

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Chemische Konzepte als Problemlagen beim Übergang von
Schule auf Studium

Eine empirisch quantitative Befragung von Studienanfänger:
innen des Faches Chemie zu den Themen Teilchenmodell,
Redox-Reaktionen und Chemisches Gleichgewicht

verfasst von | submitted by
Lukas Josef Zankl 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 großer Dank gilt Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton, der mir von der Themenfindung bis zum Abschluss der Arbeit stets mit hilfreicher und konstruktiver Unterstützung jederzeit zur Seite stand. Auch darüber hinaus war seine Begleitung über das gesamte Studium eine große und wertvolle Hilfe. Lieber Michael, Danke für alles!

Ein weiterer Dank gilt meiner langjährigen Studienkollegin Stefanie Wurzer. Liebe Stefanie, vielen Dank für deine Hilfe, die freundschaftliche Zusammenarbeit und die vielen schönen Momente in den vergangenen Jahren!

Vielen Dank an Univ.-Prof. Dr. Peter Lieberzeit für die Möglichkeit den Fragebogen während der Vorlesungseinheit an die Studierenden austeilten zu können. Vielen Dank an alle Studierenden die durch das Ausfüllen des Fragebogens diese Arbeit ermöglicht haben.

Zudem möchte ich mich herzlich bei meiner Lebensgefährtin Sarah Caloeanu bedanken. Danke, dass du immer an mich glaubst und mein Anker bist. Ich bin dir für alles unendlich dankbar!

Abschließend möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinen Eltern bedanken. Liebe Mama, lieber Papa, Danke für eure Unterstützung in sämtlichen Lebenslagen. Euer Rückhalt und Vertrauen haben mich durch dieses Studium und darüber hinaus getragen. Danke!

Selbstständigkeitserklärung

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

Der Übergang von gewohnten schulischen Strukturen hin zu einer universitären Ausbildung ist aus verschiedenen Gründen oftmals eine große Herausforderung für junge Studierende. Einer dieser Gründe ist häufig fehlendes Vorwissen aus der Schule, welches schnell zu einer Überforderung und einem damit einhergehenden Studienabbruch führt. In dieser empirischen Masterarbeit mit dem Titel „Chemische Konzepte als Problemlagen beim Übergang von Schule auf Studium: Eine empirisch quantitative Befragung von Studienanfänger:innen des Faches Chemie zu den Themen Teilchenmodell, Redox-Reaktionen und Chemisches Gleichgewicht“ werden mögliche 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 „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ untersucht. Zudem wird diskutiert, inwieweit gängige Präkonzepte bei den genannten Themengebieten aus Untersuchungen von Schüler:innen auch bei Studienanfänger:innen des Faches Chemie (BSc/BEEd) wieder gefunden werden können. Weiters wird überprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten gibt. In den Ergebnissen zeigen sich deutliche fachliche Schwierigkeiten im Verständnis und der Anwendung chemischer Inhalte bei Studierenden des Faches Chemie bezogen auf die eingangs genannten Themengebiete. Zudem lassen sich gängige Präkonzepte bei den Studienanfänger:innen finden. Weiters ist ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten gegeben. Die Ergebnisse dieser Arbeit können für mögliche weitere Arbeiten zur Erstellung von differenziertem und didaktisch aufbereitetem Lehr- und Lernmaterial hergenommen werden.

Abstract

The transition from familiar school structures to a university education is often a major challenge for young students for various reasons. One of these reasons is often a lack of prior knowledge from school, which quickly leads to excessive demands and the resulting drop-out. In this empirical master's thesis entitled 'Chemical concepts as problems in the transition from school to university: An empirical quantitative survey of first-year chemistry students on the topics of particle model, redox reactions and chemical equilibrium', possible technical difficulties in the understanding and application of chemical content among chemistry students (BSc/BEd) in the transition from school to university are examined with regard to the topics 'particle model', 'redox reactions' and 'chemical equilibrium'. In addition, the extent to which common pre-concepts in the above-mentioned subject areas from studies of pupils can also be found in first-year students of chemistry (BSc/BEd) is discussed. Furthermore, it is examined whether there is a connection between the number of correct answers and the subjectively perceived certainty about the correctness of the individual answers. The results show clear subject-related difficulties in the understanding and application of chemical content among chemistry students in relation to the topics mentioned at the beginning. In addition, common preconceptions can be found among first-year students. Furthermore, there is a correlation between the number of correct answers and the subjectively perceived certainty about the correctness of the individual answers. The results of this thesis can be used for possible further work on the creation of differentiated and didactically prepared teaching and learning material.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Selbstständigkeitserklärung.....	3
Zusammenfassung.....	4
Abstract.....	5
1 Einleitung	8
1.1 Begründung der Themenwahl.....	8
1.2 Zielsetzung und Relevanz.....	9
1.3 Forschungsfrage und Hypothese	10
2 Theorieteil	12
2.1 Übergang von Schule auf Hochschule.....	13
2.2 Lehrplanbezug.....	15
2.3 Fachdidaktischer Hintergrund	17
2.3.1 Teilchenmodell.....	17
2.3.2 Redox-Reaktionen	22
2.3.3 Chemisches Gleichgewicht	25
3 Empirischer Teil.....	28
3.1 Material und Methoden	28
3.1.1 Pilotumfrage.....	28
3.1.2 Hauptumfrage	28
3.2 Ergebnisse Pilotumfrage	31
3.3 Ergebnisse Hauptumfrage.....	34
3.3.1 Demographische Daten	34
3.3.2 Ergebnisse Teilchenmodell	39
3.3.3 Ergebnisse Redox-Reaktionen.....	41

3.3.4	Ergebnisse Chemisches Gleichgewicht	43
3.3.5	Ergebnisse Gesamt	45
3.3.6	Ergebnisse Sicherheit	48
4	Diskussion	49
4.1	Diskussion Teilchenmodell	50
4.2	Diskussion Redox-Reaktionen	52
4.3	Diskussion Chemisches Gleichgewicht	54
4.4	Diskussion Sicherheit	56
5	Zusammenfassung und Fazit	57
6	Ausblick	58
7	Verzeichnisse	59
7.1	Literaturverzeichnis	59
7.2	Abbildungsverzeichnis	65
7.3	Tabellenverzeichnis	67
7.4	Abkürzungsverzeichnis	68
8	Anhang	69

1 Einleitung

1.1 Begründung der Themenwahl

Der Übergang von gewohnten schulischen Strukturen hin zu einer universitären Ausbildung stellt seit jeher eine große Herausforderung für Studierende der ersten Semester dar (Schneeberger, Karasz & Stigel 1988; Unger, Wroblewski, Latcheva, Zaussinger, Hofmann & Musik 2009). Dinge wie Aufnahmeprüfungen und die Studieneingangs- und Orientierungsphase, kurz STEOP, führen oft dazu, dass bereits nach kurzer Zeit zahlreiche junge Menschen das Studium überfordert abbrechen. In Befragungen gaben ein Drittel der Studienabbrecher:innen an, dass sie andere Erwartungen an das Studium sowie Probleme bei der selbstständigen Organisation hatten. Zudem gaben etwa ein Drittel der Studierenden an, dass sie zu Beginn des Studiums überfordert waren und fachliche Vorkenntnisse gefehlt hatten (Unger et al. 2009).

Um diesem Umstand im Fach Chemie entgegenzuwirken, wurde im Wintersemester 2022 das „Begleitseminar zu Allgemeine Chemie A“ von Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton und Univ.-Prof. Dr. Peter Lieberzeit ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Seminars unterstützen Master-Studierende des Lehramtes Chemie die Erstsemestrigen bei der Erarbeitung der verständnisbasierten Inhalte der STEOP-Prüfung „Allgemeine Chemie A“. Ziel ist es, dass die jungen Studierenden die Inhalte nicht nach gewissen Schemata auswendig lernen, sondern die Inhalte gemeinsam wiederholen, diskutieren und so ein langfristiges und vertiefendes Verständnis entwickeln. Meine Kollegin Stefanie Wurzer und ich bearbeiteten in diesem Seminar mit den Studienanfänger:innen das Thema „Gasgesetze“. Im Zuge dessen, war unsere subjektive Wahrnehmung, dass die jungen Kolleg:innen zum Teil grundlegende chemische Inhalte, welche bereits in der Schule gelernt werden sollten (BMBWF 2023), nicht ausreichend beherrschten. Um diese subjektive Wahrnehmung zu objektivieren und einen generellen Überblick über die Vorkenntnisse und möglichen Wissenslücken von Studienanfänger:innen des Faches Chemie zu geben, habe ich mich dafür entschieden, meine Masterarbeit am Institut für Didaktik der Chemie zu schreiben und einen Beitrag zur aktuellen Forschungslage zu leisten.

1.2 Zielsetzung und Relevanz

Die vorliegende Masterarbeit hat das Ziel, das Wissen von Studienanfänger:innen des Faches Chemie (sowohl Studierende der Chemie (BSc) als auch Studierende des Unterrichtsfaches Chemie (BEd)) hinsichtlich der zentralen Themen „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ empirisch zu erfassen und zu analysieren. Diese Bereiche der Chemie stellen speziell für den universitären Einstieg wichtige Inhalte dar und sollten durch den schulischen Unterricht grundsätzlich schon umfänglich bekannt sein (BMBWF 2023). Durch einen Fragebogen sollen mögliche bestehende Kenntnislücken festgestellt werden, um darauf aufbauend in weiteren Arbeiten gezielte Hilfestellungen und Lehrmaterialien entwickeln zu können.

Zusätzlich soll die Erhebung der subjektiven Sicherheit der Teilnehmer:innen bei der Beantwortung der Fragen Einblick geben, ob die Studienanfänger:innen ihr Wissen als gesichert ansehen. Diese Sicherheit steht möglicherweise auch in einem Zusammenhang mit der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan 1993). Zudem zeigten Chemers, Hu & Garcia (2001), dass die Selbstwirksamkeit in einem strak positiven Zusammenhang mit der Studienleistung steht. Studierende die über ein umfangreiches Wissen verfügen und auch selbstbewusst dieses Wissen anwenden können, sind in der Lage, weitgehend selbstbestimmt ihr Studium zu planen und prüfungsaktiv zu bleiben. Und gerade diese Prüfungsaktivität ist, abgesehen von der persönlichen Bedeutung für jeden Studierenden, auch für die Finanzierung der Universitäten und der verschiedenen Institute essenziell. Das „Modell der Universitätsfinanzierung NEU“ (BMBWF 2024) baut auf drei wesentlichen Säulen auf: Lehre, Forschung und Infrastruktur. Für den Teilbetrag der Lehre ist der wesentliche Faktor die Prüfungsaktivität der Studierenden. Diese ist gegeben, wenn von einer Person Lehrveranstaltungen mit einem insgesamten Wert von mindestens 16 ECTS-Punkten pro Studienjahr abgeschlossen werden. Scheitern Studierende bereits in den ersten Wochen und Monaten ihres Studiums, so kann dies schnell dazu führen, dass diese Personen nicht die nötigen ECTS-Punkte erreichen und somit nicht zur Finanzierung der Universität beitragen.

Abgesehen davon, sollte es zudem das Ziel sein, das Studium und die damit zusammenhängenden Berufe attraktiv und einladend zu gestalten. Dass diese

Attraktivität aktuell nicht gegeben ist, zeigt eine Umfrage von Rautenstrauch (2024). Von knapp 1300 befragten Schüler:innen der Sekundarstufe I in Schleswig-Holstein zeigen gerade einmal 3,45% großes und nur 0,33% sehr großes Interesse an einem chemischen Beruf. Zwei Drittel (66,66%) der Teilnehmer:innen zeigen kein Interesse daran. Zudem geben fast drei Viertel (74,94%) der befragten Schüler:innen an, sich wenig (39,90%) bis gar nicht (35,04%) durch den Chemieunterricht auf einen chemiebezogenen Beruf vorbereitet zu fühlen.

Es ist daher von höchster Relevanz, die schulischen Vorkenntnisse der Studienanfänger:innen des Faches Chemie zu untersuchen und mögliche Wissenslücken oder Präkonzepte zu erkennen. Nur so kann bei möglichen Problemen durch gezielte unterstützende Maßnahmen der Übergang von Schule auf die Universität erleichtert und damit eine höhere Zahl von prüfungsaktiven Studierenden erreicht werden. Dies sichert neben den finanziellen Zuschüssen für das Institut vor allem eine niedrigere Abbruchrate des Studiums und somit eine ausreichende Zahl an zukünftigen Chemiker:innen in Industrie, Forschung und Bildung.

1.3 Forschungsfrage und Hypothese

Da ein beachtlicher Teil der Studierenden in allgemeinen Befragungen (Unger et al. 2009) angab, dass ihnen zu Beginn des Studiums fachliche Vorkenntnisse fehlten, soll in dieser Forschungsarbeit der Fokus auf Studienanfänger:innen des Faches Chemie gelegt werden. Dabei soll zunächst mittels Fragebogen überprüft werden, ob es fachliche Schwierigkeiten beziehungsweise fehlende Vorkenntnisse bei grundlegenden chemischen Kapiteln gibt. Weiters wird untersucht, ob gängige Präkonzepte von Schüler:innen auch bei Studierenden des Faches Chemie festgestellt werden können. Bei der Fragebogenstudie wird auch die subjektiv empfundene Sicherheit der Teilnehmer:innen über die Richtigkeit ihrer individuellen Antworten überprüft. Folgende Forschungsfragen können formuliert werden:

- 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 „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“?

- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten?
- Lassen sich gängige Präkonzepte bei den Themengebieten „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ aus Untersuchungen von Schüler:innen auch bei Studienanfänger:innen des Faches Chemie (BSc/BEd) wiederfinden?

Hypothesen:

- Es gibt 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 „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“.
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten.
- Gängige Präkonzepte bei den Themengebieten „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ lassen sich auch bei Studienanfänger:innen des Faches Chemie (BSc/BEd) wiederfinden.

2 Theorieteil

Der theoretische Hintergrund, welcher zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendig ist, setzt sich vor allem aus fachdidaktischen und bildungstheoretischen Inhalten zusammen. Einerseits sind eine fachdidaktische Betrachtung und eine kurze Aufbereitung des Lehrplans für die Erstellung eines sinnvollen Fragebogens unabdingbar. Im Rahmen dieser Bearbeitung wird auch ein Blick auf aktuelle Präkonzepte von Schüler:innen geworfen, die sich möglicherweise bei Studienanfänger:innen noch in gleicher Weise finden. Da laut Anton (2019) das Erfassen von Präkonzepten in der Schule mit zahlreichen Vorteilen verknüpft ist, erscheint es als sinnvoll, diese auch bei der Erstellung der Fragebogenstudie einfließen zu lassen. So können fachliche Vorkenntnisse gezielter überprüft werden. Zudem kann auch untersucht werden, inwieweit die gängigen Präkonzepte der Literatur bei den Studienanfänger:innen des Faches Chemie wiedergefunden werden können. Welche gängigen Präkonzepte bei den jeweiligen Themengebieten vorherrschend sind, soll in den folgenden Unterkapiteln geklärt werden.

Andererseits ist auch der allgemeine Umstand, dass der Übergang von Schule hin zu einer Universität eine große Umstellung für junge Menschen darstellt, für diese Arbeit von Bedeutung (Bornkessel & Asdonk 2011; Briggs, Clark & Hall 2012; Lankeit & Biehler 2023; Ley 2001). Da in dieser Fragebogenstudie auch die subjektiv empfundene Sicherheit der Studierenden bei der Beantwortung der Fragen überprüft wird, ist eine kurze theoretische Aufarbeitung des Zusammenhangs von Selbstwirksamkeit, Motivation und Studienleistung sinnvoll (Bandura 1997; Brahm, Jenert & Wagner 2014; Prat-Sala & Redford 2010; Vansteenkiste, Lens & Deci 2006).

2.1 Übergang von Schule auf Hochschule

Es kann zweifellos davon gesprochen werden, dass der Übergang von der Schule hin zu einer hochschulischen Ausbildung für manche Studierende eine große Herausforderung darstellt. Brahm et al. (2014) sprechen sogar von einem „Schock“ den die Studierenden ihrer Meinung nach beim Eintreten in eine Hochschule erleben. Dies hat nicht zuletzt damit zu tun, dass Schüler:innen, die bisher meist stark strukturierte, familiäre und räumlich überschaubare Lebensumstände gewohnt waren, ihre Identität als Studierende in einer völlig neuen Lebensphase erst finden müssen (Bornkessel & Asdonk 2011; Briggs et al. 2012). Zweifelsohne spielen hierbei auch zahlreiche Faktoren wie der sozioökonomische Status, das Bildungsniveau der Eltern sowie die Möglichkeit der Finanzierung des eigenen Studiums eine entscheidende Rolle (Bornkessel & Asdonk 2011).

Bornkessel & Asdonk (2011) sprechen bei Übergängen in höhere Bildungseinrichtungen von sogenannten Gelenkstellen im Bildungssystem an denen wichtige Entscheidungen getroffen und potenzielle Herausforderungen bewältigt werden müssen. In diesem Zusammenhang konnte gezeigt werden, dass Studierende mit einer ausgeprägten Selbstwirksamkeit, also mit der Erwartung das Studium bewerkstelligen zu können (Bandura 1997), deutlich bessere Studienleistungen erbringen als Studierende mit niedriger Selbstwirksamkeit (Chemers et al. 2001). Dabei ist besonders spannend, dass die Selbstwirksamkeit, unabhängig von den tatsächlich vorhandenen Kompetenzen, großen Einfluss auf die Herangehensweise an Probleme hat sowie mit intrinsischer Motivation zusammenhängt. Zudem leiden Personen mit niedriger Selbstwirksamkeit häufiger an Prüfungsangst (Bandura 1997; Prat-Sala & Redford 2010; Vansteenkiste et al. 2006).

Weiters ist beim Übergang von Schule auf die Hochschule relevant, wie viel Wissen die Studienanfänger:innen mitbringen. In diesem Zusammenhang ist das Modell des „Vollständigen Wissens“ von Neber (1993) erwähnenswert. Dabei wird reines Faktenwissen als unvollständiges Wissen angesehen, welches noch durch Konditionen und Funktionen erweitert werden muss. Faktenwissen kann als „Wissen ohne Nutzung“ (Anton 2019, S. 29) verstanden werden. Konditionen verknüpfen dieses Faktenwissen mit verschiedenen Anwendungsvoraussetzungen zu einem „Wissen über die

Bedingungen der Nutzung“ (Anton 2019, S. 29). Funktionen beschreiben das „Wissen vom Ziel der Nutzung“ (Anton 2019, S. 29) und vervollständigen das Modell des „Vollständigen Wissens“. Anton (2019) gibt für dieses Modell ein Beispiel für einen chemischen Sachverhalt bezogen auf das Thema Alkohole:

- Fakten: Wasser ist ein Reinstoff mit hohem Sdp., Ethanol siedet bei 78°C; Ethanol kann Eiweiß fällen
- Konditionen: Ein Alkohol/Wasser-Gemisch kann durch Destillation getrennt werden.
- Funktionen: Mit Hilfe von konzentriertem Ethanol können Hautpartien von Bakterien desinfiziert werden.

Erst durch die Verknüpfung dieser drei Komponenten entsteht laut Neber (1993) vollständiges Wissen. Dieses ist speziell für den Übergang auf eine Hochschule von großer Bedeutung, weil dort die Prüfungsformate häufig auf die Anwendung des Wissens und nicht auf das bloße Auswendiglernen von Fakten aufgebaut sind. Im nächsten Kapitel wird ein kurzer Überblick über den aktuellen Lehrplan und den damit zusammenhängenden Basiskonzepten gegeben.

