen gaben an, dass Legierungen spröde sind. Auch ohne das Wissen über den Aufbau der metallischen Bindung wäre diese Aufgabe allein mit Beobachtungen aus dem Alltag leicht zu beantworten gewesen. So hätte beispielsweise nur an einen metallischen Gegenstand und an dessen Eigenschaften gedacht werden müssen.

Zumindest erkannte der Großteil der Befragten (89,76 %) den Grund für chemische Bindungen im Erreichen eines energetisch günstigeren Zustands für die Bindungspartner im Vergleich zu den Einzelatomen. Auch, dass es sich bei einem Wassermolekül nicht um ein unpolares Molekül handelt, konnten 81,46 % der Teilnehmer*innen wiedergeben.

4.2 Säuren und Basen

Für das Thema Säuren und Basen ergab sich ein Mittelwert von $5,67 \pm 1,84$ von zehn richtigen Antworten.

Die Aussage, die die meisten Personen auf diesem Gebiet richtig beurteilen konnten, war, dass es sich bei Säure-Basen-Reaktionen um Protonenübertragungsreaktionen handelt. Diese Definition erkannten 86,27 % der Befragten als richtig. Überdies konnten 74,76 % der Teilnehmer*innen erkennen, dass die Aussage *„Je schwächer eine Säure ist, desto schwächer ist ihre korrespondierende Base“* falsch ist.

Doch auch hier sind unter den Studierenden Präkonzepte vertreten, wie beispielsweise, dass der pH-Wert Auskunft über den Säuregehalt gibt. So konnten nur 22,06 % der Teilnehmer*innen erkennen, dass es sich bei *„Die Stärke einer Säure kann über den pH-Wert ermittelt werden“* um eine falsche Aussage handelt. Auch die Vorstellung, dass eine Neutralisation durch das Mischen von gleichen Verhältnissen einer Säure mit einer Base erreicht wird, war bei 62,44 % der befragten Student*innen vertreten.

Zudem wurden für das Themengebiet der Säuren und Basen auch „Aussagen-Paare“ erstellt, welche auf dem gleichen Prinzip basieren und daher ähnliche Verteilungen der richtigen Antworten zu erwarten waren. Dies trifft jedoch nicht zu. So konnten zwar 70,10 % der Befragten bei gegebenen pK_A -Wert erkennen, dass Perchlorsäure eine starke Säure ist, jedoch nur 53,92 % (bei ebenfalls gegebenen pK_A -Wert), dass Blausäure keine starke Säure ist.

Ein weiteres dieser Paare stellten die Aussagen *„Nichtmetalloxide bilden mit Wasser Säuren“* und *„Metalloxide bilden mit Wasser Säuren“*. Auch hier schnitten die Studierenden unterschiedlich gut ab, so gaben 63,32 % der Befragten richtigerweise an, dass Nichtmetalloxide in Wasser Säuren bilden, jedoch nur 50,50 % erkannten, dass dies auf Metalloxide in Wasser nicht zutrifft.

Außerdem stellten nur knapp mehr als die Hälfte (52,68 %) den Zusammenhang des pH-Werts und des pOH-Werts fest und konnten die Aussage *„Die Summe des pH-Werts und des pOH-Werts ist 10^{-14} “* als falsch identifizieren.

4.3 Thermodynamik

Beim Thema Thermodynamik schnitten die Studierenden mit $7,01 \pm 1,66$ richtigen Antworten verglichen mit den anderen beiden Themen im Mittel am besten ab.

Die Aussage, die die wenigsten Student*innen (47,98 %) im Bereich Thermodynamik richtig bewerten konnte, war *„Eine Zunahme der Enthalpie und eine Abnahme der Entropie begünstigen einen spontanen Reaktionsablauf“*. Dennoch gaben die Befragten für dieses Gebiet durchschnittlich deutlich mehr richtige Antworten verglichen mit den anderen beiden Themenbereichen. So konnten 90,10 % der Teilnehmer*innen die Definition eines Katalysators als Stoff, der die Geschwindigkeit einer Reaktion beeinflusst, jedoch selbst nicht verbraucht wird, als korrekt identifizieren.

87,86 % erkannten, dass der spontane Ablauf einer chemischen Reaktion auch von der Temperatur abhängig ist, jedoch gaben 60,59 % der Student*innen fälschlicherweise an, dass exotherme Reaktionen immer freiwillig ablaufen.

