



KIRCHLICHE  
PÄDAGOGISCHE  
HOCHSCHULE  
WIEN/KREMS



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER`S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Kleinuntersuchung am Gymnasium in Liechtenstein: Die Auswirkungen des fächerübergreifenden Unterrichts in „Natur und Technik“ der Sekundarstufe I auf das Verständnis und die Anwendung des Energiebegriffs aus dem Chemieunterricht der Sekundarstufe II“

verfasst von / submitted by

Sophie Braubach, BSc BEd

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

Wien, 2024 / 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) UF Biologie &  
Umweltkunde UF Chemie

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Michael Alfred Anton



## **Vorwort**

An dieser Stelle möchte ich meinen tief empfundenen Dank an all jene ausdrücken, die mich während der Anfertigung meiner Masterarbeit unterstützt und inspiriert haben.

Mein aufrichtiger Dank gilt meinem Betreuer, Univ.-Prof. Dr. Micheal Alfred Anton. Ihre herausragende Unterstützung, Ihre fachliche Expertise und Ihre ermutigenden Worte haben einen entscheidenden Beitrag während meines gesamten Lehramtstudiums geleistet. Es waren stets lehrreiche und interessante Inhalte, die ich in meinem heutigen Berufsalltag als Lehrerin zu schätzen und anzuwenden weiß.

Ein besonderer Dank geht an Lorenz Wohlwend, welcher es mir ermöglicht hat, die Daten für meine Untersuchung zu sammeln. Du warst mir eine unbeschreiblich große Hilfe während des gesamten Prozesses dieser Arbeit. Auch bei allen weiteren Lehrpersonen vom Liechtensteinischen Gymnasium, die ihre wertvolle Unterrichtszeit für meine Untersuchung zur Verfügung gestellt haben, möchte ich mich aufrichtig bedanken.

Herzlichen Dank an meinen Schulleiter, Thomas Würbel, der mich während des gesamten Prozesses zur Finalisierung meines Masters mit großem Verständnis und Geduld unterstützt hat.

Ein großer Dank gilt meiner Familie und all meinen Freunden, die mich während meines Studiums begleitet haben und in dieser Zeit immer für mich da waren.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Persönliche Motivation.....	2
1.2 Forschungsthema .....	2
<b>2. Theoretischer Hintergrund.....</b>	<b>4</b>
2.1 Begriffserklärungen zum fächerübergreifenden Unterricht.....	4
2.1.1 Ebene der Inhalte.....	5
2.1.2 Ebene der Stundentafel .....	6
2.2 Argumente für und gegen fächerübergreifenden Unterricht.....	8
2.2.1 Proargumente .....	8
2.2.2 Kontraargumente .....	11
2.3 Sekundarstufen des Fürstentums Liechtenstein.....	12
2.3.1 Natur und Technik als integriertes Unterrichtsfach an der Sekundarstufe I.....	13
2.3.2 Chemie als gefächertes Unterrichtsfach an der Sekundarstufe II.....	14
2.4 Der Energiebegriff im Lehrplan.....	15
2.4.1 Energiebegriff in Natur und Technik.....	15
2.4.2 Energiebegriff in Chemie.....	18
2.5 Fachchemische Definitionen.....	19
2.5.1 Der Energiebegriff.....	19
2.5.2 Chemische Energetik.....	19
2.5.3 Elektrochemie .....	21
2.5.4 Kraftwerke .....	22
2.6 Verwendung des Energiebegriffs aus der Sekundarstufe II im Lehrwerk des Natur und Technik-Unterrichts der Sekundarstufe I .....	24
<b>3. Untersuchungsdesign .....</b>	<b>27</b>
3.1 Methodik der Umfrage.....	27
3.1.1 Datenerhebung des Schüler:innenfragebogens .....	27
3.1.2 Datenerhebung des Experteninterviews.....	29
<b>4. Auswertung der Untersuchungsergebnisse .....</b>	<b>30</b>
4.1 Erster Teil des Fragebogens .....	30

4.1.1 Soziodemografische Angaben der Schüler:innen .....	30
4.2 Zweiter Teil des Fragebogens .....	32
4.2.1 Allgemeine Fragen zum Thema Energie als Unterrichtsthema .....	32
Frage 5 des Fragebogens .....	32
Frage 6 des Fragebogens .....	34
4.3 Dritter Teil des Fragebogens.....	35
4.3.1 Fachliche Fragen.....	35
Frage 7 des Fragebogens – Endotherme Reaktionen.....	36
Frage 8 des Fragebogens – Exotherme Reaktionen.....	37
Frage 9 des Fragebogens – Knicklicht.....	38
Frage 10 des Fragebogens – Kernspaltung .....	39
Frage 11 des Fragebogens – Kernfusion.....	39
Frage 12 des Fragebogens – Kernreaktionen bei Menschen.....	40
Frage 13 des Fragebogens – Thermorezeption .....	41
Frage 14 des Fragebogens – Katalysatoren.....	41
Frage 15 des Fragebogens – Chemische Energieträger der Nahrung .....	42
Frage 16 des Fragebogens – Weiterverarbeitung von Nahrung .....	43
Frage 17 des Fragebogens – Energiespeicher .....	43
Frage 18 des Fragebogens – Redoxreaktionen.....	44
Frage 19 des Fragebogens – Galvanische Zellen .....	45
Frage 20 des Fragebogens – Physikalische Größe der galvanischen Zelle.....	45
Frage 21 des Fragebogens – Einheit der Redoxpotentiale.....	46
Frage 22 des Fragebogens – Sauerstoffreaktionen im Körper .....	46
Frage 23 des Fragebogens – Energiewandler chemischer Energie .....	47
Frage 24 des Fragebogens – Rohöl; von der Bildung bis zum Gebrauch.....	48
Frage 25 des Fragebogens – Erdölenergieanlage (Ölkraftwerk) .....	48
Frage 26 des Fragebogens – Brennstoffzellen .....	49
Frage 27 des Fragebogens – Thermodynamische Zustandsgrößen .....	49
4.3.2 Gesamtauswertung der fachlichen Fragen .....	51
4.3.3 Vergleichstests.....	52
4.4 Vierter Teil des Fragebogens .....	53
4.4.1 Selbsteinschätzung.....	53
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>62</b>
<b>6. Fazit .....</b>	<b>68</b>

<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>69</b>
<i>Internetquellen .....</i>	72
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>74</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>76</b>
<b>Anhang 1 Schüler:innenfragebogen .....</b>	<b>77</b>
<b>Anhang 2 Experteninterview Leitfaden .....</b>	<b>84</b>
<b>Anhang 3 Transkription des Experteninterviews .....</b>	<b>86</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>96</b>
<b>7. Zusammenfassung.....</b>	<b>97</b>
<b>8. Abstract.....</b>	<b>98</b>

## **1. Einleitung**

Die Einführung des neuen Lehrplans LiLe im Fürstentum Liechtenstein hat die bessere Förderung der fachlichen und fächerübergreifenden Kompetenzen der Schüler:innen zum Ziel (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 2021). Dieser Lehrplan gilt für alle Formen der Sekundarstufe I öffentlicher Schulen im Fürstentum Liechtenstein. Die Sekundarstufe I wird hier dreigeteilt in Unterstufengymnasium, Realschule und Oberschule.