2.2 Lehrplanbezug

Um das durch den schulischen Unterricht erworbene Vorwissen mittels Fragebogen überprüfen zu können, ist bei der Erstellung eines solchen der Lehrplan als Anhaltspunkt für das Wissen der Studienanfänger:innen heranzuziehen. Laut Lehrplan der AHS-Oberstufe (BMBWF 2023) sollen die jeweiligen Inhalte und Methoden so gewählt werden, dass im wesentlichen sechs Basiskonzepte verinnerlicht werden:

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 Protonenübertragungen, Elektronenübertragungen 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

Da sich diese Arbeit mit den Themen „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ beschäftigt, sind vor allem folgende Basiskonzepte relevant: Stoff-Teilchen-Konzept, Donator-Akzeptor-Konzept, Gleichgewichtskonzept. Bei der Erstellung des Fragebogens wurde auf diese Inhalte des Lehrplans besonders Rücksicht genommen.

Erwähnenswert in diesem Zusammenhang scheinen auch die von Tausch (2019) angesprochenen Schlüsselkonzepte. Dabei ist ein Schlüsselkonzept laut Definition „[...] eine Leitidee, die den Zugang zu einem großen Wissensgebiet eröffnet, seine Strukturierung unterstützt und seine Vermittlung erleichtert.“ (Tausch 2019, S. 56). Der Autor versucht mit einem Exkurs in die Begriffslandschaft der Wissenschafts- und

Erkenntnistheorie die Basiskonzepte und deren Gültigkeitsbereiche zu hinterfragen. Zusätzlich zeigt Tausch (2019) auf, welche wesentliche Konzepte seiner Meinung nach in den Basiskonzepten der Lehrpläne in Deutschland, welche aber beinahe deckungsgleich mit denen in Österreich sind, nicht vertreten sind:

„Arbeitsweisen und Erkenntniswege (Experimente, Hypothesen etc.), Denken und Argumentieren in Gegensatzpaaren (hydrophil – hydrophob, polar – unpolar, exotherm – endotherm, nukleophil – elektrophil, Analyse – Synthese, Homolyse – Heterolyse, Addition – Eliminierung, Absorption – Emission etc.), Klasseneinteilungen und Ordnungsrelationen (Element- und Stofffamilien, Redoxpotenziale, Säurestärken etc.), Nachhaltigkeit im Umgang mit Stoffen und Verfahren (Recycling, produktionsintegrierter Umweltschutz etc.).“ (Tausch 2019, S. 66).

Diese Schlüsselkonzepte zielen unter anderem auf eine zusätzliche und feinere Strukturierung der Inhalte ab. Hierzu sei auch das Kompetenzmodell des Lehrplans erwähnt, welches durchaus versucht, den Fokus auf die Anwendung des erworbenen Wissens zu legen (BMBWF 2023). Eine Frage die sich dennoch stellt ist, in wie weit die Inhalte der Basiskonzepte und die Handlungsdimensionen des Kompetenzmodells im Unterricht verknüpft werden und die Schüler:innen ihr Wissen auf Problemstellungen anwenden können. In der durchgeführten Fragebogenstudie wird unter anderem darauf der Fokus gesetzt. Erwähnenswert ist auch eine von Busker, Parchmann & Wickleder (2010) durchgeführte Studie in Deutschland, bei der die Autoren zu folgender Schlussfolgerung kamen: „Studienanfänger zeigen typische Schülervorstellungen und besitzen im Durchschnitt ein geringes Konzeptverständnis für die Basiskonzepte der Chemie.“ (Busker et al. 2010, S. 166). In dieser Arbeit wird unter anderem überprüft, ob sich diese Ergebnisse auch bei Studienanfänger:innen des Faches Chemie der Universität Wien bestätigen lassen.

In den nächsten Kapiteln soll ein Überblick über gängige Präkonzepte und den fachdidaktischen Hintergründen zu den in dieser Arbeit relevanten Themengebieten gegeben werden.

2.3 Fachdidaktischer Hintergrund

2.3.1 Teilchenmodell

Eine besondere Herausforderung des Chemieunterrichts stellt der ständige Wechsel zwischen makroskopisch beobachtbaren Eigenschaften eines Stoffes und den damit verbundenen Erklärungsmodellen der submikroskopischen Ebene in Form von Teilchenmodellen dar (Demuth 2007; Johnstone 2000). Allerdings ist genau dieses „Denken in Modellen“ und das damit einhergehende Verständnis, dass Materie aus kleinsten Teilchen aufgebaut ist, essenziell für das Begreifen sämtlicher Prozesse in der Chemie und sollte somit eine wichtige Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht einnehmen (Glatz, Erb & Teichrew 2020; Schmidt 2011). Demnach ist der Einführung des Teilchenmodells bereits im Anfangsunterricht der Sekundarstufe I eine hohe Bedeutung beizumessen (Fischler & Reiners 2006). Freilich benötigen Schüler:innen bei dieser Art des Modelldenkens ein gewisses Maß an Raumvorstellungsvermögen (Barke, Harsch, Marohn & Krees 2015). Dieses ist laut Barke & Harsch (2011) bei Personen ab der 8. Schulstufe bereits größtenteils vorhanden, steigt jedoch mit jeder weiteren Schulstufe kontinuierlich an. Schwöppe (2007) empfiehlt im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht dieses sich noch entwickelnde Raumvorstellungsvermögen durch den Einsatz von Modellen zu fördern. So kann nicht nur diese Fähigkeit, sondern auch das Chemieverständnis positiv beeinflusst werden (Barke et al. 2015). Das Schema „Denken in Modellen“ nach Steinbuch (1977) zeigt wie ein komplexer Sachverhalt über ein Denkmodell hin zu einem Anschauungsmodell abgebildet werden kann (Abb. 1). Dabei werden Sachverhalte der Realität stets durch ein „Sieb“ betrachtet, das nur das „Wesentliche“ hindurch lässt. Durch Zusatzinformationen entstehen abstrakte Denkmodelle im Bewusstsein, welche wiederum durch irrelevante Zutaten, wie beispielsweise Gitterstäbe oder Klebstoff, zu einem konkreten Anschauungsmodell werden (Barke et al. 2015).

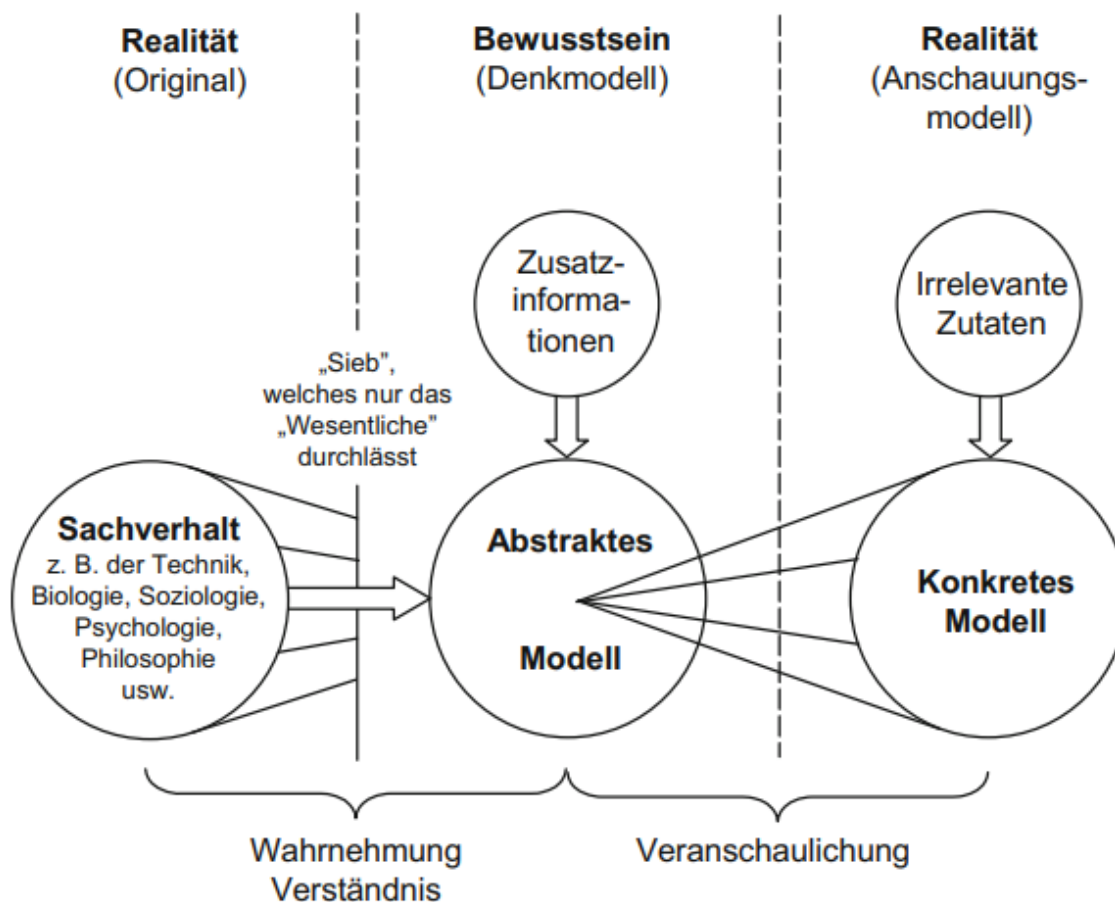


Abbildung 1: Schema „Denken in Modellen“ nach Steinbuch (1977), aus: Barke et al. 2015

Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, dass Modelle weder richtig noch falsch sind. Sie können zur Erklärung von einem Phänomen beitragen, dennoch bei einem weiteren Phänomen nicht nützlich sein (Demuth 2007). So werden im Unterricht des Faches Chemie eine Reihe von Modellen verwendet, wie beispielsweise das Masse-Modell von Dalton, das Kern-Hülle-Modell von Rutherford, das Schalenmodell der Elektronenhülle von Bohr oder das quantenmechanische Atommodell (Barke et al. 2015; Neumann 2022).

Wie bereits eingangs erwähnt, ist die Trennung von makroskopischen Eigenschaften (was gesehen, gefühlt oder gerochen werden kann), der submikroskopischen Zusammensetzung (Atome, Ionen, Moleküle, Strukturen) und der Darstellung (Symbole, Formeln, Reaktionsgleichungen, Stöchiometrie, Tabellen, Graphen) von Stoffen eine zentrale Herausforderung des Chemieunterrichts (Barke et al. 2015; Johnstone 2000).

Johnstone fasst diese Dimensionen im sogenannten „Chemischen Dreieck“ oder „Johnstone Dreieck“ zusammen (Abb. 2). Von Mahaffy (2006) wurde dieses Modell mit der Einführung einer menschlichen Ebene zu einem Tetraeder erweitert.

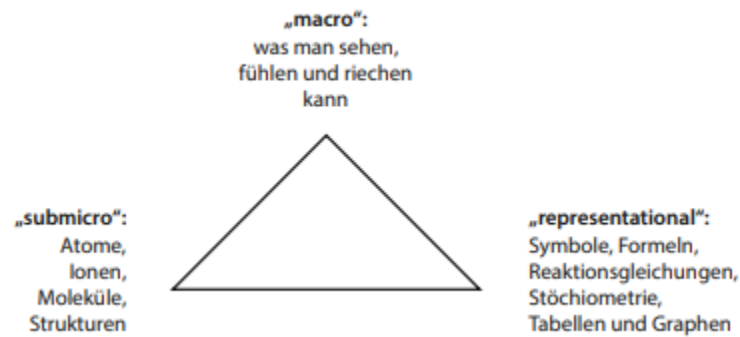


Abbildung 2: Das „Chemische Dreieck“ von Johnstone (2000), aus: Barke et al. 2015

Findet diese Trennung nicht klar statt, werden Stoffeigenschaften aus dem makroskopischen Bereich direkt den Teilchen zugeschoben (Rohr 2005; Steffensky, Parchmann & Schmidt 2005). So kommt es zu Aussagen wie: „Chloratome sind grün.“, „Wenn eine Eisenschiene 25°C hat, dann haben die Eisenatome in der Schiene 25°C.“, „Sehr kalte Stickstoffatome werden flüssig.“ oder „Wasserteilchen sind nass.“ (Barke 2006). Dies wird oft auch dadurch verstärkt, dass beispielsweise in Molekülbaukästen den einzelnen Atomen Farben zugeordnet werden. So lernen Schüler:innen, dass eine schwarze Kugel ein Kohlenstoffatom darstellt, eine grüne Kugel ein Chloratom und eine rote Kugel ein Sauerstoffatom (Barke 2006). Darauf sollte bei der Verwendung von Modellen unbedingt eingegangen werden. Ansonsten kann beispielsweise die Vorstellung entstehen, Kohlenstoffteilchen hätten eine schwarze Farbe. Wird allerdings Diamant (farblos) und Graphit (schwarz) verglichen, so zeigt sich deutlich, dass diese Stoffe völlig unterschiedliche Eigenschaften und auch Farben haben. Das interessante dabei: beide Stoffe bestehen natürlich nur aus Kohlenstoffatomen. Da ein Stoff farblos und der andere schwarz gefärbt ist, kann diese Eigenschaft nicht den Atomen direkt zugeschrieben werden (Barke 2006).

Ein weiteres wichtiges Thema in Bezug auf Teilchenmodelle ist der sogenannte „Horror Vacui“. Bei einer Studie von Novick & Nussbaum (1981) zeigte sich, dass Schüler:innen und Studierende in den USA zu einem Großteil die Auffassung besaßen, dass sich

zwischen den Teilchen eines Gases Luft oder andere Materie befindet. Auch in Deutschland zeigte sich bei Befragungen von Kircher & Heinrich (1984), dass Schüler:innen Modellzeichnungen von Butangas richtig wiedergeben konnten, allerdings nur etwa 50% der Teilnehmer:innen bei der Frage nach den Zwischenräumen die Antworten „leer“ oder „nichts“ auswählten. Somit war die andere Hälfte der Jugendlichen der Meinung, dass zwischen den Butanteilchen Luft oder andere Materie sein. Diese Personen unterliegen dem sogenannten „Horror Vacui“ (lateinisch für „Scheu vor der Leere“). Diese Vorstellung der Schüler:innen geht häufig mit der ebenso weitverbreiteten These „Luft ist nichts.“ einher (Barke 2006). Die Diskussion, dass Luft eine Mischung aus verschiedenen Gasen ist, bei denen sich eine Masse und eine Dichte wie bei anderen Stoffen bestimmen lässt, sollte geführt werden. Dabei kann auch auf den Begriff des Vakuums und letztlich auf den leeren Raum zwischen Teilchen eingegangen werden (Barke 2006).

Laut Tausch (2003) ist die Einführung des Molbegriffs und des Stoffmengenkonzepts unabdingbar für einen fundierten Chemieunterricht. Allerdings ist der Molbegriff für Schüler:innen häufig mit Schwierigkeiten verbunden (Barke & Indriyanti 2017; Hadfield 1999). Seit 2019 ist das Mol wie folgt definiert:

„Das Mol, Einheitenzeichen mol, ist die SI-Einheit der Stoffmenge. Ein Mol enthält genau $6.02214076 \cdot 10^{23}$ Einzelteilchen. Diese Zahl entspricht dem für die Avogadro-Konstante N_A geltenden festen Zahlenwert, ausgedrückt in der Einheit mol^{-1} , und wird als Avogadro-Zahl bezeichnet.“ (Marquardt, Meija, Mester, Towns, Weir, Davis, & Stohner 2018, S. 3).

Allerdings kann es sich bei diesen Einzelteilchen beispielsweise um Moleküle, Ionen, Atome, Elektronen oder sonstige Teilchen handeln (Marquardt et al. 2018). Wichtig ist jedoch, dass es sich um keine Einheit der Masse handelt. Da Teilchen in der Größe von Atomen oder Molekülen unmöglich gezählt werden können, die Anzahl der Teilchen in einer chemischen Reaktion aber entscheidend ist, behilft man sich mit dem Prinzip „Zählen durch Wiegen“ (Barke & Indriyanti 2017). Durch die vorherige Bestimmung der Masse einer definierten Teilchenzahl (in diesem Fall 1 mol) kann durch das Wiegen auf die Teilchenzahl einer beliebigen Menge eines Stoffes rückgeschlossen werden. So

kann beispielsweise dem Periodensystem entnommen werden, dass 1 mol Kohlenstoffatome 12 g wiegen ($M_{\text{C}} = 12 \text{ g/mol}$). Werden jetzt etwa 42 g von diesem Stoff gewogen, so kann berechnet werden, dass es sich um 3,5 mol, also um $21,077 \cdot 10^{23}$ Kohlenstoffatome handelt. Um das Prinzip „Zählen durch Wiegen“ für Schüler:innen verständlich zu machen empfehlen Barke & Indriyanti (2017) handlungsorientierten Unterricht. In ihrer Studie bekamen Schüler:innen aus Indonesien und Deutschland die Aufgabe, die Anzahl an Bonbons in einem großen verschlossenen Behälter zu ermitteln. Sie erhielten dafür eine kleinere Portion dieser Bonbons und konnten so durch das Prinzip „Zählen durch Wiegen“ auf die Teilchenzahl im großen Behälter schließen. Die Schüler:innen dieser Testgruppe schnitten im Vergleich mit Schüler:innen die keinen handlungsorientierten Unterricht erfahren haben, bei Aufgaben zum Thema „Teilchenmodell und der Stoffmenge“ signifikant besser ab (Barke & Indriyanti 2017). Als wichtigstes Ergebnis unterstrichen die Autoren auch die erfolgreiche Verknüpfung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene (Johnstone 2000).

Insgesamt lassen sich das Denken in Modellen und die damit verbundenen Unterscheidungen der verschiedenen Dimensionen des „Johnstone Dreiecks“ sowie das Verständnis des Molbegriffs als äußerst wichtige Inhalte des Chemieunterrichts festhalten. Ein fachwissenschaftlich korrektes Wissen rund um das Thema „Teilchenmodell“ ist für das weitere Lernen chemischer Inhalte unabdingbar (Barke et al. 2015).

2.3.2 Redox-Reaktionen

Redox-Reaktionen spielen nicht nur in unserem Alltag eine entscheidende Rolle, sondern gelten auch als zentrales Thema der Lehrpläne im Rahmen des Donator-Akzeptor-Konzepts (BMBWF 2023). Ein häufiges Problem bei der Vermittlung von Redox-Reaktionen ist die enge Verknüpfung dieser Thematik mit der Anwesenheit von Sauerstoff (Neumann 2022). Oftmals wird im Anfangsunterricht der Begriff Oxidation als Reaktion mit Sauerstoff oder als Sauerstoffübertragung definiert. Erst im späteren Unterrichtsverlauf oder in der Sekundarstufe II wird von Elektronenübertragungen gesprochen (Barke 2006). Diese historisch bedingte Definition der Sauerstoffübertragung kann den Umstand erschweren, dass ein Verständnis von Redox-Reaktionen auf Elektronenebene erfolgt. So zeigte sich bei Untersuchungen von Schmidt (1994), dass auch Schüler:innen der Sekundarstufe II große Schwierigkeiten hatten, zu entscheiden, ob eine gezeigte Reaktion zu den Redox-Reaktionen zählt oder nicht. Viele Teilnehmer:innen begründeten fälschlicherweise ihre Antworten mit der bloßen Anwesenheit von Sauerstoff in der Reaktionsgleichung: „Beide enthalten Sauerstoff, was zu einer Redox-Reaktion unbedingt erforderlich ist.“ (Schmidt 1994, S.7).

Rossow & Flint (2009) bezeichnen die Erweiterung des Redox-Begriffes von der Sauerstoffübertragung hin zu einer Elektronenübertragung nicht als Erweiterung des Konzepts, sondern als Konzeptwechsel. Wie bei allen Konzeptwechseln kann es hier zu Schwierigkeiten kommen (Rossow & Flint 2009). Um die Fixierung auf den Sauerstoff zu umgehen, schlägt Neumann (2022) beispielsweise den umgekehrten Weg als denkbare Möglichkeit für den Unterricht vor: „zuerst wird der Redoxbegriff auf Elektronenebene eingeführt und im Anschluss Oxidation, Reduktion bzw. Redoxreaktion auf Sauerstoffebene als eine Redoxreaktion unter vielen Redoxreaktionen herausgearbeitet“ (Neumann 2022, S. 133). Rossow & Flint (2009) entgegnen diesem Ansatz, dass bei einer frühen Definition der Redox-Reaktionen über die Elektronenebene bereits ein differenziertes Atommodell gelernt werden muss oder nur sehr einfache Verbrennungsreaktionen besprochen werden können. Die Autoren schlagen stattdessen vor, einen Konzeptwechsel anzustreben, dabei allerdings auf die von Jung (1986) genannten Aspekte zu achten: Anknüpfen an die bestehenden Vorstellungen;

Konfrontation von vorhandenen mit neuen Aspekten; Umdeutung des schon Bekannten. Eine Möglichkeit wäre „[...] die Reaktion mit Sauerstoff als eine Form der Oxidation und den Entzug von Sauerstoff als eine Form der Reduktion einzuführen.“ (Rossow & Flint 2009, S. 84).