Bezogen auf die freie Reaktionsenthalpie konnten 78,71 % der Studierenden erkennen, dass diese in Zusammenhang mit dem spontanen Ablauf einer chemischen Reaktion steht, jedoch wussten nur 71,17 %, dass die Aussage *„Ist die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) negativ, kann die Reaktion nicht stattfinden“* falsch ist und nur 67,17 % gaben richtigerweise an, dass die freie Reaktionsenthalpie im Gleichgewicht gleich Null ist. Es lässt sich also erkennen, dass zwar Definitionen gewusst werden, aber die Anwendung eben einigen der Befragten Schwierigkeiten bereiteten.

In Bezug auf die Präkonzepte können an dieser Stelle kaum Aussagen getroffen werden, da sich die in der Literatur zu findenden Schüler*innenvorstellungen vor allem auf den Energiebegriff und die Wärme beziehen, zu welchen im Fragebogen keine Items vorhanden waren.

4.4 Sicherheit

Hinsichtlich der erhobenen Daten zur Sicherheit lässt sich sagen, dass sich Studierende mit mehr richtigen Antworten im Schnitt signifikant sicherer mit ihren gegebenen Antworten fühlten als Studierende mit weniger richtigen Antworten. Dieser Unterschied in der subjektiv empfundenen Sicherheit war sowohl bei richtigen als auch bei falschen gegebenen Antworten bei den Teilnehmer*innen mit mehr richtigen Antworten signifikant höher. Bezogen auf die eingangs gestellte Forschungsfrage *„Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten?“* wird deutlich, dass ein solcher Zusammenhang besteht. So kann behauptet werden, dass die Befragten mit einer höheren Anzahl an richtigen Antworten im Schnitt auch sicherer bei der Beantwortung der Aussagen waren, unabhängig davon, ob die Aufgabe korrekt gelöst wurde oder nicht.

Auch in Bezug auf die Matura im Unterrichtsfach Chemie ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Studierenden mit und ohne Chemie-Matura. So fühlten sich Student*innen, die im Unterrichtsfach Chemie maturiert haben, signifikant sicherer als Studierende ohne Chemie-Matura. Dies trifft sowohl auf die richtig sowie falsch beantworteten Aussagen zu. Demnach ist auch trotz individueller Unterschiede die Hypothese, dass bei Student*innen, die im Unterrichtsfach Chemie maturiert haben, die Korrelation zwischen angegebener Sicherheit und korrekten Antworten höher ist, eingetreten. Wobei hierbei nochmals zu betonen ist, dass sich für die Vergleichsgruppe mit Chemie-Matura im Allgemeinen eine höhere Sicherheit ergab.

Dennoch konnte für die Studierenden mit Matura im Unterrichtgegenstand Chemie ein signifikanter Unterschied in der subjektiv empfundenen Sicherheit bei richtigen und falschen Antworten festgestellt werden. Demnach waren sich die Teilnehmer*innen, die in Chemie maturiert haben, bei richtig beantworteten Aussagen durchschnittlich deutlich sicherer ($3,05 \pm 0,50$) als bei falsch beantworteten Aussagen ($2,78 \pm 0,52$). Für die Befragten ohne Chemie-Matura konnte ein solcher signifikanter Unterschied nicht festgestellt werden.

5 Zusammenfassung und Fazit

In Anbetracht der Ergebnisse lässt sich sagen, dass es deutliche fachliche Schwierigkeiten im Verständnis und der Anwendung chemischer Inhalte bei Studierenden des Faches Chemie (BSc/BEEd) beim Übergang von Schule auf Studium in Hinblick auf die Themengebiete Chemische Bindungen, Säuren und Basen und Thermodynamik gibt. Dabei können die Student*innen Faktenwissen und Definitionen meist gut wiedergeben, scheitern jedoch an der Anwendung dieser auf konkrete Beispiele. Auch Präkonzepte, die Schüler*innen in den Unterricht mitbringen, konnten bei den teilnehmenden Studierenden eindeutig festgestellt werden. Diese beziehen sich vor allem auf die Themengebiete Chemische Bindungen und Säuren und Basen und spiegeln sich in Aussagen wie *„Ein Kochsalzkristall besteht aus einer gitterförmigen Anordnung von NaCl-Molekülen“* und *„Die Stärke einer Säure kann über den pH-Wert ermittelt werden“* wider.