Die Einführung des neuen Lehrplans befindet sich aktuell noch in der Anfangsphase, wird aber seit 2019 nach und nach an den Sekundarstufen I Liechtensteins umgesetzt. Dieser neue Lehrplan hat nun das ehemalige fächerübergreifende Fach „Naturlehre“ durch „Natur und Technik“ namentlich ersetzt. Auch inhaltlich kann man dem neuen Lehrplan mehr Themen aus dem Fachbereich Chemie entnehmen, als es noch bei „Naturlehre“ der Fall war (Schulamt Liechtenstein, 2018). Der fächerübergreifende Unterricht wird hier also als nachhaltig kompetenzfördernd angesehen und soll stetig optimiert werden.

Auch in der Literatur gibt es viele Argumente, die für fächerübergreifenden Unterricht sprechen. Primäres Ziel liegt in der Zusammenführung verschiedener Inhalte, um dem isolierten Lernen entgegenzuwirken und ein generelles vernetzendes Denken bei Lernenden zu fördern (Labudde, 2014, S. 13). Auch aus der Perspektive der Hirnphysiologie kann gelerntes Wissen durch ein gut strukturiertes und vernetztes Wissensnetzwerk bewusst und zielgerecht abgerufen werden, um Kompetenzen von Lernzielen zu erlangen. Die strukturierte Verknüpfung von Wissen in einem effizienten Wissensnetzwerk fördert das schlussfolgernde Denken und ermöglicht dadurch die Konstruktion von neuem Wissen (Greutmann et al., 2020, S. 35). Nichtsdestotrotz mangelt es noch an genügend unabhängiger empirischer Auswertung fächerübergreifenden Unterrichts, da Untersuchungen diesbezüglich häufig von den Lehrpersonen selbst durchgeführt werden, welche den entsprechenden Unterricht auch anbieten (Labudde, 2003, S. 65).

## **1.1 Persönliche Motivation**

Die Relevanz einer Untersuchung inwiefern der fächerübergreifende Unterricht an den Schulen auch weitgehendst das vernetzende Denken von Schüler:innen fördert, ist also allgegenwärtig. Für mich als Junglehrperson des Fachs Natur und Technik stellte sich die Frage sehr schnell, ob und wie fördernd diese Form des fächerübergreifenden Unterrichts ist. Gerade auch mit den Erfahrungswerten meines Lehramtstudiums in Österreich, wo die Sekundarstufen I noch klar gefächerten Unterricht durchführen, sprich Chemie, Physik und Biologie werden jeweils getrennt unterrichtet, wuchs sehr schnell ein großes persönliches Interesse an dieser Thematik. Die ursprüngliche Idee einen direkten Ländervergleich mit den Sekundarstufen I aus Liechtenstein und Österreich vorzunehmen wurde allerdings dadurch ersetzt, gezielt zu untersuchen, wie gut der ehemalige Naturlehreunterricht und aktuelle Natur und Technik-Unterricht das vernetzende Denken nachhaltig Schüler:innen der Sekundarstufe II am Liechtensteinischen Gymnasium gefördert hat.

## **1.2 Forschungsthema**

Somit bezieht sich das Forschungsthema auch darauf, wie Schüler:innen der Sekundarstufe II aufgrund ihres fächerübergreifenden Unterrichts in der Sekundarstufe I vernetzend denken. Beim Natur und Technik-Unterricht handelt es sich laut Definition um ein Integrationsfach. Ein solches hat zur Eigenschaft, dass das Fach per se zwar als fächerübergreifend zählt, die Inhalte aber nicht immer fächerkoordinierend unterrichtet werden (müssen). Es gibt sehr wohl auch Unterrichtsphasen, bei welchen beispielsweise ausschließlich chemische Inhalte besprochen werden (Labudde, 2014, S. 15).

Deshalb wurde sich bei der Forschung auf den Energiebegriff fokussiert, welcher in allen Naturwissenschaften einen sehr hohen Stellenwert hat. Es war hier besonders wichtig, dass ein Thema gewählt wird, bei welchem es möglich ist, von der Chemie ausgehend viele Bezüge zu Physik und/oder Biologie herzustellen.

Im November 2023 wurde dafür eine Fragebogenstudie an der Sekundarstufe II des Liechtensteinischen Gymnasiums durchgeführt, bei der 172 Schüler:innen teilgenommen haben. Zudem wurde ein Experteninterview mit dem dortigen Fachvorstand für Chemie und Biologie geführt.

Diese Forschung soll die folgenden Forschungsfragen beantworten:

- I) *Hat der Natur und Technik-Unterricht der Sekundarstufe I einen positiven Einfluss auf die Förderung des vernetzenden und fächerübergreifenden Denkens bei Schüler:innen der Sekundarstufe II?*
- II) *Hilft der Natur und Technik-Unterricht den Schüler:innen beim Thema Energie des Chemieunterrichts der Sekundarstufe II Schlussfolgerungen zum Energiebegriff in Biologie und/oder Physik zu ziehen?*
- III) *Stellen die Schüler:innen aufgrund des Natur und Technik-Unterrichts beim Thema Energie im Chemieunterricht der Sekundarstufe II besser Bezüge zu Physik oder Biologie her?*
- IV) *Gibt es Unterschiede zum vernetzenden Denken zwischen den Schulstufen und Schwerpunktprofilen?*

Zu den vier Forschungsfragen werden jeweils die Hypothesen I – IV gestellt. Für Hypothese I gilt die Annahme, dass der Natur und Technik-Unterricht einen positiven Einfluss auf das vernetzende, fächerübergreifende Denken der Schüler:innen der Sekundarstufe II hat. Weiters wird für Hypothese II davon ausgegangen, dass der Natur und Technik-Unterricht aus der Sekundarstufe I den Schüler:innen beim Thema Energie im Chemieunterricht der Sekundarstufe II hilft, Schlussfolgerungen zu den Fächern Biologie und Physik zu ziehen. Hierbei wird für Hypothese III genauer spezifiziert, dass solche Bezüge besser zu dem Fach Biologie stattfinden. Des Weiteren wird die Hypothese IV postuliert, wonach in der Untersuchung zum vernetzenden Denken nachweisbare Unterschiede zwischen den verschiedenen Schulstufen<sup>1</sup> und Schwerpunktprofilen<sup>2</sup> existieren.

---

<sup>1</sup> Werden in dieser Arbeit auch als Stufen bezeichnet.

<sup>2</sup> Werden in dieser Arbeit auch als Profile bezeichnet.