Die Problematik, dass Schüler:innen Redox-Reaktionen oftmals nicht als Elektronenübertragungsreaktionen verstehen, zeigte sich auch bei Befragungen zu den Begriffen Oxidations- beziehungsweise Reduktionsmittel. Bei einer Studie von Sumfleth, Stachelscheid & Todtenhaupt (1991) erklärten nur 6% der Schüler:innen diese Begriffe mit einer Elektronenaufnahme (Oxidationsmittel, wird selbst reduziert) oder einer Elektronenabgabe (Reduktionsmittel, wird selbst oxidiert). Zusätzlich stellte das richtige Anwenden von Oxidationszahlen und der damit zusammenhängenden Erkenntnis, ob es sich um eine Redox-Reaktion handelt, ein Problem für Schüler:innen dar (Garnett, Garnett & Treagust 1990).

Einen großen Bereich der Redox-Reaktionen stellt das Thema Elektrochemie dar. Die damit verbundenen Vorstellungen von Schüler:innen erforschte Marohn (1999) umfassend. Dabei wurde die Fehlvorstellungen zum Ladungstransport im Elektrolyten, zur Elektrolyse, zu Anode und Katode und zu Minus- und Pluspol gesammelt.

Beim Thema Ladungstransport im Elektrolyten konnte gezeigt werden, dass viele Schüler:innen die Vorstellung besitzen, die für die Redox-Reaktionen relevanten Elektronen würden durch den Elektrolyten und nicht durch eine leitende Verbindung der Elektroden geleitet werden (Marohn 1999).

Bei der Elektrolyse ist die Vorstellung, dass Anionen und Kationen in Lösung als Verbindung vorliegen und durch eine äußere Spannung „zerrissen“ werden vorherrschend. Flint & Witt (2016) merken hierzu an, dass möglicherweise viele Schüler:innen Schwierigkeiten mit der Vorstellung eines Leitungsmechanismus durch Ionen haben und eher die bereits erwähnte Vorstellung der Leitung von Elektronen durch den Elektrolyten bevorzugen.

Beim Thema Anode und Katode war auffällig, dass die Definitionen „An der Anode findet die Oxidation statt. An der Katode findet die Reduktion statt.“ von den Schüler:innen

wiedergegeben werden konnten (Marohn 1999). Allerdings kommt es bei der Anwendung dieses Wissens zu Schwierigkeiten.

„Werden beispielsweise an einer Elektrode Kupfer-Ionen reduziert, in dem sie Elektronen aufnehmen, so gibt die Elektrode in diesem Moment Elektronen ab. Nicht wenige Schüler interpretieren diesen Vorgang als Oxidation der Elektrode und bezeichnen sie folglich als Anode.“ (Flint & Witt 2016, S. 4).

Marohn (1999) schlägt hierzu vor, einen deutlicheren Bezug zu den Teilchen herzustellen: „An der Kathode nehmen Teilchen Elektronen aus dem Leiterdraht auf. An der Anode geben Teilchen Elektronen an den Leiterdraht ab.“ (Marohn 1999, S. 160). Diese Formulierungen würden auch der Vorstellung von dem bereits erwähnten Fehlkonzent der Elektronenleitung durch den Elektrolyten entgegenarbeiten.

Weitere große Schwierigkeiten ergeben sich bei der gleichzeitigen Verwendung von Anode und Katode und Minus- und Pluspol. Vor allem der Wechsel der Pole von der Galvanischen Zelle zur Elektrolyse sorgt hierbei für Probleme (Marohn 1999). Anton (2008) formuliert hierzu:

„Wenn man diesen Unterschied nicht deutlichst vor dem Schüler erläutert und wenn man keine klare Definitionsgrenze zwischen galvanischen (freiwillig vom Minus zum Pluspol) und elektrolytischen (erzwungen von der Anode zur Kathode) Vorgängen zieht, danntere Diskussion zu dem bekannten Fiasko, welches sich schon so etabliert hat, dass auch Studierende der Chemie zum Verdrängen dieses Dilemmas gezwungen sind.“ (Anton 2008, S. 237).

Bei den Problemen rund um das Verstehen von Redox-Reaktionen ist vor allem die Problematik der richtigen Definitionen und der damit verbundenen Anwendung auf konkrete Beispiele auffällig. Hier gilt es besonders systematisch und strukturiert vorzugehen, um „hausgemachte“ Fehlvorstellungen zu vermeiden.

2.3.3 Chemisches Gleichgewicht

Der Begriff Gleichgewicht wird für zahlreiche unterschiedliche Beschreibungen verwendet. Da wären beispielsweise das Gleichgewicht in der Wirtschaftstheorie, der Spieltheorie oder der Systemtheorie, sowie das mechanische, radioaktive oder thermodynamische Gleichgewicht. Schüler:innen verbinden mit diesem Begriff vor allem den Zustand einer Waage, wenn diese sich aufgrund der gleichen Massen in den Schalen im Gleichgewicht hält oder mit dem Gleichgewicht des eigenen Körpers, welches durch Schwindel oder andere Dinge beeinträchtigt werden kann. All diese schon aus dem Alltag und der Lebenswelt der Schüler:innen bekannten Begriffe haben allerdings nicht die gleiche Bedeutung wie das chemische Gleichgewicht (Neumann 2022; Schmidkunz (2002).

Osthues (2005) zeigte in einer Fragebogenstudie gängige Präkonzepte zu diesem Thema auf. Aufgrund der aus dem Alltag bekannten Balkenwaage, die sich bei gleicher Masse in den Schalen „im Gleichgewicht“ befindet, ist es wenig verwunderlich, dass Schüler:innen oftmals die Vorstellung besitzen, dass „[...] im Gleichgewichtszustand die Summe der Konzentrationen der Edukte gleich der Summe der Konzentrationen der Produkte ist.“ (Barke 2006, S. 165). Betrachtet man allerdings beispielsweise schwache Säuren in wässriger Lösung, so zeigt sich ein gänzlich anderes Bild. Hier beträgt die Konzentration der Säure-Moleküle, je nach Protolysegrad, 99% im Gleichgewicht (Barke 2006). Auch weit verbreitet ist die Vorstellung, dass bei chemischen Reaktionen die Summe der Konzentrationen erhalten bleibt (Barke 2006; Osthues 2005).

Eine weitere Vorstellung, welche durchaus auch mit der aus dem Alltag bekannten Balkenwaage zusammenhängen könnte, beschäftigt sich mit dem Erliegen einer Reaktion (Steffensky et al. 2005). Laut dieser Denkweise gleichen sich Edukte und Produkte aus und die Reaktion läuft nicht mehr weiter. Teilweise herrscht auch die Vorstellung, dass eine Rückreaktion erst einsetzt, wenn die Hinreaktion vollständig abgeschlossen ist (Steffensky et al. 2005).

Um der Vorstellung bezüglich des Erliegens einer Reaktion im Gleichgewicht entgegenzuwirken, ist das Modell von Dickerson (1981) hilfreich (Abb. 3). Dabei sind zwei Gärten durch einen Zaun getrennt. An der Grenze der beiden Grundstücke steht

ein Apfelbaum, von dem viele Äpfel zu Boden gefallen sind. Die am Boden liegenden Äpfel stellen hierbei die Edukte als auch Produkte dar. Die beiden Nachbarn beginnen die Äpfel in den jeweils anderen Garten zu werfen. Die Wurfgeschwindigkeit der beiden ist unterschiedlich groß (hier dargestellt durch einen alten sitzenden Mann und einen jungen dynamischen Mann), bleibt aber jeweils konstant. Nach einer Zeit stellt sich ein Gleichgewicht ein. Zwar werfen beide Nachbarn immer noch die Äpfel über den Zaun, allerdings ändert sich die Anzahl der Äpfel in den jeweiligen Gärten nicht mehr. Mit diesem Modell kann veranschaulicht werden, dass auch im chemischen Gleichgewicht die Reaktion weiterläuft und nicht auf beiden Seiten gleich viele Edukte wie Produkte vorhanden sein müssen. Wichtig ist hierbei natürlich auch zu erwähnen, dass dieses Modell, wie alle Modelle, Limitierungen aufweist. So sind hier beispielsweise Edukte und Produkte jeweils Äpfel. Zudem findet keine Reaktion statt. Für die Erklärung des Prinzips des chemischen Gleichgewichts ist dieses Modell aber durchaus sinnvoll (Schmidkunz 2002).

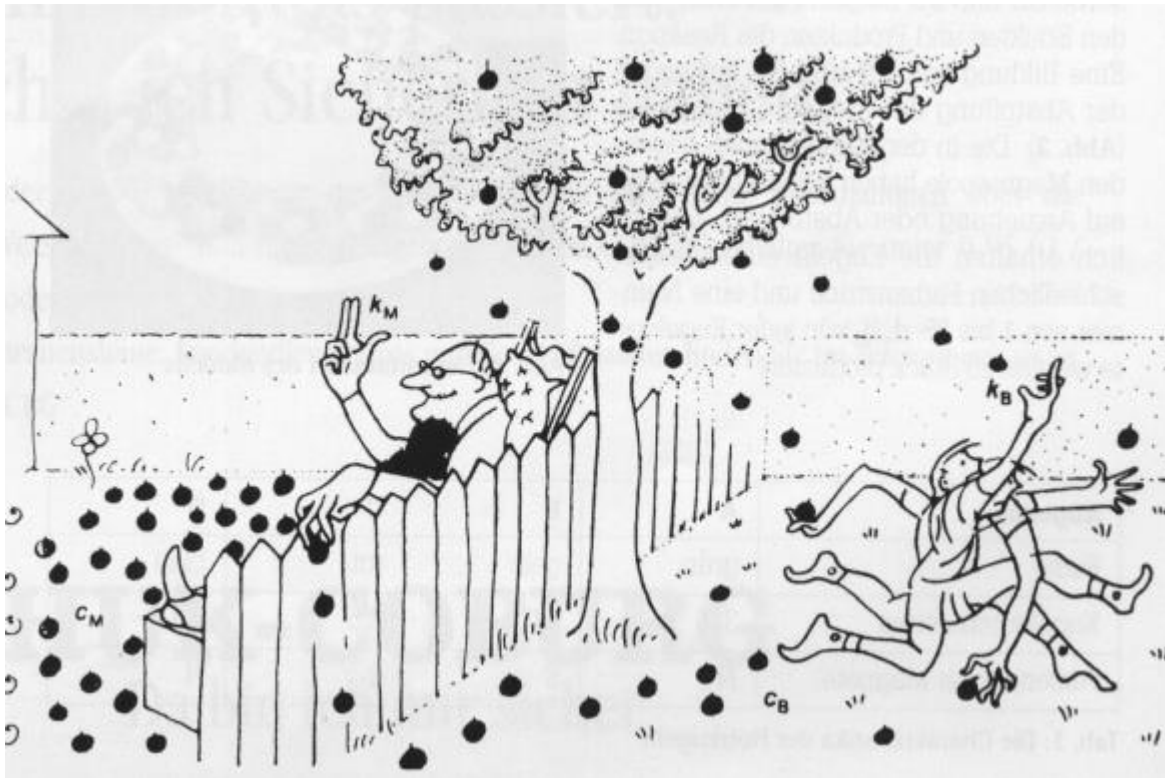


Abbildung 3: Modell für ein chemisches Gleichgewicht nach Dickerson (1981), aus: Schmidkunz 2002

Das Prinzip von Le Chatelier wird allerdings von einer Mehrheit der Schüler:innen verstanden. So zeigte sich, dass Aufgaben bei denen das Gleichgewicht durch Temperatur oder Druckänderungen verschoben wird, von den Schüler:innen größtenteils richtig gelöst wurden (Osthues 2005).

Laut Barke (2006) handelt es sich um ein didaktisch äußerst schwieriges Thema, bei dem viele Präkonzepte auftreten und sich oftmals nicht vermeiden lassen. Gerade bei dieser Thematik sind Modellvorstellungen und strukturiertes Vorgehen von großer Wichtigkeit.

3 Empirischer Teil

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Pilotumfrage

Um einen Überblick für mögliche Themen des Hauptfragebogens zu bekommen, wurde gemeinsam mit meiner Kollegin Stefanie Wurzer ein Pilotfragebogen erstellt, welcher an Schüler:innen der 11. und 12. Schulstufe ausgegeben wurde. Der Online-Fragebogen wurde mit Hilfe der Web-Applikation „SoSci Survey“ erstellt und per E-Mail an Lehrkräfte mit der Bitte um Unterstützung übermittelt. Dabei wurde untersucht, welche Themengebiete der Chemie die Teilnehmer:innen selbst als besonders leicht oder schwierig einschätzen. Folgende Sätze waren in dem Fragebogen enthalten: 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. Dabei konnten die Schüler:innen auf einer Likert-Skala von 1 bis 4 zu den vorgelegten Sätzen Stellung beziehen: 1 „Stimme nicht zu.“, 2 „Stimme eher nicht zu.“, 3 „Stimme eher zu.“, 4 „Stimme zu.“. Zusätzlich wurde die Einstellung der Schüler:innen zum Fach Chemie allgemein abgefragt. Folgende Items wurden hierfür verwendet: Ich bin begeisterte:r Chemieschüler:in; Ich habe einen guten Überblick über die Inhalte aus dem Chemieunterricht; Chemie im Alltag erachte ich für sehr wichtig; Jede:r Bürger:in sollte ein sicheres Grundverständnis für Chemie besitzen; Chemie ist ein wichtiges Unterrichtsfach. Auch hier konnten die Teilnehmer:innen auf der vierteiligen Skala Stellung beziehen.

Abschließend wurden noch die demographischen Daten Geschlecht, Alter und Klasse erhoben.

3.1.2 Hauptumfrage

Zur Erhebung der benötigten Daten wurde mit Hilfe der Web-Applikation „SoSci-Survey“ ein Online-Fragebogen erstellt. Dieser wurde aus logistischen Gründen gemeinsam mit

meiner Kollegin Stefanie Wurzer erarbeitet und beinhaltet insgesamt 60 Items zu den Themen „Teilchenmodell“, „Chemische Bindungen“, „Redox-Reaktionen“, „Säuren/Basen/pH-Wert“, „Chemisches Gleichgewicht“ und „Thermodynamik“. Für die vorliegende Arbeit sind allerdings nur 30 Items aus den Bereichen „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ relevant. Folgende Aussagen waren im Fragebogen enthalten und sind im Folgenden mit einem Lösungsschlüssel versehen (die Abkürzungen „Ri“ stehen dabei für „Richtig“ und „F“ für „Falsch“):

Teilchenmodell:

- Sowohl bei festen Stoffen als auch bei Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich die Teilchen, aus denen diese Stoffe bestehen. (Ri) (Flandorfer & Luef, 2015)
- Die Teilchen einer warmen Eiskugel sind weiter voneinander entfernt als die Teilchen einer kalten Eiskugel. (Ri) (Flandorfer & Luef, 2015)
- Zwischen den Teilchen eines Körpers ist leerer Raum. (Ri) (Flandorfer & Luef, 2015)
- Zwischen den Teilchen eines beliebigen Gases ist Luft. (F) (Flandorfer & Luef, 2015)
- Wenn eine Eisenschiene 25°C hat, dann haben die Eisenatome in der Schiene 25°C. (F) (Flandorfer & Luef, 2015)
- Beim Erstarren einer Flüssigkeit ordnen sich die Teilchen dichter aneinander. (Ri)
- 1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Masse. (F)
- 1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Anzahl an Teilchen. (Ri)
- Die Formel von Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 bedeutet, dass die Verbindung aus zwei Gewichtsanteilen Eisen und drei Gewichtsanteilen Sauerstoff zusammengesetzt ist. (F)
- 1 mol eines Stoffes entspricht einer Teilchenzahl von ca. $6,022 \cdot 10^{23}$. (Ri)

Redox-Reaktionen:

- Redox-Reaktionen sind Elektronenübertragungsreaktionen. (Ri)
- Das Oxidationsmittel wird bei einer Redox-Reaktion oxidiert. (F)

- Oxidationszahlen können durch die Elektronegativität der in einer Verbindung befindlichen Atome ermittelt werden. (Ri)
- Bei der folgenden Reaktion ist Eisenoxid das Reduktionsmittel: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$. (F)
- Unedle Metalle haben ein niedrigeres Elektrodenpotential als Wasserstoff und werden daher meistens reduziert. (F)
- Bei einer Elektrolyse findet an der Anode die Oxidation und an der Kathode die Reduktion statt. (Ri)
- Reduktionsmittel sind Elektronendonatoren. (Ri)
- Die Oxidationszahl von Mangan in der Verbindung MnO_4^- ist +VIII. (F)
- Bei der folgenden Reaktion handelt es sich um eine Redox-Reaktion: $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{MnCl}_2 + 2 \text{KCl} + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{Cl}_2$. (Ri)
- Durch Redox-Reaktionen kann chemische in elektrische Energie umgewandelt werden. (Ri)

Chemisches Gleichgewicht:

- Das chemische Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem sich die Konzentrationen der beteiligten Stoffe nicht mehr ändern. (Ri)
- Im chemischen Gleichgewicht ist die Summe der Konzentrationen der Edukte gleich der Summe der Konzentrationen der Produkte. (F)
- Im chemischen Gleichgewicht ist die Geschwindigkeit der Hinreaktion gleich der Geschwindigkeit der Rückreaktion. (Ri)
- Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Masse der Edukte gleich der Masse der Produkte ist. (F)
- Das chemische Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem die Reaktion nicht mehr weiterläuft. (F)
- Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Konzentration der Edukte und die Konzentration der Produkte gleich ist. (F)
- Mittels der Gleichgewichtskonstanten K kann ermittelt werden, ob das Gleichgewicht einer Reaktion auf der Seite der Produkte oder der Edukte liegt. (Ri)
- Die Gleichgewichtskonstante K ist für jede Reaktion gleich. (F)

- Bei der folgenden Reaktion liegt das chemische Gleichgewicht auf der Seite der Produkte: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$ ($K = 3,87 \cdot 10^{-31}$). (F)
- Das chemische Gleichgewicht ist temperaturabhängig. (Ri)

Die Teilnehmer:innen mussten bei jeder Aussage entscheiden, ob diese „Richtig“ oder „Falsch“ ist und zudem auf einer vierteiligen Likert-Skala ihre Sicherheit bezüglich ihrer Antwort angeben: 1 „unsicher“, 2 „eher unsicher“, 3 „eher sicher“, 4 „sicher“. Um die Aufmerksamkeit der Teilnehmer:innen zu kontrollieren und um Personen, welche den Fragebogen nur durch zufälliges Anklicken der Antwortmöglichkeiten ausfüllten, ausfindig zu machen, wurde dem Fragebogen eine Kontrollaussage hinzugefügt. Zudem wurden die 60 Aussagen bei jeder Person in zufälliger Reihenfolge angezeigt. Dadurch sollten Reihenfolge-Effekte (Krosnick & Alwin 1987; McClendon 1991) vermieden werden.

Die Befragung der Studienanfänger:innen konnte am 03.10.2023 im Carl Auer von Welsbach Hörsaal durchgeführt werden. Dabei wurde den Studierenden ein QR-Code zur Verfügung gestellt, der die Bearbeitung des Fragebogens mit den persönlichen Mobiltelefonen ermöglichte. Durch den frühen Befragungstermin zu Semesterbeginn konnte sichergestellt werden, dass die Studierenden noch kein Wissen aus den universitären Vorlesungen oder Übungen gewinnen konnten und somit ausschließlich die bis zum Studienbeginn erworbenen Kenntnisse erfasst wurden.