Bezogen auf die subjektiv empfundene Sicherheit konnten einige Zusammenhänge ermittelt werden. So konnte ein signifikanter Unterschied in der subjektiv empfundenen Sicherheit im Vergleich von Studierenden mit und ohne Chemie-Matura festgestellt werden. Die befragten Student*innen, die die Matura in Chemie absolviert haben, beantworteten die Aufgabenstellungen des Fragebogens im Schnitt mit einer signifikant höheren Sicherheit. Zudem war bei Studierenden mit Chemie-Matura die Sicherheit bei richtig gegebenen Antworten signifikant höher als die Sicherheit bei falsch gegebenen Antworten. Für die Gruppe der Teilnehmer*innen, die nicht im Unterrichtsfach Chemie maturiert haben, konnte kein signifikanter Unterschied in der empfundenen Sicherheit zwischen richtigen und falschen Antworten festgestellt werden. Im Vergleich der Befragten mit den besten (mehr als 20 von 29 Antworten richtig) und den schlechtesten (weniger als 17 von 29 richtigen Antworten) Ergebnissen wurde ebenfalls ein signifikanter Unterschied in der subjektiv empfundenen Sicherheit erhoben. So waren sich Studierende mit vielen richtigen Antworten im Schnitt deutlich sicherer als jene mit wenig richtigen Antworten. Dieses Ergebnis konnte sowohl für die Sicherheiten bei richtig bewerteten sowie falsch bewerteten Aussagen beobachtet werden.

6 Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Befragung von Studierenden des ersten Semesters eines Chemie-Studiengangs der Universität Wien zeigt, dass Studienanfänger*innen deutliche Defizite im Wissen und der Anwendung des Wissens in Bezug auf die chemischen Fachinhalte Chemische Bindungen, Säuren & Basen und Thermodynamik aufweisen. Auch Busker, Parchmann & Wickleder (2010, S. 166) zeigen vergleichbare Ergebnisse für Deutschland: *„Studienanfänger zeigen typische Schülervorstellungen und besitzen im Durchschnitt ein geringes Konzeptverständnis für die Basiskonzepte der Chemie. Mit einer steigenden Intensität des Chemieunterrichts kann eine Steigerung der Vorkenntnisse der Studienanfänger beobachtet werden“.*

Um steigenden Studien-Abbruchsquoten entgegenzuwirken und den Student*innen den Einstieg in das Chemie-Studium zu erleichtern, bedarf es folglich einiger Maßnahmen. Wie diese aussehen könnten und wo diese zum Einsatz kommen, sind noch offene Fragen, deren Beantwortung jedoch durchaus interessant wäre. Die Erarbeitung fachdidaktischer Konzepte, um diesem Umstand zu mildern, wäre äußerst vielversprechend und könnte aufbauend auf dieser Arbeit und jener meines Kollegen, Lukas Zankl, der sich thematisch mit den Fachinhalten Atombau, Redox-Reaktionen und Chemisches Gleichgewicht beschäftigt hat, ebenso im Rahmen einer Masterarbeit umgesetzt werden.

Ein weiterer Aspekt, der untersucht werden könnte, ist, inwiefern sich die Vorstellungen der Studierenden im Laufe des Studiums verändern. So könnte derselbe Fragebogen von den Student*innen nach einem, zwei oder drei Jahren Studium wiederholt werden, um den Wissenszuwachs und die Veränderungen in den Vorstellungen der Studierenden zu erheben.