## **2. Theoretischer Hintergrund**

Für den theoretischen Hintergrund der Arbeit bedarf es einer separaten Ausarbeitung von fachdidaktischen sowie fachspezifischen Begriffen und einer Analyse der Besonderheiten des Liechtensteinischen Schulsystems für die Sekundarstufe I und II. Zuerst werden die fachdidaktischen Aspekte geklärt, wodurch die Fachspezifika des liechtensteinischen Schulsystems erklärt werden. Im Anschluss folgen fachchemische Definitionen zum Energiebegriff, auf welchen auch der Fokus der fachlichen Fragen des empirischen Teils dieser Arbeit liegt.

### **2.1 Begriffserklärungen zum fächerübergreifenden Unterricht**

Je nach Schultyp gibt es unterschiedliche Umsetzungen für die Verteilung von Fächern an der Stundentafel. Zum einen gibt es den traditionellen Ansatz der Unterrichtsgestaltung des gefächerten Unterrichts, bei dem der Chemieunterricht<sup>3</sup> unabhängig von anderen Fächern stattfindet. Im Gegensatz dazu wird bei ungefächertem Unterricht nicht nach den einzelnen Fächern gegliedert, sondern gänzlich auf die Einteilung der Stundentafel in einzelne Fächer verzichtet. Die Grenzen des Chemieunterrichts werden hier aufgelöst, wobei Inhalte aus den verschiedenen Fächern vereint werden. Zwischen dem gefächerten und dem ungefächerten Unterricht liegt der fächerübergreifende Unterricht (Huber, 1994, S. 64).

Nach Labudde (2014, S. 14) herrscht in der Literatur regelrecht ein „Begriffswirrwarr“, wenn man sich mit der Thematik des fächerübergreifenden Unterrichts auseinandersetzen möchte. Dies liegt daran, dass es eine Vielzahl an verschiedenen Möglichkeiten für fächerübergreifenden Unterricht gibt, wobei „fächerübergreifend“ als Oberbegriff fungiert. Deshalb bietet es sich an, den fächerübergreifenden Unterricht auf zwei Ebenen zu betrachten. Zum einen wird die Ebene der Stundentafel und zum anderen die Ebene der Inhalte genannt (Huber, 1994, zitiert nach Labudde, 2014, S. 14). Im Nachfolgenden werden diese beiden Ebenen und die dazugehörigen Begriffe genauer erläutert.

---

<sup>3</sup> Dies gilt auch für alle anderen Fächer, die der Stundentafel einer Schule zu entnehmen sind.

### **2.1.1 Ebene der Inhalte**

Die Ebene der Inhalte oder Ebene der Fächer bezieht sich im Wesentlichen darauf, dass gefächerter Unterricht stattfindet, dieser aber mit Bezug zu anderen Unterrichtsfächern durchgeführt wird. Hierzu gehören der fachüberschreitende, fächerverbindende und fächerkoordinierende Unterricht. Der Fachüberschreitende (interdisziplinär) Unterricht verbindet ein Fach mit einem anderen. Im Chemieunterricht könnte man hier beispielsweise genauer auf die Verwendung der chemischen Energie in biologischen Systemen<sup>4</sup> eingehen. Der Fächerverbindende (multi- oder pluridisziplinär) Unterricht geht einen Schritt weiter, indem mehrere Fächer gleichzeitig dasselbe Thema behandeln. Am Beispiel chemische Energie würde sich neben den biologischen Systemen auch die Thermodynamik<sup>5</sup> in der Physik sowie historische Errungenschaften zum Thema Energie im Fach Geschichte anbieten. Der fächerkoordinierende (interdisziplinär) Unterricht ist im Gegensatz dazu problemlösungsorientiert (Labudde, 2003, 2006; Huber, 1994, zitiert nach Labudde, 2014, S. 14). Hier nennt Labudde (2014, S. 15), auch passend zur chemischen Energie, das Beispiel: „Wie lässt sich der Energieverbrauch unserer Schule reduzieren?“. Die Umsetzung zur Problemlösung erfolgt dann mit dem Wissen und den Kompetenzen aus verschiedenen Fächern während des gefächerten Chemieunterrichts. Als zusätzlichen Begriff für die Ebene der Inhalte gibt es in der Literatur noch den transdisziplinären Unterricht, bei dem Wissenschaften mit gesellschaftlichen Aspekten wie die der Politik verknüpft werden (ebd.). Die Transdisziplinarität kann als innovativer Ansatz des Wissenstransfers und der Lösung von Herausforderungen beschrieben werden, bei den Bereichen aus der Gesellschaft und der Wissenschaft kooperieren. Die dabei formulierten Forschungsfragen entspringen vielseitiger Fragestellungen aus der Gesellschaft mit dem Ziel, Ergebnisse zu erarbeiten, die für die Allgemeinheit von Nutzen sind. Die Bewertungskriterien für die Qualität dieser Ergebnisse werden entsprechend an politischen, wirtschaftlichen und sozialen Zielsetzungen ausgerichtet. Dies erzeugt eine verstärkte Reflexionsfähigkeit seitens der Forscher:innen, während die Wissenschaft für einen offenen Dialog mit der Gesellschaft zugänglich gemacht wird. Hierdurch entstehen dynamische Diskussionsprozesse (Anton, 2007).

---

<sup>4</sup> Fotosynthese, chemische Energie in Nahrung

<sup>5</sup> Wärmelehre

## **2.1.2 Ebene der Stundentafel**

Auf dieser Ebene konzentriert man sich auf die Stundentafel, also den festgelegten Fächerkanon und den Stundenplan (Abbildung 1). Beim fächerübergreifenden Unterricht gibt es zwei Varianten, die als untergeordnete Begriffe betrachtet werden können. Zum einen wird der fächerergänzende Unterricht genannt. Neben dem Einzelfach Chemie findet der Unterricht beispielsweise in Form von fächerübergreifenden Themennachmittagen oder Naturwissenschaftlichen Laboren<sup>6</sup> statt. Demgegenüber steht der integrierte Unterricht. Dabei werden die Fächer Biologie, Chemie, Physik und gegebenenfalls weitere Fächer zu einem Fach kombiniert. So kann auch der Natur und Technik-Unterricht an den Sekundarstufen I im Fürstentum Liechtenstein, dessen Auswirkungen in dieser Arbeit untersucht werden, zum integrierten Unterricht gezählt werden. Das Vorhandensein eines Integrationsfachs bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass alle Inhalte immer fächerübergreifend oder fächerkoordinierend unterrichtet werden. Innerhalb des Integrationsfachs können Phasen existieren, in denen ausschließlich chemische Inhalte behandelt werden (Labudde, 2014, S. 15).

---

<sup>6</sup> Laborunterricht für Biologie, Chemie und Physik. In Schulen als NAWI oder NWL bezeichnet (BG/BRG Stainach, o.D.).