3.2 Ergebnisse Pilotumfrage

Der Fragebogen für die Pilotumfrage wurde von insgesamt 57 Personen ausgefüllt. Dabei gaben 23 Personen ihr Geschlecht als weiblich (40,4%), 30 Personen als männlich (52,6%) und vier Personen als divers (7,0%) an. 31 Teilnehmer:innen besuchten die 8. Klasse (12. Schulstufe) und 26 Teilnehmer:innen die 7. Klasse (11. Schulstufe). Bei den Themengebieten, die laut Lehrplan erst in der 8. Klasse unterrichtet werden (z.B. organische Nomenklatur), gaben hauptsächlich die Schüler:innen der 8. Klasse ihre Einschätzung ab. Dadurch wurden nicht alle Themengebiete von allen Teilnehmer:innen bearbeitet.

Die Ergebnisse der Umfrage sind in der nachstehenden Tabelle (Tab. 1) zusammengefasst und graphisch veranschaulicht (Abb. 4). Je niedriger der Mittelwert, desto schwieriger wurde das Themengebiet von den Teilnehmer:innen eingeschätzt. Am schwierigsten wurden die Themengebiete „Chemisches Rechnen“ (M: 2,42; SD: 1,09), „Chemisches Gleichgewicht“ (M: 2,49; SD: 0,96) und „Redox-Reaktionen“ (M: 2,53; SD: 0,85) eingeschätzt. Dicht dahinter lagen die Inhalte „Organische Nomenklatur“ (M: 2,58; SD: 1,11), „Organische Stoffklassen“ (M: 2,71; SD: 1,02) und „Chemische Bindungen“ (M: 2,75; SD: 0,98). Am leichtesten wurden die Inhalte „Atombau“ (M:2,98; SD: 0,91) und „Säuren und Basen“ (M:3,09; SD: 0,87) bewertet.

	Mittelwert (M)	Standardabweichung (SD)
Atombau (N=54)	2,98	0,91
Chemisches Rechnen (N=57)	2,42	1,09
Chemische Bindungen (N=55)	2,75	0,98
Chemisches Gleichgewicht (N=45)	2,49	0,96
Säuren und Basen (N=53)	3,09	0,87
Redox-Reaktionen (N=47)	2,53	0,85
Organische Nomenklatur (N=36)	2,58	1,11
Organische Stoffklassen (N=38)	2,71	1,02

Tabelle 1: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Selbsteinschätzung von Schüler:innen bezogen auf verschiedene Themengebiete der Chemie (je niedriger der Wert, desto schwieriger wird das Gebiet wahrgenommen)

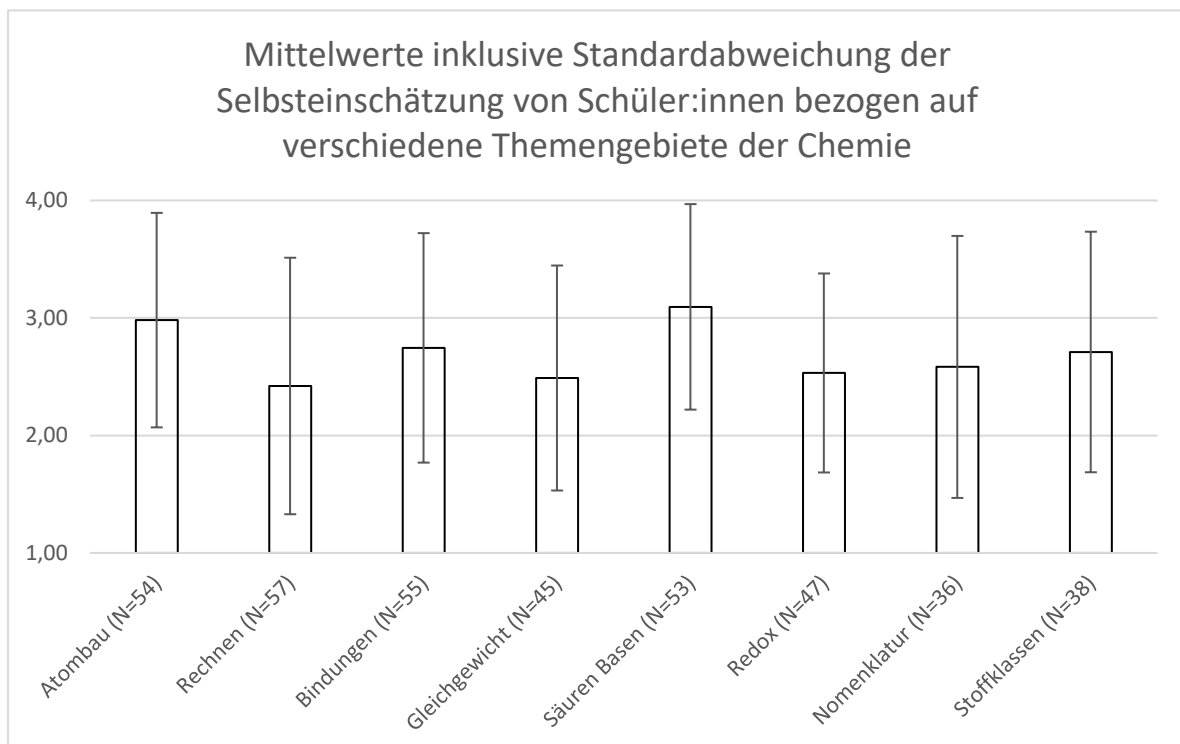


Abbildung 4: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Selbsteinschätzung von Schüler:innen bezogen auf verschiedene Themengebiete der Chemie (je niedriger der Wert, desto schwieriger wird das Gebiet wahrgenommen)

Bei den zusätzlichen Meinungen der Schüler:innen bezüglich verschiedener Aussagen über Chemie in der Schule und im Alltag lagen die Werte alle ungefähr im selben Bereich. Die höchste Zustimmung erhielt im Mittel die Aussage, dass ein chemisches Grundverständnis wichtig sei (M: 2,70; SD: 0,98). Den niedrigsten Mittelwert erzielte die Aussage, ob die Schüler:innen begeistert für das Fach Chemie sind (M: 2,27; SD: 1,14). Bei den Aussagen „Chemie ist ein wichtiges Unterrichtsfach“ (M: 2,59; SD: 1,05), „Chemie im Alltag erachte ich für sehr wichtig“ (M: 2,55; SD: 1,08) und „Ich habe einen guten Überblick über die Inhalte aus dem Chemieunterricht“ (M: 2,50; SD: 1,00) lagen die Mittelwerte dicht beieinander. Zur besseren Übersicht sind alle Mittelwerte inklusive Standardabweichung in der nachstehenden Tabelle (Tab. 2) zu finden, sowie graphisch dargestellt (Abb. 5).

	Mittelwert (M)	Standardabweichung (SD)
Begeisterte Schüler:innen (N=56)	2,27	1,14
Guter Überblick (N=56)	2,50	1,00
Wichtig im Alltag (N=56)	2,55	1,08
Grundverständnis wichtig (N=56)	2,70	0,98
Wichtiges Unterrichtsfach (N=56)	2,59	1,05

Tabelle 2: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Zustimmung von Schüler:innen zu positiven Aussagen über Chemie (je höher der Wert, desto höher die Zustimmung)

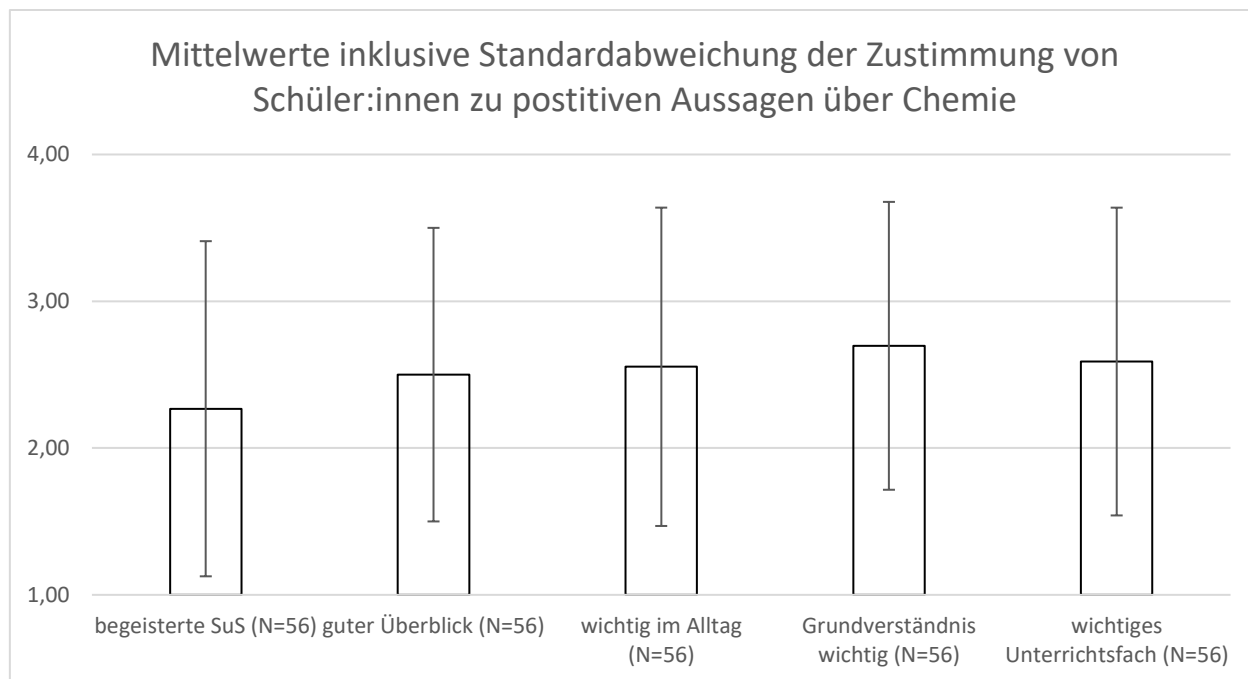


Abbildung 5: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Zustimmung von Schüler:innen zu positiven Aussagen über Chemie (je höher der Wert, desto höher die Zustimmung)

3.3 Ergebnisse Hauptumfrage

3.3.1 Demographische Daten

Von 211 begonnenen Fragebögen wurden 206 großteils vollständig ausgefüllt. Dies entspricht einer Abschlussquote von 97,63%. Auch die nicht vollständig ausgefüllten Fragebögen wurden teilweise bearbeitet und werden daher bei der Auswertung berücksichtigt. Da die demographischen Daten wichtige Informationen über die Studienanfänger:innen allgemein enthalten, werden hierbei alle 211 Fragebögen berücksichtigt. Bei den weiteren Auswertungen wird die Zahl der relevanten Fragebögen stets angegeben. Von den 211 Teilnehmer:innen gaben 119 Personen ihr Geschlecht als weiblich (56,4%), 86 Personen als männlich (40,8%) und sechs Personen als divers (2,8%) an (Abb. 6).

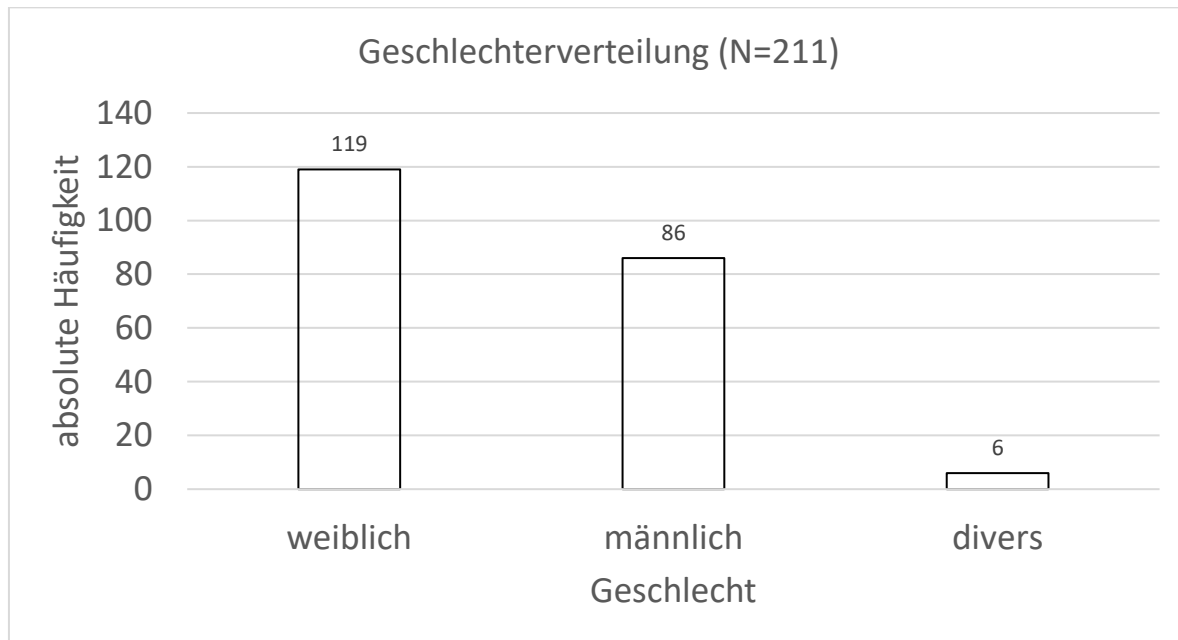


Abbildung 6: absolute Häufigkeiten der Geschlechterverteilung

Bei der Altersverteilung war ein Großteil der Teilnehmer:innen zwischen 18 und 20 Jahre alt (76,3%). Die größte Gruppe der Studienanfänger:innen bilden die 18-Jährigen (68 Personen), direkt gefolgt von den 19-Jährigen (63 Personen) und 20-Jährigen (30 Personen). Die weitere Altersverteilung ist in der folgenden Abbildung ersichtlich (Abb. 7).

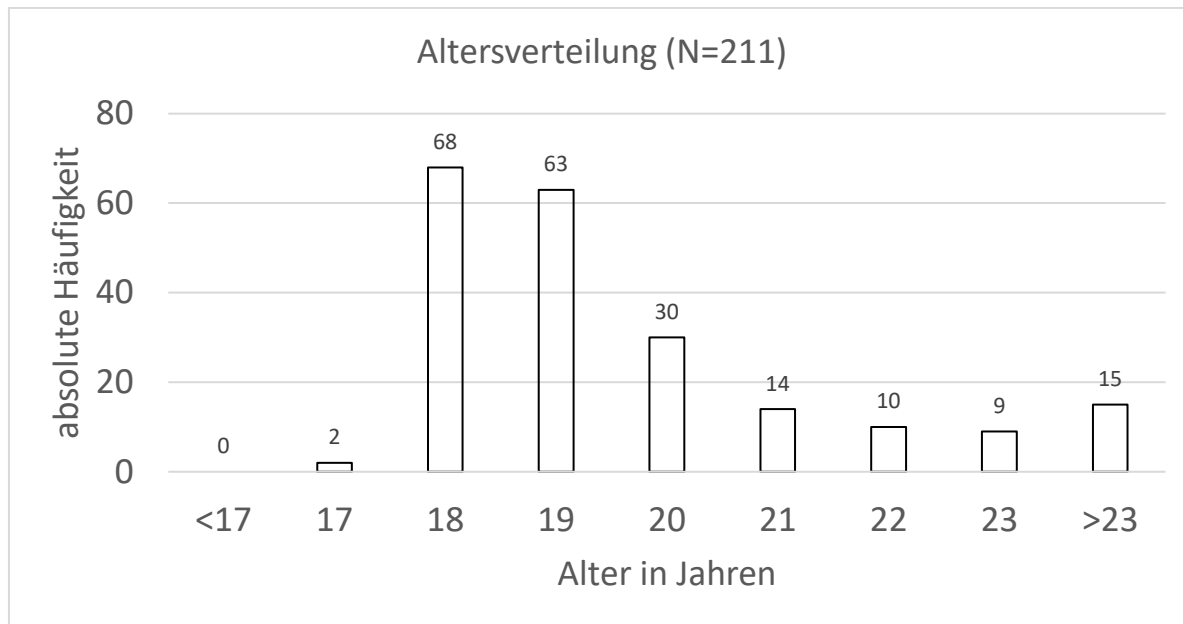


Abbildung 7: absolute Häufigkeiten der Altersverteilung

Bei den Schultypen war die AHS mit 154 Personen (73%) dominant. Dahinter folgte die HTL (19 Personen) und Schulen aus dem BHS-Bereich (10 Personen). 28 Personen gaben an, eine andere Schulform gewählt zu haben, wobei hier bei den offenen Antworten häufig Schulformen aus anderen Ländern genannt wurden (Abb. 8).

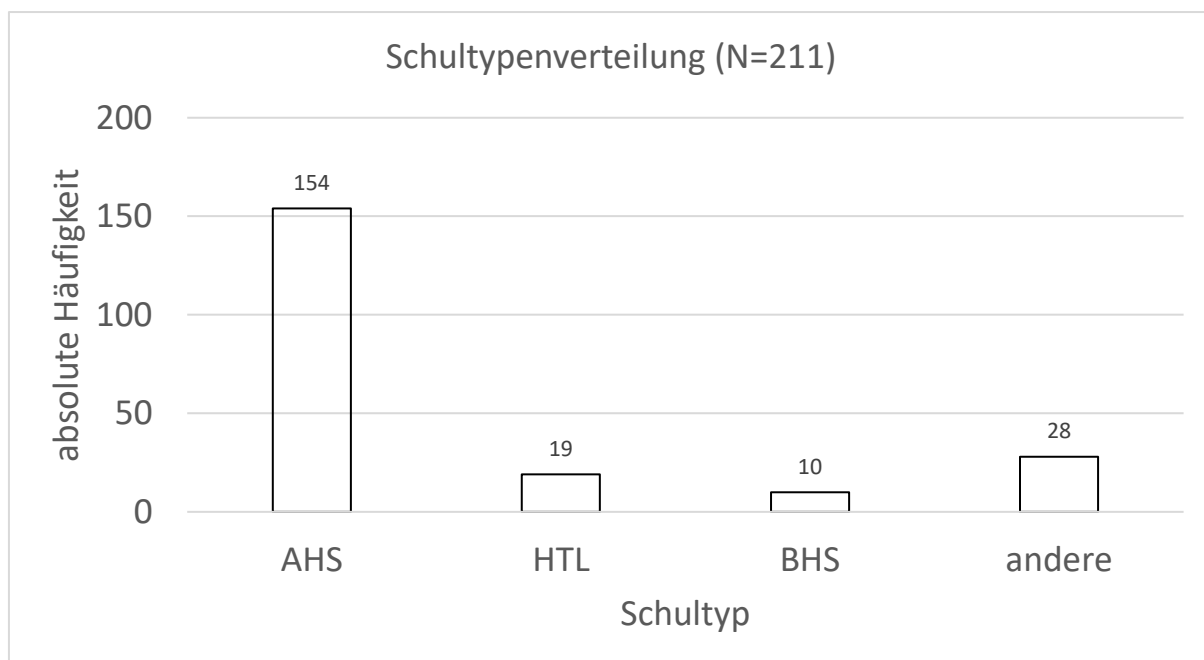


Abbildung 8: absolute Häufigkeiten der Schultypenverteilung

Von den Studienanfänger:innen hat ein Großteil (65,7%) in Chemie maturiert (Abb. 9).