7 Literaturverzeichnis

- Anton, M. (2019). *Chemieunterricht verstehen. Zur Didaktik und Mathematik der Chemie*. Mauritius: Der Lehrbuchverlag.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S., & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis. 3. Auflage*. Berlin: Springer Spektrum.
- BMBWF. (2023). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 29.12.2023. BGBl. II Nr. 133/2000.
- BMBWF. (31. August 2023). *oesterreich.gv.at*. Von https://www.oesterreich.gv.at/themen/bildung_und_ausbildung/hochschulen/universitaet/5/Seite.160105.html abgerufen am 23.04.2024
- Brinkmann, B., Friedhoff, C., & Hachmeister, C.-D. (2023). Schwerpunktthema Studienabrecher*innen . *DUZ Spotlight: Gute Praxis National*, 39-62.
- Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. Welches Vorwissen und welche Interessen zeigen Studierende? *CHEMKON*, 17, Nr. 4, S. 163-168.
- Crossley, A., & Staraschek, E. (2010). Zum Einfluss physikalischer Größen auf den Wissenserwerb beim Physiklernen un der einfachen Thermodynamik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, S. 1-6.
- Dörfler, T., & Barke, H.-D. (2009). Das an Schülervorstellungen orientiere Unterrichtsverfahren: Beispiel Neutralisation. *CHEMKON*, 16, Nr. 3, S. 141-146.
- Daniel, A., & Neumann, M. (2022). Schule und Studium. In T. Hascher, T.-S. Idel, & W. Helsper, *Handbuch Schulforschung. 3. Auflage* (S. 733-751). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Dannemann, S., Heeg, J., & von Roux, Y. (2021). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Rahmen und Impulsgeber für die Entwicklung von Fachdidaktik und Unterricht: Einführung in das Themenheft. *Herausforderung*

- Lehrer*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*, 4(2), S. 1-9.
- Dueck, G. (2007). Didaktik für Profs und Mathetik für Studis! *Informatik Spektrum* 30, S. 356-361.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Cocneptual change: A Powerful framework for improving schience teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), S. 671-688.
- Egbers, M., & Marohn, A. (2013). Konzeptwechseltexte - eine Textart zur Veränderung von Schülervorstellungen. *Chemkon* 20(3), S. 119-126.
- Fasching, C. (2022). Wie wird das Thema "Säuren und Basen" in der Sekundarstufe I unterrichtet? - Eine Interviewstudie mit Lehrer*innen. Wien: Universität Wien.
- Feige, E.-M., Rutsch, J., Dörfler, T., & Rehm, M. (2017). Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept. Schülervorstellungen diagnostizieren und weiterentwickeln. *Unterricht Chemie*, 159, S. 2-8.
- Haas, J.-B., & Marohn, A. (2022). Das Unterrichtskonzept chem:LEVEL - Fachsprache fördern auf Basis des Johnstone-Dreiecks. *CHEMKON*, 29, S. 213-217.
- Herbst-Irmer, R., & Irmer, E. (2020). Chemische Bindungen experimentell sichtbar machen. *Chemkon* 27(6), S. 275-281.
- Herd, C. (2019). Ionenbindung unterrichten - ein Plädoyer für das "Setzen" der Ionen. *CHEMKON*, 26, Nr. 6, S. 237-249.
- Hilbing, C., & Barke, H.-D. (2004). Ionen und Ionenbindung: Fehlvorstellungen hausgemacht! Ergebnisse empirischer Erhebungen und unterrichtliche Konsequenzen. *CHEMKON*, 11, Nr. 3, S. 115-120.
- Koballa Jr., T., Garber, W., Coleman, D. C., & Kemp, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education* 22(2), S. 209-224.
- Mahaffy, P. (2004). The Future Shape of Chemistry Education. *Chemistry Education: Reasearch and Practice*. Vol. 5, No. 3, S. 229-245.

- Mandl, H. (2006). Wissensaufbau aktiv gestalten. *Schüler. Wissen für Lehrer*, S. 28-30.
- Mortimer, C. E., & Müller, U. (2015). *Chemie. Das Basiswissen der Chemie*. 12. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Neumann, J. (2022). *Praxishandbuch - Chemie im Unterricht. Experimente - Modelle - Übergänge*. Berlin: Springer Spektrum.
- Pfenning, U. (2014). Zur Legitimation von Technikbildung - ein wissenschaftliches Plädoyer. *Journal of Technical Education. Band 2. Heft 2*, S. 48-69.
- Pietsch, S., & Barke, H.-D. (2014). Wie Jugendliche die Chemie sehen. *Chemie in unserer Zeit*, 48, S. 312-316.
- Quack, M. (2003). *Modelle in der Chemie*.
- Rautenstrauch, H. (Januar 2024). Nachwuchsförderung. Berufsvorbereitung im Chemieunterricht. *Nachrichten aus der Chemie*, S. 29-31.
- Reiners, C. S. (2022). *Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Schiefer, P. (2018). Eine empirische Studie zur Untersuchung und Aufdeckung von Schülervorstellungen in der Wärmelehre. Wien: Universität Wien.
- Schnitker, J. (2016). Das Unsichtbare sichtbar machen. Chemie lehren mit Simulationen auf der Teilchenebene. *MNU Journal. Ausgabe 6*, S. 392-399.
- Schwarz, N., Hippler, H.-J., & Noelle-Neumann, E. (1992). A Cognitive Model of Response-Order Effects in Survey Measurement. In N. Schwarz, & S. Sudman, *Context Effects in Social and Psychological Research*. (S. 187-201). New York: Springer.

- Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). *hemiedidaktik an Fallbeispielen. Anregungen für die Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Sumfleth, E., Wild, E., Rumann, S., & Exeler, J. (2002). Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemieunterricht. Kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, S. 207-221.
- Tempel, B. J., Randler, C., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2018). Modellkompetenzen im Chemie- und Biologieunterricht - Welche Fähigkeiten brauchen Lehrkräfte? Ein systematisches Literaturreview. *Progress in Science Education*, S. 1-30.
- Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education* 3, S. 297-328.
- Unger, M., Wroblewski, A., Latcheva, R., Zaussinger, S., Hofmann, J., & Musik, C. (2009). *Frühe Studienabbrüche an Universitäten in Wien*. Wien: Institut für Höhere Studien (IHS).

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Johnstone Dreieck anhand eines konkreten Beispiels. (Reiners, 2022, S. 34).....	9
Abbildung 2: Vom Johnstone Dreieck (links) zum Mahaffy Tetraeder (rechts). (Mahaffy, 2004, S. 231)	9
Abbildung 3: Modellierungskreislauf (Tempel, Randler, Rehm & Wilhelm, 2018, S. 13).....	13
Abbildung 4: Begriffsnetz zu Säuren & Basen. (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 304).....	16
Abbildung 5: Begriffsnetz Donator-Akzeptor-Reaktionen. (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 304).....	17
Abbildung 6: Geschlechts- und Altersverteilung der Pilotumfrage.	26
Abbildung 7: Verteilung nach Klasse / Schulstufe.....	26
Abbildung 8: Mittelwerte zur subjektiven Einfachheit der Themenbereiche inkl. Standardabweichung.	27
Abbildung 9: Zustimmung Einfachheit der Themengebiete absolute Häufigkeiten.....	27
Abbildung 10: Mittelwerte zur Einstellung zu Chemie inkl. Standardabweichung.....	28
Abbildung 11: Zustimmung zu Aussagen zum Fach Chemie – absolute Häufigkeiten.	28
Abbildung 12: Verteilung der Studienwahl der Hauptumfrage (Mehrfachnennung möglich).	29
Abbildung 13: Geschlechts- und Altersverteilung der Hauptumfrage.	29
Abbildung 14: Verteilung der Schultypen der Hauptumfrage.	30
Abbildung 15: Verteilung der Studierenden mit und ohne Matura im UF Chemie sowie Verteilung der Erstsprache.....	30
Abbildung 16: Absolute Häufigkeit „Akademischer Abschluss der Eltern“.	31
Abbildung 17: Verteilung der Studierenden mit / ohne bereits abgeschlossenes Studium.....	31
Abbildung 18: Mittlere Anzahl der richtigen Antworten bei den Themengebieten Chemische Bindungen, Säuren & Basen und Thermodynamik.	32
Abbildung 19: Mittlere Anzahl der richtigen Antworten inkl. Standardabweichung.	33
Abbildung 20: Mittlere Anzahl der richtigen Antworten von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura. .	33
Abbildung 21: Verteilung der richtigen Antworten über alle drei Themenbereiche.	34
Abbildung 22: Verteilung der richtigen Antworten für den Themenbereich Chemische Bindungen.....	35
Abbildung 23: Verteilung der richtigen Antworten für den Themenbereich Säuren & Basen.....	37
Abbildung 24: Verteilung der richtigen Antworten für den Themenbereich Thermodynamik.	39
Abbildung 25: Mittelwerte der Sicherheit für Studierende mit / ohne Chemie-Matura.	42
Abbildung 26: Mittelwerte der Sicherheit für Studierende mit den besten / schlechtesten Ergebnissen.	44
Abbildung 27: Mittelwerte der Sicherheit von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura.....	46