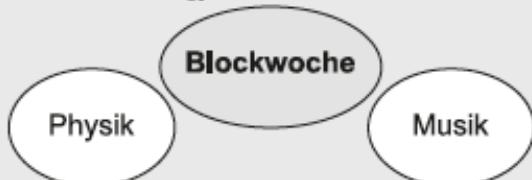
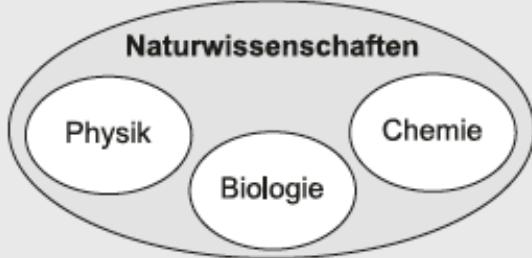
Kategorie	Beschreibung	Beispiele für die Umsetzung
<b>Gefächert</b> (Einzelfächer)	Physik, Biologie und Chemie werden je als Einzelfächer unterrichtet. Innerhalb dieser Einzelfächer kann es zu fachüberschreitendem Unterricht kommen, in besonderen Fällen auch in Absprache mit anderen Einzelfächern zu fächerverbindendem und fächerkoordinierendem Unterricht.	drei getrennte Fächer durchgehend oder in bestimmten Abschnitten der Sekundarstufe I (z. B. ab Klasse 7; davor integrierter Unterricht) 
<b>Fächerergänzend</b>	Fächerübergreifende Themen werden in einem eigenen Zeitgefäß – zusätzlich zu den naturwissenschaftlichen Einzelfächern oder zu einem Integrationsfach und diese komplementär ergänzend – unterrichtet: z. B. das Thema Sport und Physik während einer Blockwoche.	Blockwochen; Projekttage; Wahlpflichtkurse in der Sekundarstufe I; Projektphase im Rahmen der gymnasialen Oberstufe 
<b>Integriert</b> (Integrationsfach)	Die Inhalte werden fächerübergreifend erarbeitet – mit gleichzeitiger integrierter Entwicklung zentraler fachspezifischer Begriffe (z. B. bei Energie oder Teilchen). Der integrierte Unterricht enthält sowohl fächerübergreifende als auch fachspezifische Phasen.	integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht durchgehend in der Sekundarstufe oder bis zu einer bestimmten Klassenstufe 

Abbildung 1: Kategorisierung fächerübergreifenden Unterrichts auf Eben der Stundentafel (Labudde & Schecker, 2021, S. 440)

## **2.2 Argumente für und gegen fächerübergreifenden Unterricht**

„Integrierter Unterricht: Ist doch klar!“ oder „Gefächerter Unterricht: Ist doch klar“, je nach Land trifft eine der beiden Aussagen zu, wobei ungläubig auf die Nachbarländer geblickt wird, wenn dort Chemie im Integrationsfach bzw. als eigenes Fach unterrichtet wird (Labudde, 2014, S. 12).

„Dabei macht eine unvoreingenommene Analyse des empirischen Forschungsstandes mehr als deutlich, dass es kaum ein pädagogisches oder didaktisches Konzept gibt, das für die Erreichung unterschiedlicher Bildungsziele gleichermaßen gut geeignet wäre, dass es kaum eine Unterrichtsmethode oder eine Lehrstrategie gibt, die - einseitig und ausschließlich angewandt - neben den erwünschten Wirkungen nicht auch unerwünschte Nebeneffekte zeigt [...].“  
(Weinert, 2001, S. 18)

Im Folgenden werden einige Punkte aufgezeigt, die jeweils für oder wider fächerübergreifenden Unterricht sprechen.

### **2.2.1 Proargumente**

Zum fächerübergreifenden Unterricht findet man in der Literatur viele befürwortende Argumente. Diese beziehen sich vor allem auf die Schüler:innen. Labudde (2003, S. 50) nennt hierfür als ersten Punkt die konstruktivistischen Lerntheorien, bei denen es im Wesentlichen darum geht, dass im Unterricht an das Vorwissen der Schüler:innen angeknüpft werden soll. Speziell zu Beginn des Chemieunterrichts bringen die Lernenden Denkstrukturen mit, die sie im Laufe vieler Jahre basierend auf eigenen Erfahrungen konstruiert haben. Diese Denkstrukturen sind tief verwurzelte Vorstellungen der Schüler:innen (Barke, 2018, S. 102). Allerdings haben viele dieser Schüler:innenvorstellungen noch keine genaue Fächerzuordnung, sondern kommen aus einem breiten Spektrum. Es wird argumentiert, dass fächerübergreifende Ansätze ermöglichen, das Vorverständnis besser in den Unterricht einzubauen. Es geht darum alte und neue Inhalte oder auch Inhalte untereinander zu vernetzen. Man strebt eine Verbindung zwischen verschiedenen Fächern an, um den unverstandenen, isolierten

Wissensfragmenten entgegenzuwirken und das vernetzende Denken bei den Lernenden zu stärken (Labudde, 2014, S. 13). Als suboptimal wird hier allerdings das Lernen im Kontext mit dem Kontext selbst angesehen. Dies macht es schwierig, naturwissenschaftliche Konzepte isoliert vom mitgelernten Kontext zu verstehen oder anzuwenden (Nerdel, 2017, S. 155). Auch beim Lernen eines neuen Fachbegriffs wird eine umfassende Darstellung und Erklärung erforderlich, um diesen zu verstehen. Dazu gehören unterstützende und abgrenzende Beispiele, die den Begriff klarer veranschaulichen und ihn von ähnlichen Begriffen sowohl in fachlicher als auch in alltagssprachlicher Hinsicht abgrenzen sollen (Combe, 2019, S. 54). Es sind jene Wissensformen aus der fachlichen sowie fachsprachlichen Perspektive gegenüber der Erfahrungswelt und Vorstellungen aus dem Alltag, die das Verstehen eines Inhaltes per se erschweren. Ein höheres Maß an Hermeneutik, Interpretationsspielraum und das Erarbeiten von verschiedenen Deutungen fördern das Verständnis der Lerninhalte (Combe & Gebhard, 2012, S. 9). Eine Fallstudie von Dietz & Bolte (o.D.) zwischen den Schuljahren 2017 bis 2021 zeigte, dass Schüler:innen aus integrativem Unterricht nicht nur eine höhere Anzahl von vernetzenden Aussagen mit verschiedenen Begriffselementen tätigen, sondern auch, dass diese Aussagen in den von den Schüler:innen verfassten Essays zum Thema „Basiskonzept Energie“ eine bessere Qualität aufweisen.

Gerade in höheren Schulstufen soll der fächerübergreifende Unterricht die wissenschaftspropädeutischen Kompetenzen bzw. Scientific Literacy fördern können (Labudde, 2003, S. 51). Dazu gehört nach PISA<sup>7</sup> „Phänomene naturwissenschaftlich erklären, Entwürfe für wissenschaftliche Untersuchungen erstellen und bewerten sowie Daten und Beweise kritisch zu interpretieren sowie wissenschaftliche Informationen, recherchieren, bewerten und für die Entscheidungsfindung sowie das Handeln nutzen“ (TU München, o.D.). Diese Kompetenzen sind in der Chemie als „experimentelle Naturwissenschaft“ besonders relevant. Das Experiment hat die empirische Erkenntnisgewinnung zur Funktion, wobei ergänzend zu den genannten Punkten nach PISA vor allem auch das Sammeln und Ordnen mehrerer Beobachtungen sowie

---

<sup>7</sup> Programme for International Student Assessment (PISA) von der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Die Studie wird bei 15-jährigen Schüler:innen durchgeführt (PISA-Studien, 2023)

Messungen dazugehört, die in weiterer Folge zu einer Hypothese führen, welche verifiziert oder falsifiziert werden soll (Barke, 2018, S. 194).