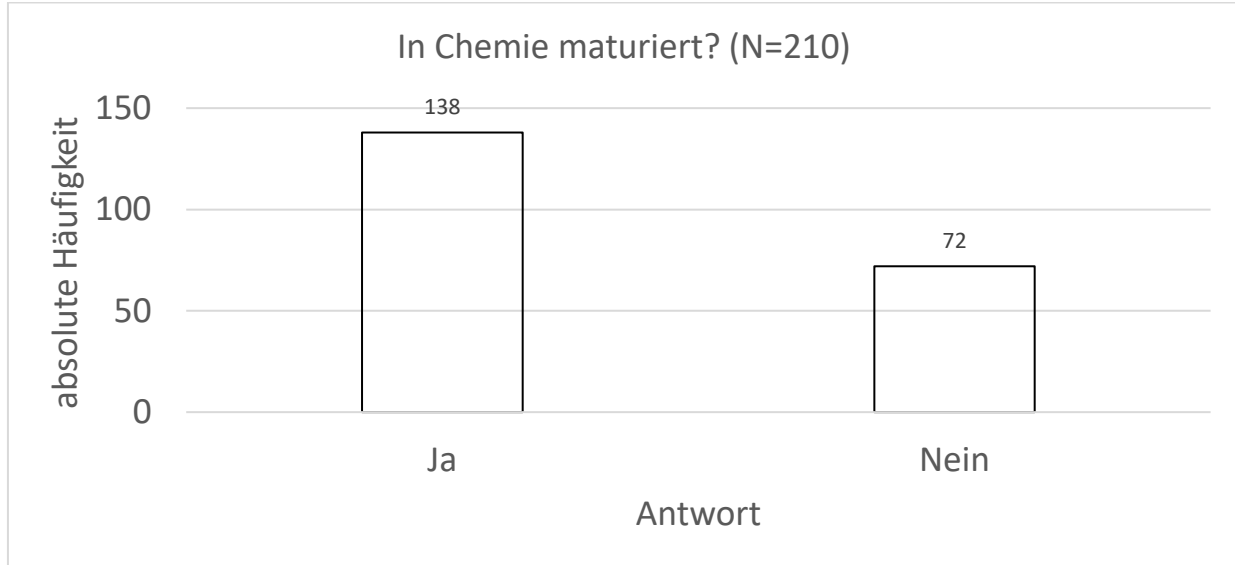


Abbildung 9: absolute Häufigkeiten in Hinblick auf die Antwort bezüglich Chemiematura

76,3% der Teilnehmer:innen sind für das Chemiestudium mit dem Abschluss „Bachelor of Science (BSc)“ inskribiert. Studierende mit dem Abschluss „Bachelor of Education (BEd)“ waren mit 20,4% vertreten. Eine Person studierte beide Studiengänge und zehn Personen waren für ein anderes oder zusätzliches naturwissenschaftliches Fach inskribiert, dadurch ergibt sich die Summe von 215 Antworten (Mehrfachantwort).

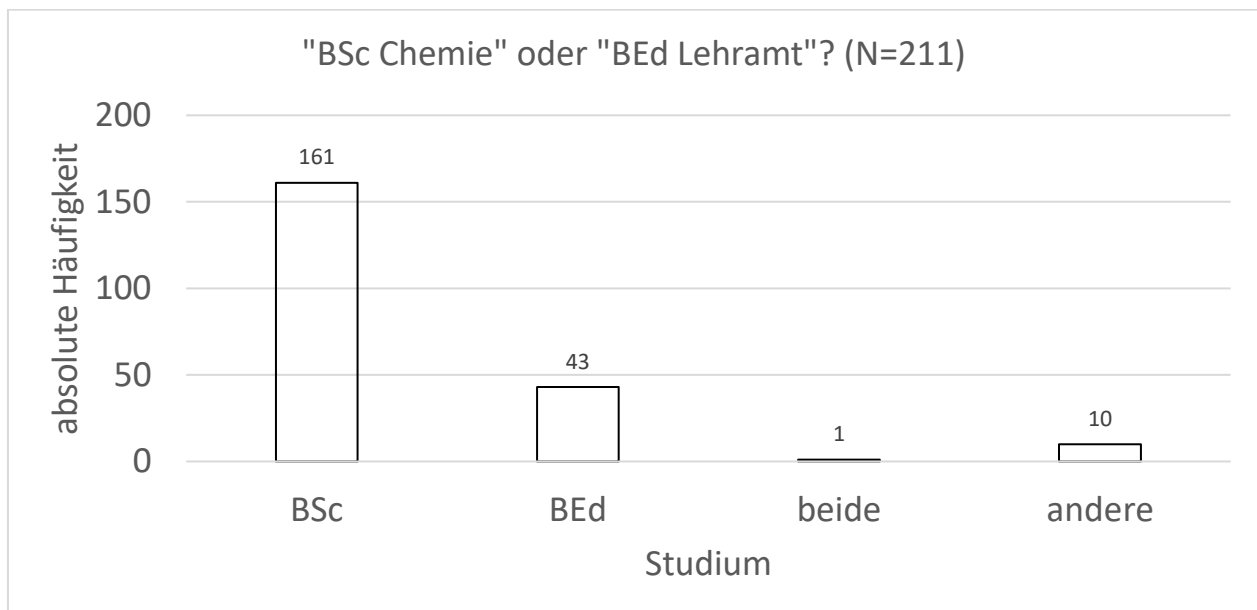


Abbildung 10: absolute Häufigkeit der Studienrichtungen

Etwa drei Viertel aller Teilnehmer:innen gaben Deutsch als ihre Erstsprache an (Abb. 11).

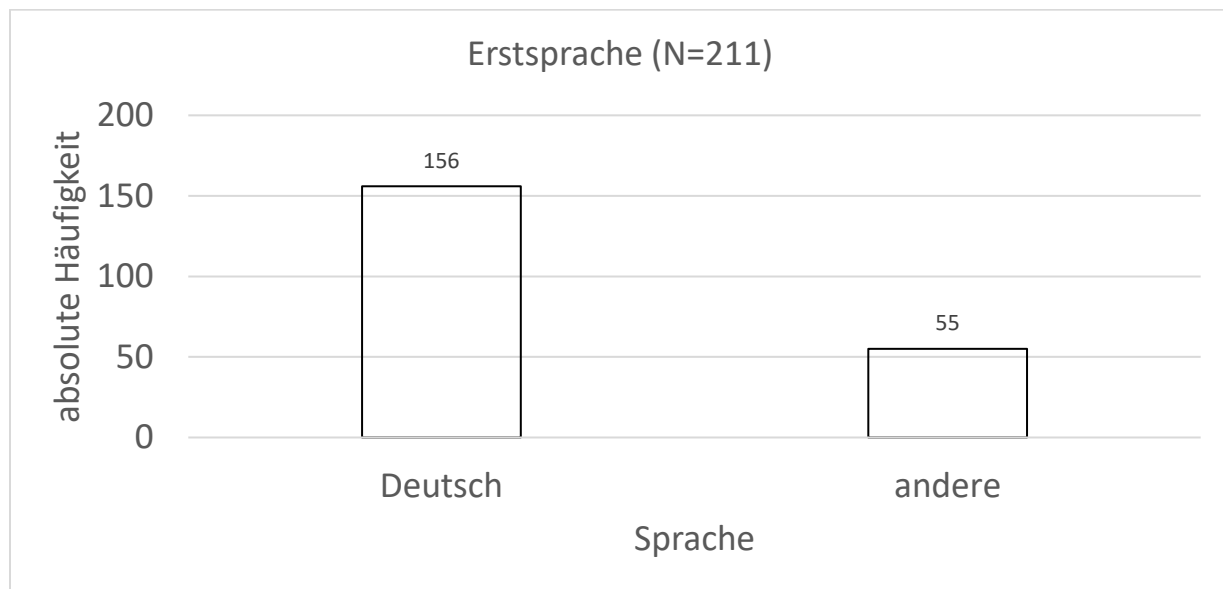


Abbildung 11: absolute Häufigkeit der Erstsprache

Bei der Frage, ob mindestens ein Elternteil der Befragten einen akademischen Abschluss hat, antworteten 121 Personen (57,3%) mit „Ja“. 85 Personen (40,3%) verneinten dies und fünf Personen (2,4%) wussten es nicht (Abb. 12).

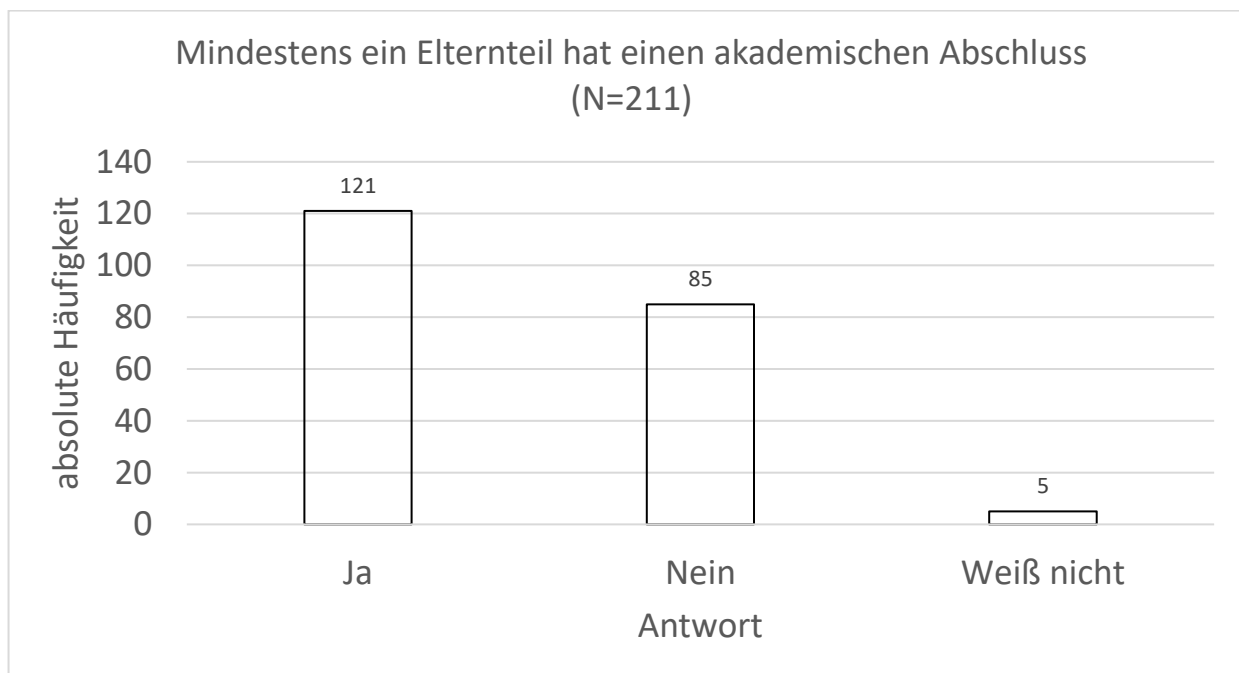


Abbildung 12: absolute Häufigkeit der Antworten bezüglich eines akademischen Abschlusses eines Elternteils

Zusätzlich wurde erfasst, ob von den Teilnehmer:innen schon jemand ein anderes Studium abgeschlossen hat. Hier zeigte sich erwartungsgemäß eine große Mehrheit (97,6%) bei den Personen, die noch kein Studium abgeschlossen haben (Abb. 13).

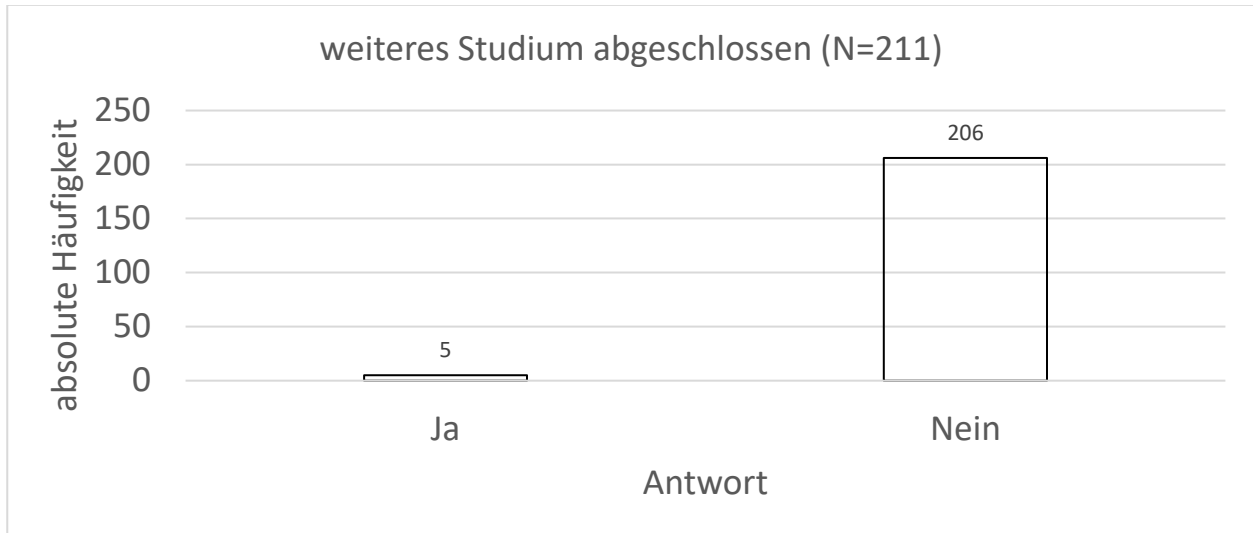


Abbildung 13: absolute Häufigkeit der Antworten bezüglich eines bereits abgeschlossenen Studiums

3.3.2 Ergebnisse Teilchenmodell

Da der Fragebogen nicht von allen Teilnehmer:innen vollständig ausgefüllt wurde, wurde nicht jede Aussage von allen Personen bearbeitet. Die genau Zahl der Antworten pro Item ist in Tabelle 3 zu finden. Insgesamt waren im Fragebogen zehn Items zum Thema „Teilchenmodell“ enthalten. Von zehn möglichen richtigen Antworten lag die mittlere Anzahl an richtigen Antworten beim Thema „Teilchenmodell“ bei 6,68 mit einer Standardabweichung von 1,63 (Abb. 14).

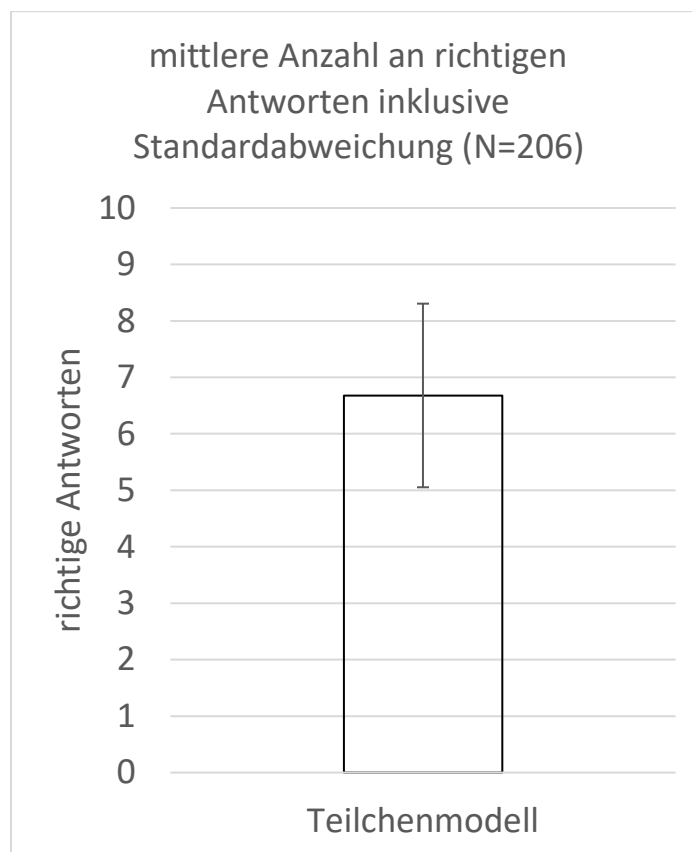


Abbildung 14: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf das Thema „Teilchenmodell“

Die Verteilung der richtigen Antworten war annähernd normalverteilt, wobei eine Verschiebung nach rechts zu beobachten ist. Der Modus beim Thema „Teilchenmodell“ lag bei sieben richtigen Antworten (52 Personen). Die weitere Verteilung ist in der folgenden Abbildung ersichtlich (Abb. 15).

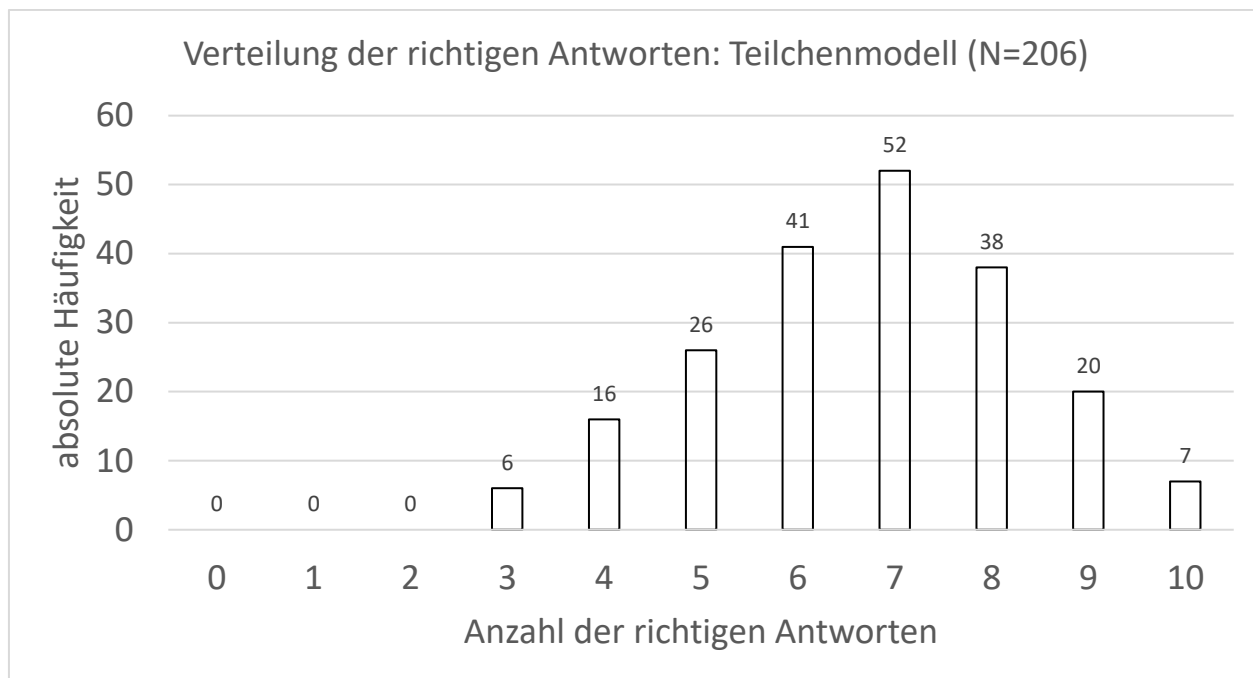


Abbildung 15: Verteilung der richtigen Antworten zum Thema „Teilchenmodell“

Die folgende Tabelle gibt eine sortierte Aufschlüsselung, wie viele Teilnehmer:innen (in Prozent) die Aussage als richtig (Ri) oder korrekterweise als falsch (F) erkannt haben.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
1 mol eines Stoffes entspricht einer Teilchenzahl von ca. $6,022 \cdot 10^{23}$. (Ri)	204	93,6
1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Masse. (F)	204	82,4
Beim Erstarren einer Flüssigkeit ordnen sich die Teilchen dichter aneinander. (Ri)	203	78,3
Zwischen den Teilchen eines beliebigen Gases ist Luft. (F)	205	69,3
Die Teilchen einer warmen Eiskugel sind weiter voneinander entfernt als die Teilchen einer kalten Eiskugel. (Ri)	205	67,3
Sowohl bei festen Stoffen als auch bei Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich die Teilchen, aus denen diese Stoffe bestehen. (Ri)	205	65,9
Zwischen den Teilchen eines Körpers ist leerer Raum. (Ri)	203	61,6
1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Anzahl an Teilchen. (Ri)	202	60,4
Wenn eine Eisenschiene 25°C hat, dann haben die Eisenatome in der Schiene 25°C. (F)	203	59,1
Die Formel von Eisen(III)-oxid Fe_2O_3 bedeutet, dass die Verbindung aus zwei Gewichtsanteilen Eisen und drei Gewichtsanteilen Sauerstoff zusammengesetzt ist. (F)	205	37,1

Tabelle 3: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Teilchenmodell“

3.3.3 Ergebnisse Redox-Reaktionen

Die mittlere Anzahl an richtigen Antworten lag bei den Aussagen zum Thema „Redox-Reaktionen“ ungefähr im selben Bereich wie beim Thema „Teilchenmodell“. Der Mittelwert betrug 6,67 mit einer Standardabweichung von 1,68 (Abb. 16).