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel für Schüler*innenvorstellungen sowie deren fachliche Klärung. (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018)	14
Tabelle 2: Beispiele zu Aussagen im Laborjargon zu Säuren & Basen und deren angemessene Formulierungen nach Brønsted. (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018, S. 319-320)	18
Tabelle 3: Items Pilotfragebogen: Fachliche Themen.	22
Tabelle 4: Items Pilotumfrage: Einstellungen zum Fach Chemie.	22
Tabelle 5: Items des Hauptfragebogens zum Thema Chemische Bindungen.	24
Tabelle 6: Items des Hauptfragebogens zum Thema Säuren & Basen.	24
Tabelle 7: Items des Hauptfragebogens zum Thema Thermodynamik.	25
Tabelle 8: t-Test zur Anzahl der richtigen Antworten von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura.	33
Tabelle 9: Prozentzahl der richtigen Antworten pro Item im Bereich Chemische Bindungen.	36
Tabelle 10: Prozentzahl der richtigen Antworten pro Item im Bereich Säuren & Basen.	38
Tabelle 11: Prozentzahl der richtigen Antworten pro Item im Bereich Thermodynamik.	40
Tabelle 12: t-Test Sicherheit von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura bei richtigen Antworten.	41
Tabelle 13: t-Test Sicherheit von Studierenden mit / ohne Chemie-Matura bei falschen Antworten.	41
Tabelle 14: t-Test Sicherheit von Studierenden mit den besten / schlechtesten Ergebnissen bei richtigen Antworten.	43
Tabelle 15: t-Test Sicherheit von Studierenden mit den besten / schlechtesten Ergebnissen bei falschen Antworten.	43
Tabelle 16: t-Test Sicherheit bei Studierenden mit Chemie-Matura.	45
Tabelle 17: t-Test Sicherheit bei Studierenden ohne Chemie-Matura.	45

Anhang

Pilotumfrage Online-Ansicht



0% ausgefüllt

Umfrage Chemie

Vielen Dank für deine Bereitschaft zur Teilnahme an diesem Fragebogen. Bei den folgenden Fragen geht es um deine persönliche Meinung. Es gibt daher keine richtigen oder falschen Antworten. Die Umfrage ist völlig anonym, antworte deshalb bitte ehrlich.

Weiter

[Stefanie Wurzer, BEd](#) - [Lukas Zankl, BEd](#)



0% ausgefüllt

1. Geschlecht:

- ☒ Männlich
- ☐ Weiblich
- ☐ Divers

2. Alter:

- ☒ <17 Jahre
- ☐ 17 Jahre
- ☒ 18 Jahre
- ☐ 19 Jahre
- ☐ >19 Jahre

3. Klasse:

- ☒ 5. Klasse
- ☐ 6. Klasse
- ☒ 7. Klasse
- ☐ 8. Klasse

Weiter

[Stefanie Wurzer, BEd](#) - [Lukas Zankl, BEd](#)

1. Wir möchten wissen, welche Themengebiete im Chemieunterricht für dich besonders leicht oder schwierig waren. Bewerte die folgenden Aussagen, wie sie auf dich persönlich zutreffen (bedenke dabei alle Aspekte die zu den Themen im Unterricht behandelt wurden).

	Stimme nicht zu.	Stimme eher nicht zu.	Stimme eher zu.	Stimme zu.	Wurde im Unterricht nicht behandelt.
Das Thema „Säuren und Basen“ finde ich sehr leicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Thema „Chemisches Rechnen“ finde ich sehr leicht.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Das Thema „Organische Stoffklassen“ finde ich sehr leicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Thema „Chemisches Gleichgewicht“ finde ich sehr leicht.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Das Thema „Chemische Bindungen“ finde ich sehr leicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Thema „Atombau“ finde ich sehr leicht.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Das Thema „Organische Nomenklatur“ finde ich sehr leicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Thema „Redoxreaktionen“ finde ich sehr leicht.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Weiter

Stefanie Wurzer, BEd - Lukas Zankl, BEd

1. Bei den folgenden Fragen geht es um deine persönliche Meinung. Es gibt daher keine richtigen oder falschen Antworten. Die Umfrage ist völlig anonym, antworte deshalb bitte ehrlich.