Weiters sind es Schlüsselprobleme der Menschheit, beschrieben nach Klafki (1996), die mit fächerübergreifenden Kompetenzen untersucht werden müssen. Am Beispiel Energie ist hier die globale Energieversorgung der Menschen nennenswert. Für ein solches Problem sollen die Schüler:innen anhand eines Modells arbeiten, indem sie dieses mit ihrem Wissen aus mehreren Fächern beschreiben und im Anschluss lösen. Auch die überfachlichen Kompetenzen werden als Vorteil genannt (Labudde, 2003, S. 51). Für die Energiefrage sind solche überfachlichen Kompetenzen beispielsweise Umweltkompetenz, Verantwortung als Mitmensch wie auch Selbstreflexion.

Von den naturwissenschaftlichen Fächern sind Chemie – und noch weniger Physik – keine beliebten Schulfächer bei den Schülerinnen (Pfenning & Renn, 2010, zitiert nach Labudde, 2014, S. 14). Dementgegen soll der fächerübergreifende Unterricht gendergerechter sein, die Schülerinnen und Schüler so mehr ansprechen sowie fördern und fordern (Labudde, 2003, S. 53). Das Interesse der Lernenden wird dadurch erhöht, dass Schüler:innen, die eine der Naturwissenschaften bevorzugen auch mit den anderen Fächern konfrontiert werden und so dazu motiviert werden auch chemische Phänomene zu untersuchen. Dieses Vernetzen der Inhalte führt zu neuen Erkenntnissen, wodurch das Lernen befriedigender wird (Labudde, 2014, S. 14). Für die Motivation spielt auch ein Transfer von Sachinteresse zu Fachinteresse eine wesentliche Rolle. So sind es nicht nur die einzelnen Fächer, die die Schüler:innen bevorzugen, um deren Motivation für den Unterricht zu erhöhen, sondern bestimmte naturwissenschaftliche Bereiche. Das Fach und seine Inhalte rücken hierbei in den Hintergrund, da es den Schüler:innen mehr darum geht, welche Verwendung und welchen Nutzen sie aus dem Erlernten ziehen können (Vetrovsky & Anton, 2008, S. 32ff.). Dabei variiert das Interesse der Schüler:innen im Chemieunterricht stark zwischen alltäglichen und besonderen Kontexten. So wird eine höhere emotionale Valenz bei besonderen Kontexten festgestellt, verglichen zu alltäglichen Kontexten. Wohingegen die Schüler:innen den alltäglichen Kontexten einen höheren Wert zuordnen als den besonderen Kontexten (Habig et. al., 2016, S. 472).

Ein Proargument für Lehrpersonen sind die thematischen Freiräume, die der fächerübergreifende Unterricht mit sich bringt, sofern die Curricula diese Freiräume auch entsprechend ermöglichen (Labudde, 2003, S. 63). Auch die Wahrnehmung der

Lehrpersonen seitens der Schüler:innen ist im fächerübergreifenden Unterricht eine andere als im gefächerten. Ersterem schreiben sie „mehr methodische und pädagogisch-soziale Kompetenz“ zu, zweiterem „eine größere fachliche Kompetenz“ (Labudde, 2004, S. 65)

## 2.2.2 Kontraargumente

Als *das* Kontraargument wird genannt, dass Schüler:innen im fächerübergreifenden Unterricht weniger fachspezifisches Wissen lernen als im gefächerten Unterricht. Gerade auch weil fächerübergreifender Unterricht häufig als Projekt praktiziert wird, müssen die Schüler:innen das Fachwissen der jeweiligen Einzelfächer schon mitbringen, während im gefächerten Unterricht spezifisch Wert daraufgelegt wird, dieses Fachwissen zu erarbeiten. Dadurch nimmt bei den Schüler:innen auch die Befürchtung einer schlechteren Vorbereitung für Abschlussprüfungen, Probleme bei Schulwechseln sowie Übergänge zu weiterführenden Schulen zu (Labudde & Schecker, 2021, S. 457; Labudde 2003, S. 59). Die TIMSS<sup>8</sup> Studie von 1995 zeigt, dass Schüler:innen aus der Schweiz<sup>9</sup>, wo damals Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I schon lange als Integrationsfach unterrichtet wurden, sehr gut beim Entdecken und Anwenden naturwissenschaftlicher Prinzipien abgeschnitten haben. Dahingegen mangelte es laut den Resultaten bei den Schüler:innen an den fachlich terminologischen Kompetenzen (Ramseier, 1998, S. 8). Nimmt man aktuelle Werte der PISA-Studie, deren Kompetenzziele für fächerübergreifenden Unterricht sprechen, hat die Schweiz in den letzten Jahren verglichen zu den deutschsprachigen Ländern Deutschland und Österreich, welche überwiegend<sup>10</sup> gefächerten Unterricht für die Naturwissenschaften an den Sekundarstufen I in den Schulen haben, ca. im Mittel beider Länder bei den Naturwissenschaften abgeschnitten (OECD, 2014; 2018; 2019). Bei der aktuellen PISA-Studie von 2022 liegt die Schweiz allerdings gut zehn Punkte über Deutschland und Österreich (OECD, 2024).

---

<sup>8</sup> Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

<sup>9</sup> Die Schweiz hat das letzte Mal 1995 an der TIMSS Studie teilgenommen

<sup>10</sup> In Bayern werden die Naturwissenschaften in den Sekundarstufen I im Integrationsfach Natur und Technik (früher PCB – Physik, Chemie, Biologie) angeboten (Schule in Deutschland, o.D.)

Für die Kontraargumente werden im Vergleich zu den Proargumenten auch häufiger die Umstände für Lehrpersonen berücksichtigt. So sind zum einen Ausbildungen für Lehrpersonen nicht überall einheitlich, wodurch das Unterrichten eines Integrationsfachs dazu führen kann, dass sich diese schlechter vorbereitet fühlen (Labudde, 2003, S. 59). Eine für das Fach Physik ausgebildete Lehrperson könnte sich bei Themen der Chemie nicht genug ausgebildet fühlen, sei es fachlich oder didaktisch. Als Lösungsansatz wird hierfür die Bildung von Lehrkräfteteams genannt, welche sich untereinander austauschen können oder sich alternativ für spezifische Themenschwerpunkte untereinander abwechseln (Labudde, 2004, S. 62).

Zudem ist es bei Integrationsfächern leichter eine Stundenreduktion durchzuführen. „Bei Sparmaßnahmen ist es politisch einfacher eine Stunde bei einem vier- oder fünfstündigen Integrationsfach zu kürzen als bei einem Ein- oder Zweistundenfach Chemie“ (Labudde, 2014, S. 18). Dabei wird neben Unterrichtsinhalten auch an Fachexpert:innen gespart.