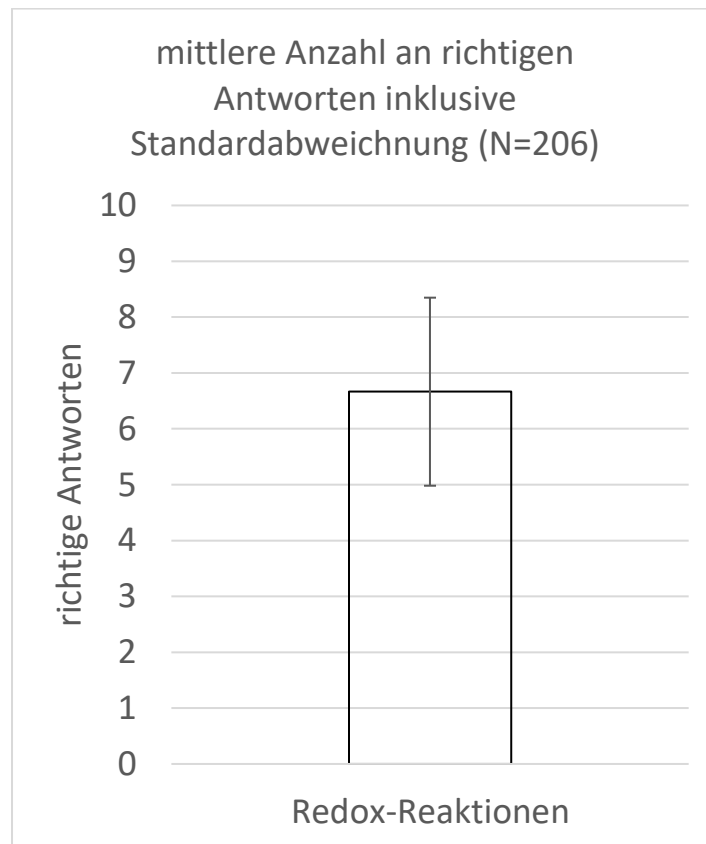


Abbildung 16: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf das Thema „Redox-Reaktionen“

Auch hier lagen die Werte annähernd normalverteilt vor, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist. Der Modus lag bei sechs richtigen Antworten (48 Personen). Die weitere Verteilung ist zur besseren Übersicht graphisch dargestellt (Abb. 17).

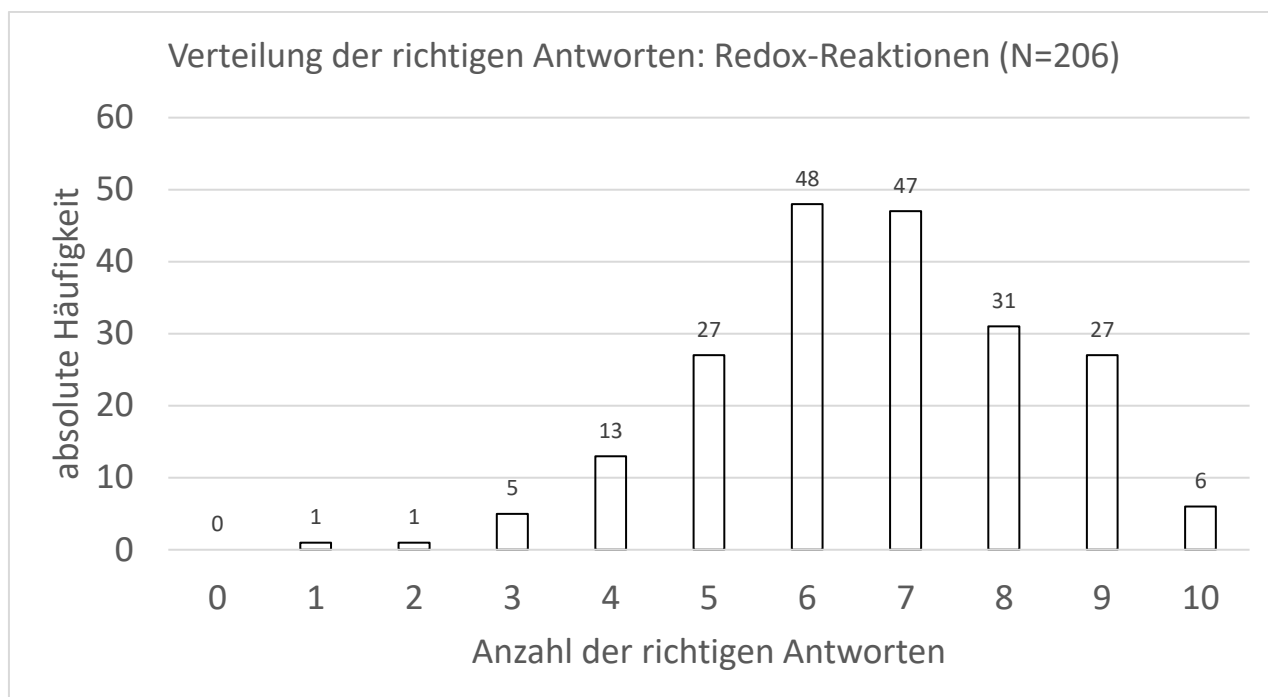


Abbildung 17: Verteilung der richtigen Antworten zum Thema „Redox-Reaktionen“

Die folgende Tabelle gibt eine sortierte Aufschlüsselung, wie viele Teilnehmer:innen (in Prozent) die Aussage als richtig (Ri) oder korrekterweise als falsch (F) erkannt haben.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Redox-Reaktionen sind Elektronenübertragungsreaktionen. (Ri)	204	91,7
Bei einer Elektrolyse findet an der Anode die Oxidation und an der Kathode die Reduktion statt. (Ri)	203	80,3
Das Oxidationsmittel wird bei einer Redox-Reaktion oxidiert. (F)	205	79,5
Oxidationszahlen können durch die Elektronegativität der in einer Verbindung befindlichen Atome ermittelt werden. (Ri)	204	71,1
Durch Redox-Reaktionen kann chemische in elektrische Energie umgewandelt werden. (Ri)	203	68,0
Bei der folgenden Reaktion handelt es sich um eine Redox-Reaktion: $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{MnCl}_2 + 2 \text{KCl} + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{Cl}_2$. (Ri)	202	67,3
Reduktionsmittel sind Elektronendonatoren. (Ri)	202	67,3
Die Oxidationszahl von Mangan in der Verbindung MnO_4^- ist +VIII. (F)	203	63,6
Bei der folgenden Reaktion ist Eisenoxid das Reduktionsmittel: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$. (F)	202	48,5
Unedle Metalle haben ein niedrigeres Elektrodenpotential als Wasserstoff und werden daher meistens reduziert. (F)	201	38,8

Tabelle 4: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Redox-Reaktionen“

3.3.4 Ergebnisse Chemisches Gleichgewicht

Beim Thema „Chemisches Gleichgewicht“ lag die mittlere Anzahl an richtigen Antworten bei 6,39 mit einer Standardabweichung von 2,03 (Abb. 18).

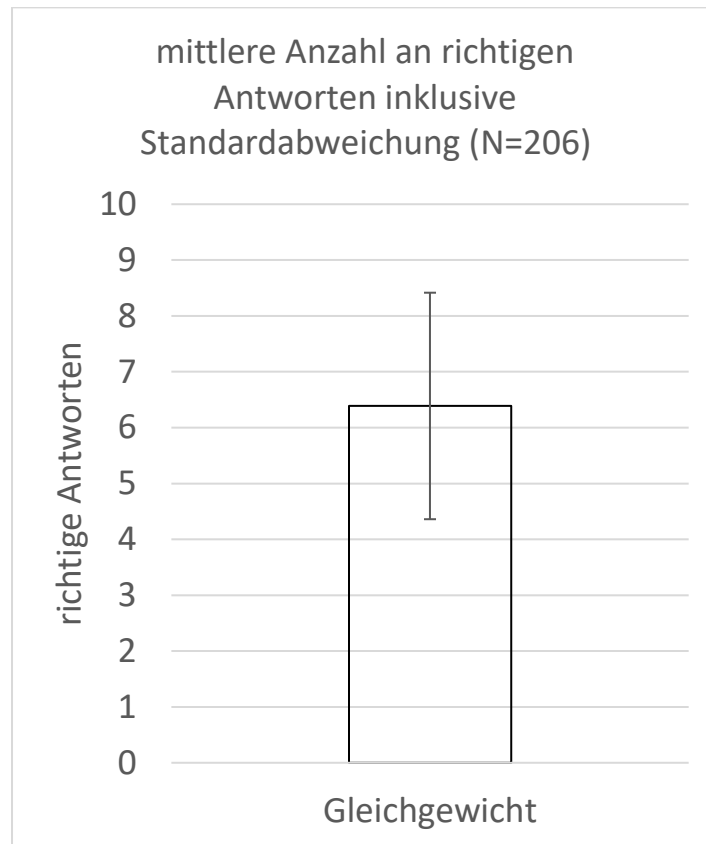


Abbildung 18: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf das Thema „Chemisches Gleichgewicht“

Die Verteilung der richtigen Antworten war beim Thema „Chemisches Gleichgewicht“ etwas breiter gestreut als bei den anderen Themen. Die genaue graphische Darstellung kann der nächsten Abbildung entnommen werden (Abb. 19).

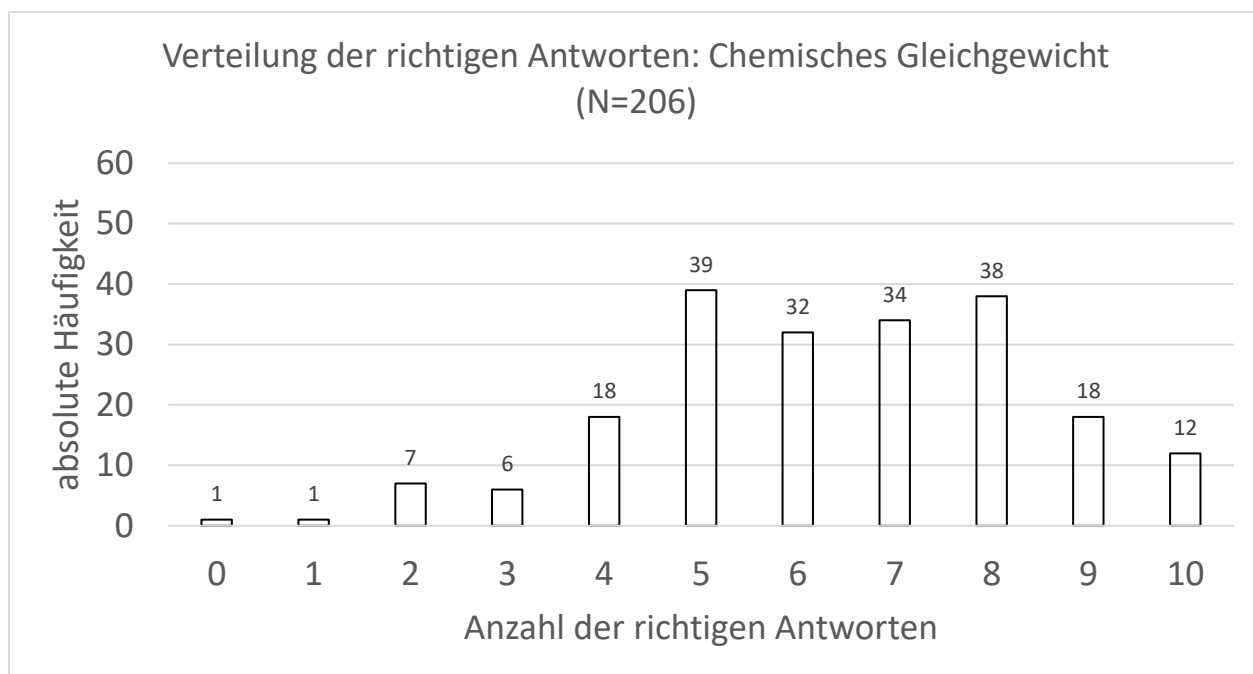


Abbildung 19: Verteilung der richtigen Antworten zum Thema „Chemisches Gleichgewicht“

Die folgende Tabelle gibt eine sortierte Aufschlüsselung, wie viele Teilnehmer:innen (in Prozent) die Aussage als richtig (Ri) oder korrekterweise als falsch (F) erkannt haben.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Mittels der Gleichgewichtskonstanten K kann ermittelt werden, ob das Gleichgewicht einer Reaktion auf der Seite der Produkte oder der Edukte liegt. (Ri)	202	92,6
Im chemischen Gleichgewicht ist die Geschwindigkeit der Hinreaktion gleich der Geschwindigkeit der Rückreaktion. (Ri)	203	75,9
Die Gleichgewichtskonstante K ist für jede Reaktion gleich. (F)	204	74,0
Das chemische Gleichgewicht ist temperaturabhängig. (Ri)	203	73,9
Das chem. Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem sich die Konzentrationen der beteiligten Stoffe nicht mehr ändern. (Ri)	202	73,3
Das chemische Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem die Reaktion nicht mehr weiterläuft. (F)	204	61,3
Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Masse der Edukte gleich der Masse der Produkte ist. (F)	203	61,1
Bei der folgenden Reaktion liegt das chemische Gleichgewicht auf der Seite der Produkte: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$ ($K = 3,87 \cdot 10^{-31}$). (F)	201	55,2
Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Konzentration der Edukte und die Konzentration der Produkte gleich ist. (F)	204	42,7
Im chem. Gleichgewicht ist die Summe der Konzentrationen der Edukte gleich der Summe der Konzentrationen der Produkte. (F)	206	38,4

Tabelle 5: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Chemisches Gleichgewicht“

3.3.5 Ergebnisse Gesamt

Insgesamt lag die mittlere Anzahl an richtigen Antworten bei 19,8 (SD: 4,14) von 30. Im Mittel wurden somit 66% der Aussagen korrekt beantwortet (Abb. 20).

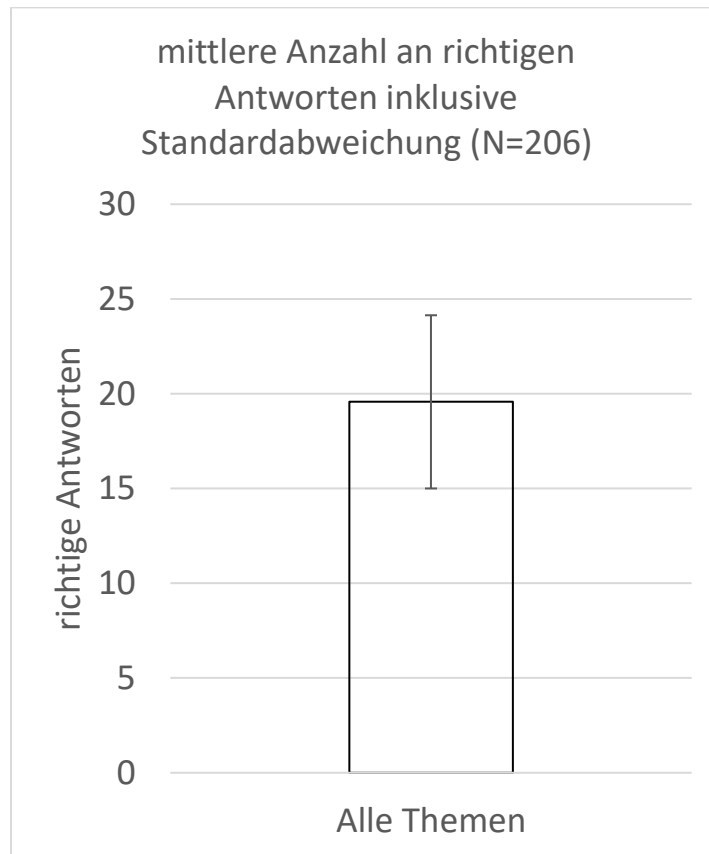


Abbildung 20: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf alle Themen

182 Personen (88,3%) beantworteten mindestens 15 Fragen richtig (50% der möglichen richtigen Antworten). 38 Teilnehmer:innen (18,4%) hatten mindestens 24 Antworten richtig (80% der möglichen richtigen Antworten). Die genaue Verteilung der Anzahl der richtigen Antworten kann aus der folgenden Abbildung (Abb. 21) entnommen werden.

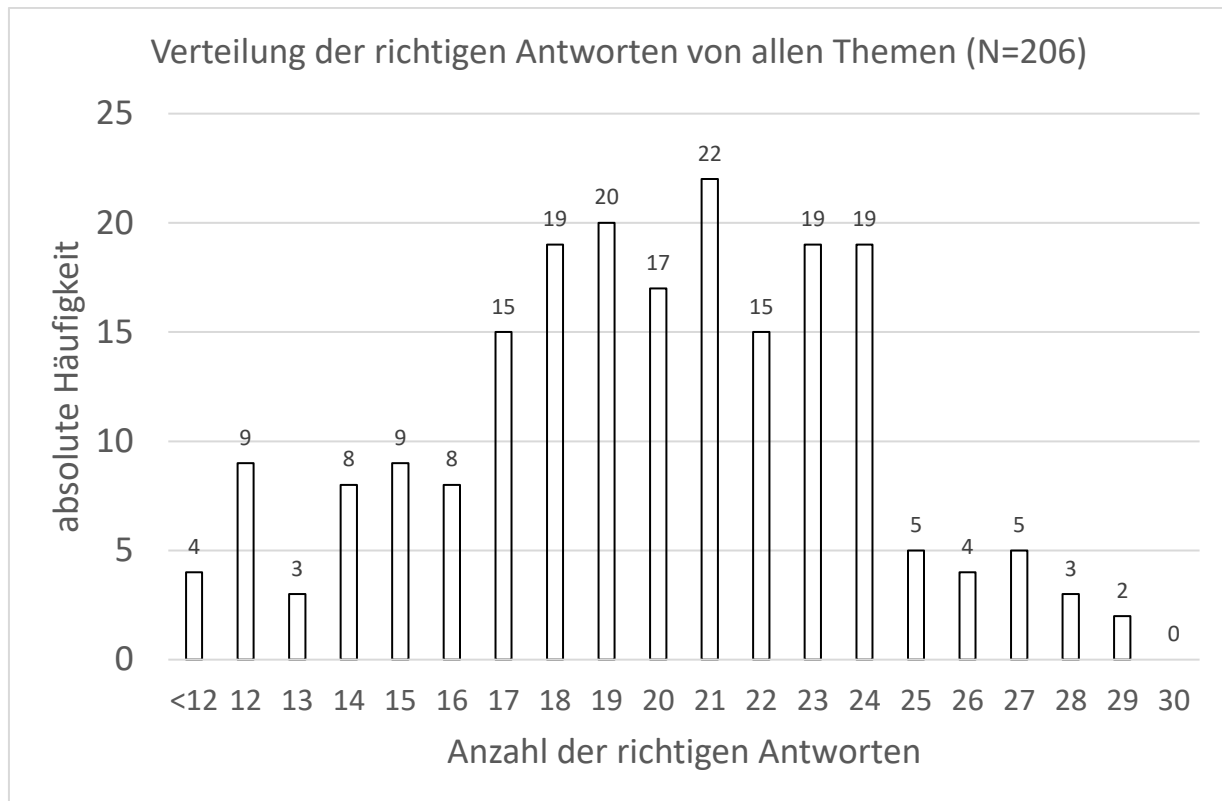


Abbildung 21: Verteilung der richtigen Antworten bezogen auf alle Themen

Bei einem Vergleich der richtigen Antworten von Personen, die im Fach Chemie maturiert haben und Teilnehmer:innen die nicht in diesem Fach maturiert haben, zeigt sich, dass die mittlere Anzahl an richtigen Antworten bei den Studierenden mit Chemiematura (M: 20,3; SD: 3,99) signifikant höher ($p=.015$) als bei Studierenden ohne Chemiematura (M: 18,8; SD: 4,26) ist. Dieser Unterschied ist in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt (Abb. 22).