	Stimme nicht zu.	Stimme eher nicht zu.	Stimme eher zu.	Stimme zu.	Keine Angabe.
Chemie im Alltag erachte ich für sehr wichtig.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ich bin begeisterte*r Chemieschüler*in.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe einen guten Überblick über die Inhalte aus dem Chemieunterricht.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Chemie ist ein wichtiges Unterrichtsfach.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jede*r Bürger*in sollte ein sicheres Grundverständnis für Chemie besitzen.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Weiter

Stefanie Wurzer, BEd - Lukas Zankl, BEd

Vielen Dank für deine Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für deine Mithilfe bedanken.

Deine Antworten wurden gespeichert, du kannst das Browser-Fenster nun schließen.

[Stefanie Wurzer, BEd](#) - [Lukas Zankl, BEd](#)

Hauptumfrage Online-Ansicht



0% ausgefüllt

Bei dem folgenden Fragebogen sind Aussagen als "Richtig" oder "Falsch" zu bewerten. Zudem soll angegeben werden, wie sicher Sie sich mit Ihrer Antwort sind. Die Befragung ist völlig anonym und Ihre Daten werden ausschließlich für fachdidaktische Forschungen verwendet. Wir bedanken uns vorab für Ihre Mitarbeit.

Weiter

[Stefanie Wurzer, BEd](#) – 2023 [Lukas Zankl, BEd](#) – 2023

1. Bitte wählen Sie Ihr Geschlecht:

- ☐ weiblich
- ☐ männlich
- ☐ divers

2. Bitte geben Sie Ihr Alter an:

- ☐ <17
- ☐ 17
- ☐ 18
- ☐ 19
- ☐ 20
- ☐ 21
- ☐ 22
- ☐ 23
- ☐ >23

3. In welcher Schulart haben Sie maturiert?

- ☐ AHS
- ☐ HTL
- ☐ BHS
- ☐ andere:

4. Haben Sie im Fach Chemie maturiert (mündlich oder schriftlich)?

- ☐ Ja
- ☐ Nein

5. Für welches Studium sind Sie inskribiert?

- ☐ Chemie (BSc)
- ☐ Chemie Lehramt (BEd)
- ☐ beide
- ☐ andere:

6. Bitte geben Sie Ihre Erstsprache (Muttersprache) an:

☐ Deutsch

☐ andere:

7. Hat ein Elternteil von Ihnen einen akademischen Abschluss?

☐ Ja

☐ Nein

☐ Ich weiß es nicht

8. Wie viel Geld haben Sie pro Monat zur Verfügung?

☐ 0€-500€

☐ 501€-1000€

☐ 1001€-1500€

☐ >1500€

9. Haben Sie bereits ein anderes Studium abgeschlossen?

☐ Ja, folgendes Studium:

☐ Nein

Weiter

10. Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind. Geben Sie zudem an, wie sicher Sie sich mit Ihrer Antwort sind.