## 2.3 Sekundarstufen des Fürstentums Liechtenstein

Das Schulsystem im Fürstentum Liechtenstein ist durch Einflüsse anderer deutschsprachiger Länder geprägt, wobei die Schulstruktur der Schweiz als Nachbarland den größten Einfluss hat, was sich vor allem in den Lehrplaninhalten widerspiegelt. Die Sekundarstufe in Liechtenstein ist dreigliedrig, wobei die Sekundarstufe I in verschiedene Schularten unterteilt ist, nämlich in Oberschule, Realschule und Unterstufengymnasium. Hierbei weisen Ober- und Realschule eine Dauer von vier Jahren auf, während das Unterstufengymnasium eine dreijährige Sekundarstufe I umfasst. Besonders hervorzuheben ist das Liechtensteinische Gymnasium, das als einzige öffentliche Schule im Fürstentum die Sekundarstufe II anbietet, welche noch vier weitere Jahre dauert. Mit deren Abschluss erhält man die Matura und dadurch Hochschulzugang (llv, 2023).

Der aktuelle Liechtensteiner Lehrplan (LiLe) basiert auf einem Beschluss der liechtensteinischen Regierung aus dem Jahr 2016, in dem beschlossen wurde, den hiesigen Lehrplan dem Lehrplan 21 der Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK) anzupassen. Dieser Schritt wurde unternommen, um die liechtensteinische Schullandschaft optimal auf die Anforderungen der sich stetig wandelnden gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen auszurichten. Der

Lehrplan 21 wurde entwickelt, um eine moderne und zukunftsorientierte Bildung zu gewährleisten. Ein zentraler Aspekt des LiLe ist der Fokus auf Kompetenzen (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 2021).

„Dabei versteht man unter Kompetenzen die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert, 2001, S. 27)

Die kompetenzorientierte Ausrichtung des LiLe ermöglicht den Schüler:innen eine aktive und praxisnahe Auseinandersetzung mit den Lerninhalten und bereitet sie darauf vor, zu kritischen, reflektierten und handlungsfähigen Individuen zu werden. Der Lehrplan wird seit dem Schuljahr 2019/20 mit einer 4-jährigen Einführungsphase an den liechtensteinischen Schulen umgesetzt (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 2021).

### **2.3.1 Natur und Technik als integriertes Unterrichtsfach an der Sekundarstufe I**

Vor der Einführung des neuen Lehrplans LiLe wurden die Naturwissenschaften in den schulischen Stundentafeln noch unter dem Fachbereich „Mensch und Umwelt“ aufgeführt. Dieser wiederum wurde in mehrere Teilbereiche unterteilt. Der Teilbereich Realien<sup>11</sup> beinhaltete die naturwissenschaftlichen Fächer als Fach „Naturlehre“ (Schulamt Liechtenstein, 2005). Die Lektionentafel der Sekundarstufe I für die Realienfächer lag je nach Stufe zwischen fünf bis sieben Lktionen pro Woche (Liechtensteinisches Landesgesetzblatt, 1999). Dies soll zeigen, dass der Unterricht an liechtensteinischen Sekundarstufen schon vor Einführung des neuen Lehrplans LiLe Formen des fächerübergreifenden Unterrichts ausübt.

Seit der Einführung des LiLe im Jahr 2019 heißt der Fachbereich „Mensch und Umwelt“ neu „Natur, Mensch und Gesellschaft“, wobei die Naturwissenschaften gänzlich im

---

<sup>11</sup> Zu den Realien gehört neben der Naturlehre auch Geografie, Geschichte und Staatskunde.

integrierten Unterrichtsfach Natur und Technik gelehrt und gelernt werden (Regierung des Fürstentums Liechtenstein, 2021).

„Allen aufgeführten Fächern<sup>12</sup> ist eigen, dass sie die Vernetzung von Fachinhalten fördern, den Lehrkräften gewisse inhaltliche Freiräume lassen und günstige Voraussetzungen für fächerkoordinierenden Unterricht bieten.“ (Labudde & Schecker, 2021, S. 444)

In der dreijährigen Unterstufe am liechtensteinischen Gymnasium finden in der ersten Stufe zwei, in der zweiten und dritten jeweils drei Wochenlektionen Natur und Technik statt (Liechtensteinisches Gymnasium, 2023).

### **2.3.2 Chemie als gefächertes Unterrichtsfach an der Sekundarstufe II**

Schüler:innen haben die Möglichkeit, die Oberstufe des Liechtensteinischen Gymnasiums zu besuchen, wenn sie das Unterstufengymnasium erfolgreich abgeschlossen haben, eine Empfehlung der Klassenkonferenz der Realschule erhalten oder die Aufnahmeprüfung bestanden haben. Bei der Anmeldung für die Oberstufe müssen die Schüler:innen ein Profil<sup>13</sup> wählen. Chemie gehört zu dem Profil „Mathematik und Naturwissenschaften“.

Die Lektionentafel der Oberstufe wird eingeteilt in Grundlagenfächer<sup>14</sup>, welche obligatorisch für alle Schüler:innen sind, und Profilfächer<sup>15</sup>, welche durch die genannte Wahl eines Profils zum Eintritt in die Oberstufe eine Vertiefung der Anforderungen zum Ziel haben. Chemie zählt in den Stufen fünf und sechs mit je zwei Wochenlektionen zu den Grundlagenfächern. Als Profilfach findet der Chemieunterricht in der Stufe vier und sieben mit jeweils zwei Wochenlektionen statt, in den Stufen fünf und sechs mit jeweils drei. Die Endjahresnote von Chemie wird in der sechsten Stufe im Jahreszeugnis sowie für die Matura doppelt gezählt (ebd.).

---

<sup>12</sup> Fächer des Deutschschweizer Lehrplans „Lehrplan 21“; <https://v-fe.lehrplan.ch/>

<sup>13</sup> Entspricht den Neigungen und Begabungen der Schüler:innen. Alle Profile führen zu einer gleichwertigen Matura (Liechtensteinisches Gymnasium, 2023).

<sup>14</sup> Bis auf Lebenskunde sind alle Grundlagenfächer auch Promotionsfächer. Die Zeugnisnoten Deutsch, Englisch, Französisch und Mathematik werden beim Notendurchschnitt im Zeugnis doppelt gezählt (ebd.).

<sup>15</sup> Profilfächer sind Promotionsfächer. Von je einem Profilfach werden die Noten beim Notendurschnitt im Zeugnis doppelt gezählt (ebd.).

## **2.4 Der Energiebegriff im Lehrplan**

Für die empirische Untersuchung dieser Forschung beantworteten die Schüler:innen vernetzende Fragen zum Energiebegriff, weshalb an dieser Stelle genauer darauf eingegangen wird, was im Lehrplan des Liechtensteinischen Gymnasiums für die Sekundarstufe I und II zum Energiebegriff zu finden ist.