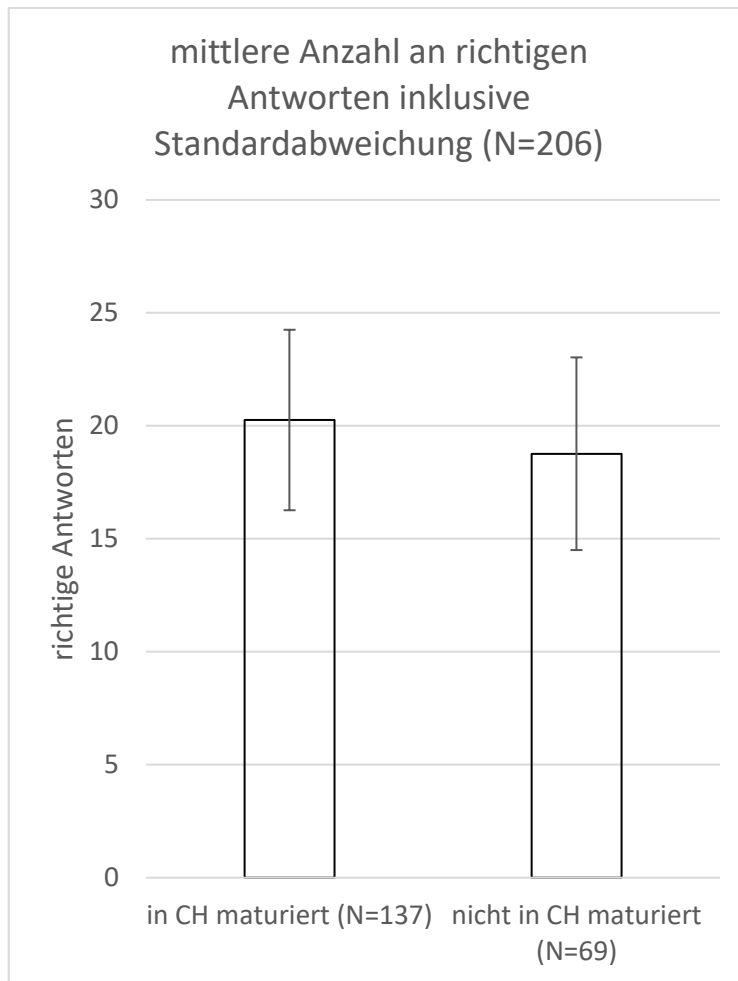


Abbildung 22: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf den Unterschied zwischen Personen mit und ohne Matura im Fach Chemie

3.3.6 Ergebnisse Sicherheit

Um den möglichen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten zu überprüfen wurden zwei ungefähr gleich große Gruppen gebildet und diese verglichen. Die eine Gruppe (N=57) erreichte 23 oder mehr von 30 möglichen richtigen Antworten. Die zweite Gruppe (N=56) erreichte 17 oder weniger von 30 möglichen richtigen Antworten. Verglichen wurde die subjektiv empfundene Sicherheit der Teilnehmer:innen bei einer richtigen Antwort (Abb. 23). Die mittlere subjektiv empfundene Sicherheit der Gruppe (N=57), die 23 oder mehr richtige Antworten erreicht hat (M: 3,46; SD: 0,327), war signifikant höher ($p=.00001$) als bei der Gruppe (N=56), die 17 oder weniger richtige Antworten erreicht hat (M: 2,71; SD: 0,680).

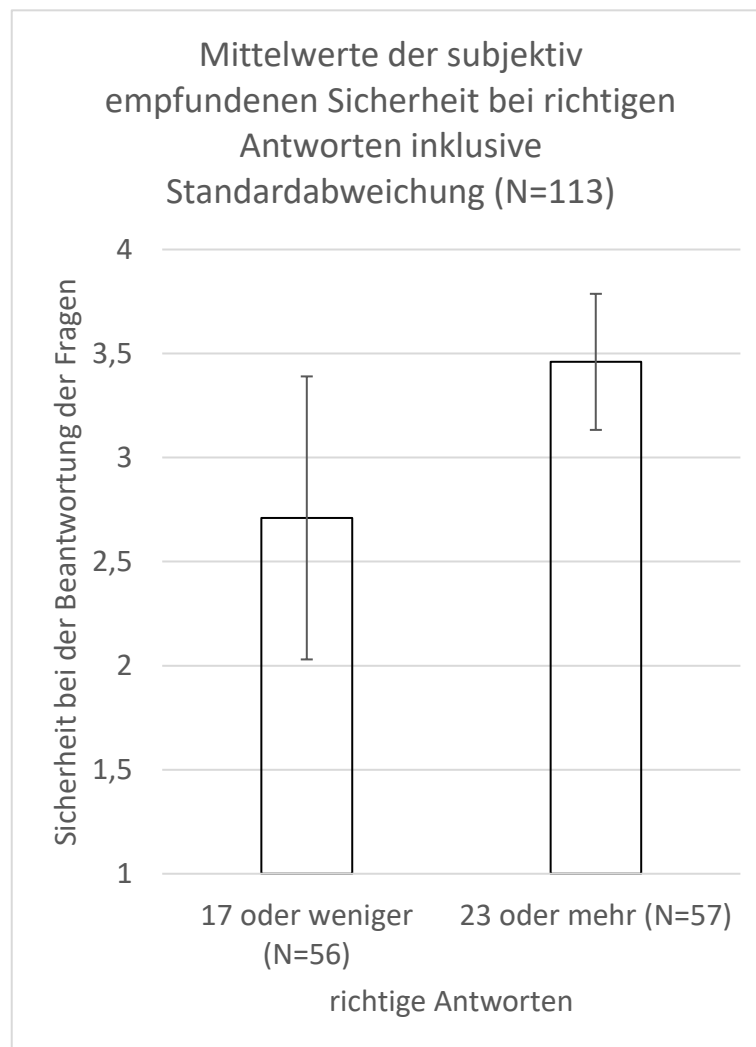


Abbildung 23: Mittelwerte der subjektiv empfundenen Sicherheit bei richtigen Antworten inklusive Standardabweichung; Vergleich der Teilnehmer:innen mit den meistens beziehungsweise wenigsten richtigen Antworten

4 Diskussion

Der eigens für diese Studie entwickelte Fragebogen wurde von 211 Personen begonnen und von 206 Teilnehmer:innen in der ersten Studienwoche des Wintersemesters 2023 weitgehend vollständig ausgefüllt. Laut einem Lehrbeauftragten (Michael Malarek, PhD) der Vorlesung „Allgemeine Chemie A“ waren für das besagte Semester 297 Personen für diese Lehrveranstaltung angemeldet. Es konnten daher Daten von fast 70% der gesamten Stichprobe (Studienanfänger:innen des Faches Chemie (BSc) sowie Lehramt Chemie (BEd)) gesammelt und ausgewertet werden. Durch diese große Anzahl an Teilnehmer:innen können die Forschungsfragen detailliert und statistisch sinnvoll beantwortet werden.

Bei der Erstellung des Fragebogens wurde darauf geachtet, dass die abgefragten Inhalte aus den Basiskonzepten des österreichischen Lehrplans (BMBWF 2023) hervorgehen, sowie eine hohe Relevanz für den Einstieg in das Chemiestudium haben. Die zu bewertenden Aussagen (Richtig oder Falsch) sollten demnach von allen Absolvent:innen der Matura, speziell aber von Personen mit besonders hohem Interesse an chemischen Inhalten, problemlos bearbeitet und beurteilt werden können. Zusätzlich wurde bei jeder Aussage die subjektiv empfundene Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antwort erhoben. Die damit zusammenhängenden Ergebnisse werden in einem eigenen Unterkapitel (4.4) diskutiert.

Bei der Betrachtung der allgemeinen Ergebnisse zeigt sich, dass mit einer mittleren Anzahl von 19,8 (SD: 4,14) von 30 möglichen richtigen Antworten beachtliche Wissenslücken bestehen. Zwar weisen Studierende mit Chemiematura (M: 20,3; SD: 3,99) signifikant höhere ($p=.015$) Mittelwerte als Studierende ohne Chemiematura (M: 18,8; SD: 4,26) auf, diese sind jedoch von sehr guten Ergebnissen auch weit entfernt. Besonders auffällig war zudem, dass bei den einzelnen Themengebieten die Definitionen von einem Großteil der Teilnehmer:innen richtig beurteilt wurden. Allerdings zeigten sich bei der Anwendung des Wissens auf unterschiedliche Beispiele große Schwierigkeiten. Die detaillierten Betrachtungen der einzelnen Aussagen sowie ein mögliches Wiederfinden von gängigen Präkonzepten werden in den folgenden Unterkapiteln (4.1-4.3) genauer diskutiert.

4.1 Diskussion Teilchenmodell

Von zehn möglichen richtigen Antworten lag die mittlere Anzahl an richtigen Antworten beim Thema „Teilchenmodell“ bei 6,68 (SD: 1,63). Dieses grundlegende chemische Konzept und das damit verbundene Modelldenken ist essenziell für das weitere Verständnis sämtlicher chemischer Prozesse.

Besonders gut zu sehen ist die abnehmende Richtigkeit der Antworten von der Definition des Molbegriffs hin zu seiner Anwendung (Tab. 6):

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
1 mol eines Stoffes entspricht einer Teilchenzahl von ca. $6,022 \cdot 10^{23}$. (Ri)	204	93,6
1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Masse. (F)	204	82,4
1 mol Wasser und 1 mol Wasserstoffperoxid besitzen die gleiche Anzahl an Teilchen. (Ri)	202	60,4

Tabelle 6: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Molbegriff“

Während die Definition der Stoffmenge noch von 93,6% der Teilnehmer:innen richtig erkannt wird, zeigen sich bei der Anwendung ernste Schwierigkeiten. So beantworten nur noch 60,4% der Studienanfänger:innen die Aussage, dass jeweils 1 mol eines Stoffes die gleiche Anzahl an Teilchen besitzen, richtig.

Bezogen auf gängige Präkonzepte von Schüler:innen wurde im Fragebogen der Raum zwischen Teilchen eines Stoffes thematisiert. Zwar erkannten immerhin 69,3% der Personen, dass sich zwischen den Teilchen eines Gases Luft befinden würde als falsche Aussage, jedoch stimmten nur 61,6% der richtigen Aussage „Zwischen den Teilchen eines Körpers ist leerer Raum.“ zu. Die Ergebnisse zeigen somit deutlich, dass rund ein Drittel der Studienanfänger:innen des Faches Chemie dem sogenannten „Horror Vacui“ unterliegen und die Vorstellung eines leeren Raumes zwischen den Teilchen eines Stoffes nicht teilen.

Spannend in diesem Zusammenhang sind auch die Ergebnisse bezüglich der Antworten zum Thema Teilchenbewegung und Temperatur (Tab. 7). Zwar erkennen 78,3% der Studierenden, dass sich beim Erstarren einer Flüssigkeit die Teilchen dichter aneinander

ordnen, jedoch können nur 67,3% dieses Wissen auch auf die Aussage bezüglich des Teilchenabstandes von wärmeren und kälteren Eiskugeln übertragen. Lediglich zwei Drittel stimmen zudem der Aussage „Sowohl bei festen Stoffen als auch bei Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich die Teilchen, aus denen diese Stoffe bestehen.“ zu. Es zeigen sich deutliche Schwierigkeiten vorhandenes Wissen zu verknüpfen und anzuwenden.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Beim Erstarren einer Flüssigkeit ordnen sich die Teilchen dichter aneinander. (Ri)	203	78,3
Die Teilchen einer warmen Eiskugel sind weiter voneinander entfernt als die Teilchen einer kalten Eiskugel. (Ri)	205	67,3
Sowohl bei festen Stoffen als auch bei Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich die Teilchen, aus denen diese Stoffe bestehen. (Ri)	205	65,9

Tabelle 7: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Teilchenbewegung“

Bei einem weiteren gängigen Präkonzept von Schüler:innen werden Stoffeigenschaften aus dem makroskopischen Bereich direkt den Teilchen zugeschoben. Bei dieser Studie zeigte sich, dass nur 59,1% der Studienanfänger:innen die Aussage „Wenn eine Eisenschiene 25°C hat, dann haben die Eisenatome in der Schiene 25°C.“ als falsch erkannten. Somit lässt sich auch dieses Präkonzept bei Chemiestudierenden des ersten Semesters wieder finden.

Insgesamt zeigen sich beim Thema „Teilchenmodell“ deutliche Wissenslücken der Studierenden, die zudem mit den aus der Literatur bekannten Präkonzepten zusammenhängen.

4.2 Diskussion Redox-Reaktionen

Die mittlere Anzahl an richtigen Antworten lag bei den Aussagen zum Thema „Redox-Reaktionen“ ungefähr im selben Bereich wie beim Thema „Teilchenmodell“. Der Mittelwert betrug 6,67 mit einer Standardabweichung von 1,68.

Auch bei diesem Themengebiet zeigte sich, dass es bei der Anwendung von gelernten Definitionen Probleme gibt (Tab. 8). So wissen immerhin 91,7% der Studienanfänger:innen, dass es sich bei Redox-Reaktionen um Elektronenübertragungsreaktionen handelt. Allerdings können nur noch etwa zwei Drittel der Teilnehmer:innen eine Redox-Reaktion anhand einer einfachen Reaktionsgleichung erkennen.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Redox-Reaktionen sind Elektronenübertragungsreaktionen. (Ri)	204	91,7
Bei der folgenden Reaktion handelt es sich um eine Redox-Reaktion: $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{MnCl}_2 + 2 \text{KCl} + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{Cl}_2$. (Ri)	202	67,3

Tabelle 8: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Elektronenübertragungsreaktionen“

Das gleiche Muster zeigt sich auch bei den Aussagen bezüglich Oxidation- und Reduktionsmittel (Tab. 9). Zwar bewerteten 79,5% richtigerweise die Aussage über die Oxidation eines Oxidationsmittels als falsch. Jedoch scheiterten bei der Aufgabe in einer einfachen Reaktionsgleichung das Reduktionsmittel richtig zuzuordnen über die Hälfte der Teilnehmer:innen.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Das Oxidationsmittel wird bei einer Redox-Reaktion oxidiert. (F)	205	79,5
Bei der folgenden Reaktion ist Eisenoxid das Reduktionsmittel: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$. (F)	202	48,5

Tabelle 9: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Oxidations- und Reduktionsmittel“

In diesem Zusammenhang ist auch anzumerken, dass lediglich 63,6% der Teilnehmer:innen die Oxidationszahl +VIII von Mangan in der Verbindung MnO_4^- als

falsch erkannten und nur 71,1% wussten, dass Oxidationszahlen durch die Elektronegativität der in einer Verbindung befindlichen Atome ermittelt werden können.

Beim Thema Elektrochemie (Tab. 10) war die Definition der anodischen Oxidation und kathodischen Reduktion, welche oft als Merksatz in Schulhefte notiert wird, 80,3% der Personen bekannt. Obwohl diese Definition direkt mit dem Thema Elektrochemie und der damit verbundenen Umwandlung von chemischer in elektrische Energie zusammenhängt, beantworteten nur noch 68,0% der Teilnehmer:innen die diesbezügliche Aussage korrekt. Bei der Aussage, die auf die Wissensanwendung in Zusammenhang mit edlen und unedlen Metallen abzielte, fanden sich nur noch bei 38,8% der Studienanfänger:innen eine richtige Antwort.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Bei einer Elektrolyse findet an der Anode die Oxidation und an der Kathode die Reduktion statt. (Ri)	203	80,3
Durch Redox-Reaktionen kann chemische in elektrische Energie umgewandelt werden. (Ri)	203	68,0
Unedle Metalle haben ein niedrigeres Elektrodenpotential als Wasserstoff und werden daher meistens reduziert. (F)	201	38,8

Tabelle 10: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Elektrochemie“

Allgemein zeigen sich auch beim Thema „Redox-Reaktionen“ umfassende Schwierigkeiten, die mit den aus der Literatur bekannten Präkonzepten in Verbindung stehen. Zudem kann gezeigt werden, dass auch bei diesem Thema die Definitionen von einer Mehrheit beherrscht werden, die Anwendung des Wissens jedoch nur noch für deutlich weniger Personen möglich ist.

4.3 Diskussion Chemisches Gleichgewicht

Beim Thema „Chemisches Gleichgewicht“ lag die mittlere Anzahl an richtigen Antworten bei 6,39 (SD: 2,03) und damit etwas niedriger als bei den Themen „Teilchenmodell“ und „Redox-Reaktionen“.

Wie bei den schon behandelten Themen war auch beim „Chemischen Gleichgewicht“ ein Gefälle der richtigen Antworten von den Definitionen hin zu anwendungsorientierten Beispielen (Tab. 11). So wissen 92,6% der Teilnehmer:innen, dass mittels der Gleichgewichtskonstanten K ermittelt werden kann, ob das Gleichgewicht einer Reaktion auf der Seite der Produkte oder der Edukte liegt. Deutlich weniger Studierende, aber immerhin 74,0%, wissen, dass die Gleichgewichtskonstante K nicht für jede Reaktion gleich ist. Und nur noch gut die Hälfte (55,2%) der Teilnehmer:innen kann bei einer gegebenen Reaktion, inklusive einem Wert für K , bestimmen, ob das chemische Gleichgewicht auf der Seite der Produkte oder Edukte liegt. Besonders besorgniserregend ist in diesem Zusammenhang, dass diese Aufgabe auch ohne einen Wert für K für Personen mit grundlegendem chemischen Wissen leicht lösbar sein sollte. So war in der Reaktionsgleichung ($\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$) sofort zu erkennen, dass die Edukte die Hauptbestandteile der Luft darstellen und somit das Gleichgewicht nicht auf der Seite des Stickstoffmonoxids liegen kann.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Mittels der Gleichgewichtskonstanten K kann ermittelt werden, ob das Gleichgewicht einer Reaktion auf der Seite der Produkte oder der Edukte liegt. (Ri)	202	92,6
Die Gleichgewichtskonstante K ist für jede Reaktion gleich. (F)	204	74,0
Bei der folgenden Reaktion liegt das chemische Gleichgewicht auf der Seite der Produkte: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$ ($K = 3,87 \cdot 10^{-31}$). (F)	201	55,2

Tabelle 11: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Gleichgewichtskonstante“

Betrachtet man die Beurteilung der Aussagen hinsichtlich der Konzentrationen in einem chemischen Gleichgewicht, sind gängige Präkonzepte auffällig zu finden (Tab. 12). Zwar wissen 73,3% der Studienanfänger:innen, dass sich im chemischen Gleichgewicht die Konzentrationen der beteiligten Stoffe nicht mehr ändern, allerdings geht diese

Vorstellung mit zahlreichen falschen Vorstellungen einher. So wissen nur noch 42,7% der Teilnehmer:innen, dass im chemischen Gleichgewicht die Konzentrationen der Edukte und Produkte nicht gleich sein muss. Lediglich 38,4% der Studienanfänger:innen erkannten, dass die Summe der Konzentrationen der Edukte nicht gleich der Summe der Konzentrationen der Produkte sein muss. Ein Großteil (61,6%) der Studierenden weist dieses klassische Präkonzept auf. Spannend in diesem Zusammenhang ist auch, dass die Aussage „Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Masse der Edukte gleich der Masse der Produkte ist.“ immerhin 61,1% der Teilnehmer:innen richtigerweise als falsch erkannten.