	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Blausäure (HCN) ist eine starke Säure (pK_A - Wert = 9,40).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Atomrümpfe sind Legierungen spröde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In einem Molekülorbital können maximal zwei Elektronen vorhanden sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Masse.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Bei der folgenden Reaktion liegt das chemische Gleichgewicht auf der Seite der Produkte: $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO$ ($K = 3,87 \cdot 10^{-31}$).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn Sie diese Frage lesen, drücken Sie bitte auf „Falsch“ und auf „sicher“.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durch Redox-Reaktionen kann chemische in elektrische Energie umgewandelt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Summe des pH-Werts und des pOH-Werts ist 10^{-14} .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Im chemischen Gleichgewicht ist die Summe der Konzentrationen der Edukte gleich der Summe der Konzentrationen der Produkte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beim Erstarren einer Flüssigkeit ordnen sich die Teilchen dichter aneinander.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Konzentration der Edukte und die Konzentration der Produkte gleich ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduktionsmittel sind Elektronendonatoren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Die Oxidationszahl von Mangan in der Verbindung MnO_4^- ist +VIII.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Stärke einer Säure kann über den pH-Wert ermittelt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) gibt an, ob eine Reaktion freiwillig abläuft oder nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Metalloxide bilden mit Wasser Säuren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Der Grund für eine chemische Bindung ist der energetisch günstigere Zustand der Bindungspartner im Vergleich zu den Einzelatomen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei der folgenden Reaktion handelt es sich um eine Redox-Reaktion: $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{MnCl}_2 + 2 \text{KCl} + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{Cl}_2$.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Formel von Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 bedeutet, dass die Verbindung aus zwei Gewichtsanteilen Eisen und drei Gewichtsanteilen Sauerstoff zusammengesetzt ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oxidationszahlen können durch die Elektronegativität der in einer Verbindung befindlichen Atome ermittelt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Bei einer Elektrolyse findet an der Anode die Oxidation und an der Kathode die Reduktion statt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im chemischen Gleichgewicht ist die Geschwindigkeit der Hinreaktion gleich der Geschwindigkeit der Rückreaktion.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwischen den Teilchen eines Körpers ist leerer Raum.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das chemische Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem die Reaktion nicht mehr weiterläuft.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Ist die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) negativ, kann die Reaktion nicht stattfinden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwischen den Teilchen eines beliebigen Gases ist Luft.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Teilchen einer warmen Eiskugel sind weiter voneinander entfernt als die Teilchen einer kalten Eiskugel.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Aggregatzustand von Stoffen aus Molekülen ist (bei konstanter Temperatur) von der Stärke der Nebervalenzkraft abhängig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Masse der Edukte gleich der Masse der Produkte ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Art der chemischen Bindung hängt von den Elektronegativitätsunterschieden der beteiligten Bindungspartnern ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je schwächer eine Säure ist, desto schwächer ist ihre korrespondierende Base.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Perchlorsäure (HClO_4) ist eine starke Säure (pK_A - Wert = -9,00).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Der pH-Wert einer wässrigen Salzsäurelösung mit der Konzentration $c=0,1$ mol/L beträgt 1.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sowohl bei festen Stoffen als auch bei Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich die Teilchen, aus denen diese Stoffe bestehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redox-Reaktionen sind Elektronenübertragungsreaktionen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Kochsalzkristall besteht aus einer gitterförmigen Anordnung von NaCl-Molekülen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Bei Säure-Base-Reaktionen kommt es zu einer Protonenübertragung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn eine Eisenschiene 25°C hat, dann haben die Eisenatome in der Schiene 25°C .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Katalysatoren sind Stoffe, die die Geschwindigkeit einer Reaktion beeinflussen und selbst nicht verbraucht werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Werden eine Säure und eine Base im gleichen Verhältnis gemischt, kommt es zur Neutralisation.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Unedle Metalle haben ein niedrigeres Elektrodenpotential als Wasserstoff und werden daher meistens reduziert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Oxidationsmittel wird bei einer Redox-Reaktion oxidiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eine Zunahme der Enthalpie und eine Abnahme der Entropie begünstigen einen spontanen Reaktionsablauf.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mittels der Gleichgewichtskonstanten K kann ermittelt werden, ob das Gleichgewicht einer Reaktion auf der Seite der Produkte oder der Edukte liegt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Ist die Enthalpieänderung ΔH bei einer Reaktion negativ, handelt es sich um eine exotherme Reaktion.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das chemische Gleichgewicht ist temperaturabhängig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Wassermolekül (H_2O) ist ein unpolares Molekül.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das chemische Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem sich die Konzentrationen der beteiligten Stoffe nicht mehr ändern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Je größer die Ordnung in einem System, desto größer ist seine Entropie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ob eine Reaktion spontan abläuft oder nicht, hängt auch von der Temperatur ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Anzahl an Teilchen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Gleichgewicht beträgt die freie Reaktionsenthalpie (ΔG) gleich 0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Allen Stoffen kann ein Entropiewert zugeordnet werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Gleichgewichtskonstante K ist für jede Reaktion gleich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In einem Stück Metall sind die Elektronen frei beweglich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei der folgenden Reaktion ist Eisenoxid das Reduktionsmittel: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Falsch	Richtig	unsicher	eher unsicher	eher sicher	sicher
Ein Kochsalzkristall leitet aufgrund der negativ und positiv geladenen Ionen elektrischen Strom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1 mol eines Stoffes entspricht einer Teilchenzahl von ca. $6,022 \cdot 10^{23}$.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Exotherme Reaktionen laufen immer freiwillig ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nichtmetalloxide bilden mit Wasser Säuren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Weiter

Stefanie Wurzer, BEd – 2023 Lukas Zankl, BEd – 2023



Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

Stefanie Wurzer, BEd – 2023 Lukas Zankl, BEd – 2023