### **2.4.1 Energiebegriff in Natur und Technik**

Der Lehrplan für die Sekundarstufe I zeichnet sich durch eine pädagogisch durchdachte Struktur aus, die nicht nach Schulstufen geordnet ist. Stattdessen basiert er auf einer sorgfältig aufeinander und nacheinander abgestimmten Anordnung der Kompetenzbereiche. Diese Anordnung gewährleistet eine kontinuierliche und stufenweise Entwicklung der Schüler:innen in ihren Fähigkeiten und Kompetenzen. Jeder Kompetenzbereich bildet somit die Grundlage für die nachfolgende Kompetenzstufe und bereitet die Lernenden auf zukünftige Anforderungen vor. Die thematische Abstimmung der Kompetenzbereiche ermöglicht den Lehrkräften, die Vermittlung einer Reihenfolge, die den Schüler:innen eine klare Struktur und Orientierung bieten soll. Die Abfolge kann ebenfalls als Leitlinie für die Unterrichtsplanung dienen und soll so eine durchdachte Gestaltung des Unterrichts gewährleisten, die den individuellen Bedürfnissen und Voraussetzungen der Schüler:innen gerecht wird (Schulamt Liechtenstein, 2018, S. 7).

Der vierte Kompetenzbereich des Fachbereichslehrplans von Natur und Technik lautet „Energieumwandlungen analysieren und reflektieren“ (Abbildung 2). Der erste Fachbezug dieses Kompetenzbereichs lautet „Physik, Chemie, Biologie: Energieformen und Energieumwandlungen“ (Schulamt Liechtenstein, 2015, S. 8), welchem zu entnehmen ist, dass die drei Naturwissenschaften gleichermaßen von Bedeutung sind, um die Kompetenzziele zu erreichen. Die wesentlichen Themen für Chemie in diesem Abschnitt sind Verbrennung von Treibstoff, Energieumwandlungsketten, Energieformen, Energiewandler und Energieerhaltung.

NT.4	Energieumwandlungen analysieren und reflektieren	
	<p>◀ Vorangehende Kompetenzen: NMG.3.2</p> <p>1. Die Schülerinnen und Schüler können Energieformen und -umwandlungen analysieren.</p>	<p>Querverweise RZG.1.4</p>
NT.4.1	<i>Physik, Chemie, Biologie: Energieformen und Energieumwandlungen</i> Die Schülerinnen und Schüler ...	
<b>3</b>	<p>a » können Vorgänge beschreiben, bei denen eine Energieform in eine andere Energieform umgewandelt wird (z.B. Verbrennung von Treibstoff, Verwertung der Nahrung im Körper, den Berg hinunterschlitteln, einen Backofen benutzen, eine Glüh-, Halogen- oder Energiesparlampe verwenden).  Energieformen qualitativ: Lage-, Bewegungs-, elektrische, chemische und thermische Energie</p> <p>b » können Energieumwandlungsketten schematisch darstellen sowie Energieformen und -wandler benennen (z. B. Bewegungsenergie - Energiewandler Generator - elektrische Energie - Energiewandler Heizung - thermische Energie)  Energieumwandlungsketten</p> <p>c » kennen die Bedeutung der Systemgrenzen bei der Beschreibung von Energieumwandlungsprozessen. » können das Prinzip der Energieerhaltung beschreiben und mithilfe von Beispielen verdeutlichen.</p> <p>d » können die umgewandelte Energie pro Zeit als Leistung experimentell erfassen und beschreiben (z.B. mechanische Leistung beim Treppensteinen als gewonnene Lageenergie pro Zeit, elektrische Leistung beim Wasserkochen als benötigte elektrische Energie pro Zeit). » können die Arbeit als eine der massgeblichen Größen im Prozess der Energieumwandlung identifizieren und beschreiben.</p> <p>e » können in verschiedenen Situationen Lage-, Bewegungs- und elektrische Energie berechnen (z.B. verschiedene schwere Steine werden in verschiedene Höhen gehoben, verschiedene lange Laufzeiten von elektrischen Geräten). » können mechanische und elektrische Leistung berechnen.</p> <p>f » können Energieumwandlungen in lebenden Systemen als solche erkennen und beschreiben.  Fotosynthese, Zellatmung</p>	TTG.2.B.1.6f

Abbildung 2: Vierter Kompetenzbereich im Fachbereichslehrplan zu Natur und Technik (SA FL, 2015, S. 8)

Der zweite Fachbezug des vierten Kompetenzbereichs lautet „Physik, (Chemie, Biologie): Speicherung, Bereitstellung und Transport von Energie“ (Abbildung 3). Hier werden die Fächer Chemie und Biologie eingeklammert, somit genießt die Physik in diesem Punkt den höchsten Stellenwert (ebd., S. 9). Das spiegelt sich auch darin wider, dass sich für Chemie nur die Themen Batterie, Energiespeicherung und Energie im Alltag zuordnen lassen.

Neben dem vierten Kompetenzbereich (Abbildung 2; Abbildung 3) wird der Begriff Energie lediglich noch ein weiteres Mal beim Teilchenmodell genannt. Dabei heißt es „Die Schülerinnen und Schüler können die Aggregatzustände und Zustandsänderungen mithilfe des Teilchenmodells erklären und veranschaulichen; Aggregatzustände, Zustandsänderungen; Teilchenmodell: *Energie*, Anziehung, Abstände und Ordnung der Teilchen“ als Kompetenz für Chemie und Physik. Grundsätzlich passt das Thema Energie

aber auch zu Lehrplanthemen wie Stoffkreisläufe, Bewegung und Kräfte, Elektrik, Sinne und Signale sowie Stoffwechselvorgänge (ebd.).

NT.4.2		◀ Vorangehende Kompetenzen: NMG.3.2	Querverweise
2. <b>Die Schülerinnen und Schüler können Herausforderungen zu Speicherung, Bereitstellung und Transport von Energie beschreiben und reflektieren.</b>			
<b>3</b>	a	» können verschiedene Möglichkeiten der Isolation an Alltagsbeispielen beschreiben sowie die jeweilige Wirkung vergleichen (z.B. Thermoskanne versus Glaskanne, grobmaschiger Wollpullover versus Baumwollhemd). <small>■ Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Wärmeströmung, Isolation</small>	
	b	» können mithilfe von Alltagsbeispielen zeigen, dass bei Energieumwandlungen fast immer ein Teil der Energie in thermische Energie umgewandelt wird. <small>■ Energieentwertung</small>	
	c	» können verschiedene Möglichkeiten der Speicherung und Bereitstellung elektrischer Energie benennen und beschreiben (z.B. Batterie, Schwungrad, Dynamo, Generatoren in Energiewerken).	TTG.2.B.1.5f
	d	» können verschiedene Formen der Energiebereitstellung recherchieren und diese vergleichend analysieren. <small>■ Erneuerbare und fossile Energieträger</small> » können den Wirkungsgrad von Energiewandlern vergleichen und bewerten (z.B. nicht nutzbare Energieformen, Inexistenz eines Perpetuum mobile).	TTG.2.B.1.5f
	e	» wissen, wie Energie unter verschiedenen Rahmenbedingungen gespeichert und transportiert werden kann und können jeweilige Vor- und Nachteile diskutieren.	
	f	» können die Erkenntnisse über Energie in Alltagssituationen anwenden und im Umgang mit Energieressourcen reflektiert handeln.	