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Das chem. Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem sich die Konzentrationen der beteiligten Stoffe nicht mehr ändern. (Ri)	202	73,3
Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Masse der Edukte gleich der Masse der Produkte ist. (F)	203	61,1
Das chemische Gleichgewicht ist erreicht, wenn die Konzentration der Edukte und die Konzentration der Produkte gleich ist. (F)	204	42,7
Im chem. Gleichgewicht ist die Summe der Konzentrationen der Edukte gleich der Summe der Konzentrationen der Produkte. (F)	206	38,4

Tabelle 12: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Konzentrationen im chemischen Gleichgewicht“

Auffällig war zudem, dass etwa drei Viertel der Studierenden die Aussage bezüglich der Geschwindigkeit der Hin- und Rückreaktion richtig beantworteten, aber gleichzeitig nur noch 61,3% erkannten, dass die Reaktion im chemische Gleichgewicht weiterläuft (Tab. 13).

Aussage	Anzahl (N)	Richtige Antworten [%]
Im chemischen Gleichgewicht ist die Geschwindigkeit der Hinreaktion gleich der Geschwindigkeit der Rückreaktion. (Ri)	203	75,9
Das chemische Gleichgewicht beschreibt einen Zustand, in dem die Reaktion nicht mehr weiterläuft. (F)	204	61,3

Tabelle 13: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Reaktion im chemischen Gleichgewicht“

Allgemein betrachtet treten beim Thema „Chemisches Gleichgewicht“ deutliche Schwierigkeiten auf, die mit den in der Literatur beschriebenen Präkonzepten in Einklang stehen. Obwohl viele Studienanfänger:innen die Definitionen verstehen, können nur wenige das Wissen praktisch anwenden.

4.4 Diskussion Sicherheit

Der hoch signifikante ($p=.00001$) Unterschied der subjektiv empfundenen Sicherheit bei der Beantwortung der richtig beantworteten Fragen zwischen der Gruppe ($N=57$), die 23 oder mehr richtige Antworten erreicht hat ($M: 3,46$; $SD: 0,327$), und der Gruppe ($N=56$) die 17 oder weniger richtige Antworten erreicht hat ($M: 2,71$; $SD: 0,680$), zeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten gibt. Das heißt, auch wenn Personen die tendenziell weniger Wissen aufweisen, eine Aussage richtig bewerteten, waren sie sich ihres Wissens nicht so sicher, wie die Personen die generell besser abschnitten. Die Sicherheit über sein eigenes Wissen und die damit zusammenhängende Selbstwirksamkeit sind entscheidende Faktoren für die erfolgreiche Absolvierung eines Studiums. Es wäre daher wünschenswert, durch geeignetes Lernmaterial die Sicherheit des Wissens bei den Studienanfänger:innen zu festigen.

5 Zusammenfassung und Fazit

Durch die umfassende Fragebogenstudie, an der ein Großteil der Studienanfänger:innen des Faches Chemie (BSc/BEEd) an der Universität Wien im Wintersemester 2023 teilgenommen haben, konnten statistisch sinnvolle Daten zur Bearbeitung der Forschungsfragen gesammelt werden. Die eingangs aufgestellten Hypothesen wurden in dieser Studie nicht widerlegt.

Es zeigen sich 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 „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“. Auffällig ist dabei, dass die Studienanfänger:innen bei allen Themen die Definitionen größtenteils beherrschen, bei der Anwendung dieses Wissens allerdings große Probleme haben.

Zudem lassen sich auch bei Studienanfänger:innen des Faches Chemie (BSc/BEEd) gängige Präkonzepte von Schüler:innen bei den Themengebieten „Teilchenmodell“, „Redox-Reaktionen“ und „Chemisches Gleichgewicht“ wiederfinden.

Abschließend lässt sich zudem ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an richtigen Antworten und der subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der individuellen Antworten herstellen. Je höher die mittlere Anzahl an richtigen Antworten ist, desto höher ist die mittlere subjektiv empfundenen Sicherheit über die Richtigkeit der Antworten.

6 Ausblick

Um den Studieneinstieg im Chemiestudium zu erleichtern und die hier dargestellten Probleme beim Übergang von der Schule auf die Hochschule bewältigen zu können, wären Hilfestellungen für die Studienanfänger:innen sinnvoll. Dabei ist einerseits auf eine anwendungsorientierte Bearbeitung von chemischen Problemen und andererseits auf ein differenziertes Unterstützungsangebot zu achten.

Ein möglicher Ansatz wäre, für die wichtigen und grundlegenden Themen der Studieneingangs- und Orientierungsphase, didaktisch aufbereitete Skripten zur Verfügung zu stellen. Diese sollten gezielt auf die gängigen Präkonzepte eingehen und durch kleinschrittige Erklärungen zu einem möglichen Konzeptwechsel führen. Hilfreich könnten zudem geführte und binnendifferenzierte Arbeitsaufgaben, die eine Anwendung des Wissens erfordern, sein.

Eine weitere Möglichkeit wäre eine Beibehaltung beziehungsweise ein zusätzlicher Ausbau des Unterstützungsangebots für Studienanfänger:innen. Hierbei könnten didaktisch aufbereitete Tutorien oder Übungen im Stile der Lehrveranstaltung „Begleitseminar zu Allgemeine Chemie A“ von Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton und Univ.-Prof. Dr. Peter Lieberzeit sinnvoll sein.

Die in dieser Arbeit und der Arbeit von Stefanie Wurzer („Chemische Bindungen“, „Säuren und Basen“, „Thermodynamik“) aufgezeigten fachlichen Schwierigkeiten der Studienanfänger:innen des Faches Chemie im Verständnis und der Anwendung chemischer Inhalte können in weiteren Forschungsarbeiten als Ausgangslage für differenziertes und didaktisch aufbereitetes Lehr- und Lernmaterial hergenommen werden. Eine nachhaltige und unterstützende Hilfestellung für junge Studierende wäre wichtig und wünschenswert. Nur so kann ein frühzeitiges Abbrechen des Studiums bekämpft und eine höhere Zahl an Studienabschlüssen im Fach Chemie erreicht werden.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

Anton, M. A. (2008). *Kompendium Chemiedidaktik*. Julius Klinkhardt.

Anton, M. A. (2019). *Chemieunterricht verstehen*. Zur Didaktik und Mathematik der Chemie, 1.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York: Freeman

Barke, H. D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Springer-Verlag.

Barke, H. D., & Harsch, G. (2011). *Raumvorstellung zur Struktur von Teilchenverbänden*. Chemiedidaktik kompakt: Lernprozesse in Theorie und Praxis, 251-285.

Barke, H. D., & Indriyanti, N. Y. (2017). *Das Molkonzept durch Experiential Learning: Eine empirische Studie zum Chemieunterricht in Deutschland und Indonesien*. CHEMKON, 24(2), 64-68.

Barke, H. D., Harsch, G., Marohn, A., & Krees, S. (2015). *Chemiedidaktik kompakt* (pp. 143-184). Springer Berlin Heidelberg.

Bornkessel, P., & Asdonk, J. (2011). *Der Übergang Schule–Hochschule*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Brahm, T., Jenert, T., & Wagner, D. (2014). *Nicht für alle gleich: subjektive Wahrnehmungen des Übergangs Schule-Hochschule*. Zeitschrift für Hochschulentwicklung.

Briggs, A. R., Clark, J., & Hall, I. (2012). *Building bridges: understanding student transition to university*. Quality in higher education, 18(1), 3-21.

Brown, T. L., Bursten, B. E., & LeMay, H. E. (2011). *Chemie: studieren kompakt*. Pearson Deutschland GmbH.

- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF). (2023). *RIS-Lehrpläne - allgemeinbildende höhere Schulen - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 20.11.2023. Rechts Informationssystem.*
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, abgerufen am 20.11.2023.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF). (2024). *Universitätsfinanzierung NEU: <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/HS-Uni/Hochschulgovernance/Steuerungsinstrumente/Universit%C3%A4tsfinanzierung.html>*, abgerufen am 12.02.2024.
- Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). *Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie: Welches Vorwissen und welche Interessen zeigen Studierende?*. Chemkon, 17(4), 163-168.
- Chemers, M. M., Hu, L. T., & Garcia, B. F. (2001). *Academic self-efficacy and first year college student performance and adjustment*. Journal of Educational psychology, 93(1), 55.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-238.
- Demuth, R. (2007). „*Das Stoff-Teilchen-Konzept. Entwicklung und Bedeutung von Teilchenvorstellungen in der Chemie und im Chemieunterricht*“. Unterricht Chemie_18_2007_Nr, 100(101), 12-16.
- Dickerson, R. E., & Geis, I. (1981). *Chemie—eine lebendige und anschauliche Einführung*. Verlag Chemie.
- Fischler, H., & Reiners, C. (2006). *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik-und Chemieunterricht*. Logos Verlag.
- Flandorfer, H. & Luef, C. (2015). *Erhebung zu Teilchenvorstellungen - März 2015*. Unterlagen aus dem Seminar „SE Seminar zur VO Allgemeine Chemie A (2017W)“.

- Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1990). *Implications of research on students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice*. International Journal of Science Education, 12(2), 147-156.
- Glatz, L. C., Erb, R., & Teichrew, A. (2020). *Überzeugungskraft digitalisierter Experimente zum Teilchenmodell*. Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, 70.
- Hadfield, M. (1999). *Ideen zum Mol-Begriff*. CHEMKON, 6(1), 15-18.
- Johnstone, A. H. (2000). *Teaching of chemistry-logical or psychological?*. Chemistry Education Research and Practice, 1(1), 9-15.
- Jung, W. (1986). *Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie*. Naturwissenschaften im Unterricht-Physik/Chemie, 34(13), 2-6.
- Kircher, E., & Heinrich, P. (1984). *Eine empirische Untersuchung über Atomvorstellungen bei Hauptschülern im 8. und 9. Schuljahr*. Chimica didactica, 10, 199.
- Krosnick, J. A., & Alwin, D. F. (1987). *An evaluation of a cognitive theory of response-order effects in survey measurement*. Public Opinion Quarterly, 51(2), 201-219.
- Lankeit, E., & Biehler, R. (2023). *Vorkurse und ihre Wirkungen im Übergang Schule-Hochschule*. In Unterstützungsmaßnahmen in mathematikbezogenen Studiengängen: Konzepte, Praxisbeispiele und Untersuchungsergebnisse (pp. 293-363). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ley, M. (2001). *Übergang Schule-Hochschule*. Klassifikation von Initiativen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses. Bonn.
- Mahaffy, P. (2006). *Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry*. Union Carbide Award for Chemical Education. Journal of chemical education, 83(1), 49.
- Marohn, A. (1999). *Falschvorstellungen von Schülern in der Elektrochemie*. (Dissertation, Universität Dortmund).

- Marquardt, R., Meija, J., Mester, Z., Towns, M., Weir, R., Davis, R., & Stohner, J. (2018). *Definition of the mole (IUPAC Recommendation 2017)*. Pure and Applied Chemistry, 90(1), 175-180.
- McClendon, M. J. (1991). *Acquiescence and recency response-order effects in interview surveys*. Sociological Methods & Research, 20(1), 60-103.
- Mrnik, J. (2023). *Elektrochemie experimentell verstehen*. Entwicklung eines Experimentierkurses zur Förderung des Verständnisses von Elektrochemie bei Schüler:innen (Masterarbeit, Johannes Kepler Universität Linz).
- Neber, H. (1993). *Training der Wissensnutzung als objektivierende Instruktion*. In: Klauer, K.J. (Hrsg.), Kognitives Training (S. 217-243). Göttingen: Hogrefe
- Neumann, J. (2022). *Praxishandbuch Chemie im Unterricht: Experimente-Modelle-Übergänge Illustriert und erläutert mit Tafelbildern aus dem Unterricht*. Springer Berlin Heidelberg.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). *Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study*. Science education, 65(2), 187-96.
- Osthues, T. (2005). *Chemisches Gleichgewicht. Empirische Erhebung von Fehlvorstellungen im Chemieunterricht*. Staatsexamensarbeit. Münster.
- Prat-Sala, M., & Redford, P. (2010). *The interplay between motivation, self-efficacy, and approaches to studying*. British journal of educational psychology, 80(2), 283-305.
- Rautenstrauch, H. (2024). *Berufsvorbereitung im Chemieunterricht*. Nachrichten aus der Chemie, 72(1), 29-31.
- Rohr, M. (2005). *Wie lässt sich ein lernpsychologisch und fachwissenschaftlich adäquates Teilchenmodell lernen und lehren?: von der Oberflächenwahrnehmung zur abstrakten Modellerklärung* (Doctoral dissertation, Pädagogische Hochschule Heidelberg).
- Rossow, M., & Flint, A. (2009). *Die „Erweiterung“ des Redox-Begriffs mit Stoffen aus dem Alltag: Ein Vorschlag für einen Konzeptwechsel anhand der Untersuchung*

handelsüblicher Batterien. In CHEMKON: Forum für Unterricht und Didaktik (Vol. 16, No. 2, pp. 83-89). Weinheim: WILEY-VCH Verlag.

Schmidkunz, H. (2002). *Studium des chemischen Gleichgewichts. Ein funktionstüchtiges Modell*. Unterricht Chemie, 67(13), 33-37.

Schmidt, H. J. (1994). *Der Oxidationsbegriff in Wissenschaft und Unterricht*. Chemie in der Schule, 1(41), 6-10.

Schmidt, S. (2011). *Didaktische Rekonstruktion des Basiskonzepts Stoff-Teilchen für den Anfangsunterricht nach Chemie im Kontext* (Doctoral dissertation, Universität Oldenburg).

Schneeberger, A., Karasz, J., & Stigel, W. (1988). *Studienabbruch—Versagen oder rechtzeitige Besinnung: Ergebnisse von explorativen Fallstudien*. Pragmatische Soziologie: Beiträge zur wissenschaftlichen Diagnose und Praktischen Lösung Gesellschaftlicher Gegenwartsprobleme, 105-112.

Schwöppe, C. (2007). *Das Raumvorstellungsvermögen von Münsteraner Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 5, 6 im Hinblick auf chemische Unterrichtsinhalte*. Schöling.

Steffensky, M., Parchmann, I., & Schmidt, S. (2005). *Alltagsvorstellungen und chemische Erklärungskonzepte: "Die Teilchen saugen das Aroma aus dem Tee"*. Chemie in unserer Zeit, 39(4), 274-278.

Steinbuch, K. (1977). *Denken in Modellen*. In: Schäfer, G. et al. (Hrsg) Denken in Modellen. Westermann, Braunschweig.

Sumfleth, E., Stachelscheid, K., & Todtenhaupt, S. (1991). *Redoxreaktionen in der Sekundarstufe I*. NiU-Chemie, 2, 77.

Tausch, M. W. (2003). *Dutzend, Schock ... Mol – in einer Schublade?* Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 7/52.

Tausch, M. (2019). Schlüsselkonzepte in der Chemie. Chemie mit Licht: Innovative Didaktik für Studium und Unterricht, 55-69.

- Unger, M., Wroblewski, A., Latcheva, R., Zaussinger, S., Hofmann, J., & Musik, C. (2009). *Frühe Studienabbrüche an Universitäten in Österreich: Endbericht*; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung BMWF.
- Vansteenkiste, M., Lens, W., & Deci, E. L. (2006). *Intrinsic versus extrinsic goal contents in self-determination theory: Another look at the quality of academic motivation*. Educational psychologist, 41(1), 19-31.
- Vogt, J. (2021). *Exam Survival Guide: Physikalische Chemie*. Springer Berlin Heidelberg.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema „Denken in Modellen“ nach Steinbuch (1977), aus: Barke et al. 2015.....	18
Abbildung 2: Das „Chemische Dreieck“ von Johnstone (2000), aus: Barke et al. 2015.	19
Abbildung 3: Modell für ein chemisches Gleichgewicht nach Dickerson (1981), aus: Schmidkunz 2002	26
Abbildung 4: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Selbsteinschätzung von Schüler:innen bezogen auf verschiedene Themengebiete der Chemie (je niedriger der Wert, desto schwieriger wird das Gebiet wahrgenommen).....	32
Abbildung 5: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Zustimmung von Schüler:innen zu positiven Aussagen über Chemie (je höher der Wert, desto höher die Zustimmung).....	33
Abbildung 6: absolute Häufigkeiten der Geschlechterverteilung.....	34
Abbildung 7: absolute Häufigkeiten der Altersverteilung.....	35
Abbildung 8: absolute Häufigkeiten der Schultypenverteilung	35
Abbildung 9: absolute Häufigkeiten in Hinblick auf die Antwort bezüglich Chemiematura	36
Abbildung 10: absolute Häufigkeit der Studienrichtungen	36
Abbildung 11: absolute Häufigkeit der Erstsprache	37
Abbildung 12: absolute Häufigkeit der Antworten bezüglich eines akademischen Abschlusses eines Elternteils	37
Abbildung 13: absolute Häufigkeit der Antworten bezüglich eines bereits abgeschlossenen Studiums.....	38
Abbildung 14: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf das Thema „Teilchenmodell“	39
Abbildung 15: Verteilung der richtigen Antworten zum Thema „Teilchenmodell“	40
Abbildung 16: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf das Thema „Redox-Reaktionen“	41
Abbildung 17: Verteilung der richtigen Antworten zum Thema „Redox-Reaktionen“	42

Abbildung 18: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf das Thema „Chemisches Gleichgewicht“	43
Abbildung 19: Verteilung der richtigen Antworten zum Thema „Chemisches Gleichgewicht“	44
Abbildung 20: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf alle Themen	45
Abbildung 21: Verteilung der richtigen Antworten bezogen auf alle Themen	46
Abbildung 22: mittlere Anzahl an richtigen Antworten inklusive Standardabweichung bezogen auf den Unterschied zwischen Personen mit und ohne Matura im Fach Chemie	47
Abbildung 23: Mittelwerte der subjektiv empfundenen Sicherheit bei richtigen Antworten inklusive Standardabweichung; Vergleich der Teilnehmer:innen mit den meisten beziehungsweise wenigsten richtigen Antworten.....	48

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Selbsteinschätzung von Schüler:innen bezogen auf verschiedene Themengebiete der Chemie (je niedriger der Wert, desto schwieriger wird das Gebiet wahrgenommen).....	32
Tabelle 2: Mittelwerte inklusive Standardabweichung der Zustimmung von Schüler:innen zu positiven Aussagen über Chemie (je höher der Wert, desto höher die Zustimmung).....	33
Tabelle 3: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Teilchenmodell“	40
Tabelle 4: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Redox-Reaktionen“	42
Tabelle 5: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Chemisches Gleichgewicht“	44
Tabelle 6: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Molbegriff“	50
Tabelle 7: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Teilchenbewegung“	51
Tabelle 8: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Elektronenübertragungsreaktionen“	52
Tabelle 9: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Oxidations- und Reduktionsmittel“	52
Tabelle 10: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Elektrochemie“	53
Tabelle 11: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Gleichgewichtskonstante“	54
Tabelle 12: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Konzentrationen im chemischen Gleichgewicht“	55
Tabelle 13: richtige Antworten in Prozent pro Aussage zum Thema „Reaktion im chemischen Gleichgewicht“	55

7.4 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AHS	Allgemeinbildende höhere Schule
BEd	Bachelor of Education
BHS	Berufsbildende höhere Schulen
BMBWF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung
BSc	Bachelor of Science
ECTS	European Credit Transfer System
F	Falsch
HTL	Höhere Technische Lehranstalt
K	Gleichgewichtskonstante
M	Mittelwert (mean)
Ri	Richtig
SD	Standardabweichung (standard deviation)
STEOP	Studieneingangs- und Orientierungsphase
Tab.	Tabelle

8 Anhang

Online-Ansicht des Hauptfragebogens:



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



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

Online-Ansicht des Pilotfragebogens:



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](#)

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

4. 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 „Redoxreaktionen“ finde ich sehr leicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 „Atombau“ 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 „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 Gleichgewicht“ finde ich sehr leicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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"/>

Weiter

5. 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.
Ich bin begeisterte*r Chemieschüler*in.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chemie im Alltag erachte ich für sehr wichtig.	<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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chemie ist ein wichtiges Unterrichtsfach.	<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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Weiter



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](#)