Abbildung 3: Zweiter Teil des vierten Kompetenzbereichs im Fachbereichslehrplan zu Natur und Technik (SA FL, 2015, S.9)

Dieser Ausschnitt des Lehrplans verdeutlicht nicht nur die Bedeutung des fächerübergreifenden Unterrichts Natur und Technik, sondern zeigt auch, dass eine vollständige Integration aller Inhalte nicht immer in gleicher Weise realisierbar ist. Statt einer ausschließlich fächerübergreifenden Darstellung der Inhalte, werden bestimmte Themenbereiche identifiziert, die gezielte Phasen erfordern, in denen eine einzelne Naturwissenschaft im Fokus steht.

Allgemein verfolgt der fächerübergreifende Unterricht in Natur und Technik das Ziel, den Schüler:innen ein ganzheitliches Verständnis für naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu vermitteln und ihre Fähigkeiten zur Problemlösung sowie kritischen Analyse zu fördern. Jedoch erfordern die Vielschichtigkeit und Komplexität mancher Themen eine differenzierte Herangehensweise, bei der bestimmte Inhalte in spezifischen Phasen von einer Naturwissenschaft besonders fokussiert werden. Die gezielten Phasen ermöglichen es den Lehrkräften, die Lerninhalte zieltgerecht zu vermitteln und den

Schüler:innen eine vielseitige und anregende Lernumgebung zu bieten. Gleichzeitig bleibt der übergeordnete Charakter des fächerübergreifenden Unterrichts von Natur und Technik erhalten.

## 2.4.2 Energiebegriff in Chemie

Das Liechtensteinische Gymnasium hat aufgrund der unterschiedlichen Schwerpunkte zwei eigenständige Lehrpläne für Chemie entwickelt. Diese Unterscheidung ist notwendig, da die Lehr- und Lerninhalte, je nachdem ob es sich um das Grundlagen- oder Profilfach Chemie handelt, variieren.

Im Lehrplan für das Grundlagenfach Chemie, welches alle Schüler:innen für den Abschluss des Gymnasiums besuchen müssen, liegt der Fokus auf dem Energiebegriff vor allem beim Thema Stoffumwandlungen, welches in der fünften Stufe gelistet ist und in der sechsten Stufe beim Thema Redoxreaktionen (LG Grundlagenfach Chemie, o.D.). Der Lehrplan für das Profilfach Chemie ergänzt den Grundlagenlehrplan um spezifische Themen, die eine vertiefende und anspruchsvolle Auseinandersetzung mit dem Energiebegriff ermöglichen. Hier findet sich ein Abschnitt zur Reaktionskinetik<sup>16</sup>, in welchem Aktivierungsenergien und Katalysatoren behandelt werden. Zudem widmet sich ein weiterer Abschnitt der Energetik<sup>17</sup> inhaltlich mit dem detaillierten „Analysieren der Triebkraft chemischer Reaktionen und Berechnung von Energieumsätzen“. Im Kontext der Organischen Chemie<sup>18</sup> liegt ein Fokus auf fossilen Energieträgern, die eine bedeutende Rolle im Energiegeschehen unserer Gesellschaft spielen. Ein weiteres Thema, das im Profilfach Chemie behandelt wird, ist die Radioaktivität<sup>19</sup> (LG Chemie Profilfach, o.D.).

Durch diese differenzierte Ausgestaltung der Lehrpläne erhalten die Schüler:innen die Möglichkeit, sich je nach Interesse und individuellen Neigungen intensiver mit den Themen im Profilfach Chemie auseinanderzusetzen. Gleichzeitig wird im Grundlagenfach eine solide Basis geschaffen, die für alle Schüler:innen gleichermaßen relevant ist, unabhängig von späteren Schwerpunkten in Studium oder Beruf.

---

<sup>16</sup> Vierte und fünfte Stufe

<sup>17</sup> Vierte und fünfte Stufe

<sup>18</sup> Sechste Stufe

<sup>19</sup> Siebte Stufe

## 2.5 Fachchemische Definitionen

Die hier gewählten Fachchemischen Definitionen entsprechen grob dem Schulbuchinhalt zum Thema Energie, welches im Chemieunterricht der Sekundarstufe II am Liechtensteinischen Gymnasium verwendet wird. Das Schulbuch von Stieger (2018) „Elemente – Grundlagen der Chemie für Schweizer Maturitätsschulen“ wird während des gesamten Chemieunterrichts in der Sekundarstufe II als Lehrmittel verwendet. Die didaktische Aufbereitung und klare Struktur des Lehrmittels bieten eine kohärente und systematische Herangehensweise, um das Thema Energie zu vertiefen und zu erweitern. Insgesamt stellen die Inhalte eine qualitativ hochwertige und umfassende Vermittlung des Themas Energie dar. Die Schüler:innen erhalten dadurch eine gut fundierte Grundlage, um das Thema zu verstehen und anzuwenden.

### 2.5.1 Der Energiebegriff

Energie (griech. *energia* = Tatkraft) wurde in chemischen Literaturwerken schon 1597 im Werk *Alchemia* von Andreas Libavius erwähnt und unterscheidet zwischen Hand- und Prozesslehre sowie Apparaten- und Feuerkunde. Wissenschaftlich adäquat wurde der Energiebegriff im Jahr 1851 von William Thomson und 1853 von William John Macquorn Rankine beschrieben (Hopp, 2018, S. 358).

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Sie hat verschiedene Formen, dazu gehören kinetische Energie (Bewegungsenergie), elektrische Energie, Wärmeenergie oder chemische Energie. Die Einheit laut dem internationalen Einheitensystem (SI) für die Energie und die Arbeit ist 1 Joule<sup>20</sup> (Mortimer & Müller, 2019, S. 60).

### 2.5.2 Chemische Energetik

Die chemische Energetik befasst sich mit dem Energieumsatz von chemischen Reaktionen. Bei chemischen Reaktionen handelt es sich immer um Stoffumwandlungen, bei denen die Endstoffe neue Eigenschaften aufweisen. Zur chemischen Energetik gehören eine Reihe von Themen, die im Chemieunterricht der Sekundarstufe II behandelt werden. Diese werden im Folgenden kurz definiert.

---

<sup>20</sup>  $1\text{ J} = 1\text{ N} * \text{m} = 1\text{ kg} * \text{m}^2/\text{s}^2$

Der Energieumsatz bei chemischen Reaktionen wird thematisch zu der chemischen Thermodynamik bzw. Thermochemie zugeordnet. Der *1. Hauptsatz der Thermodynamik* ist das Energieerhaltungsgesetz: Energien werden umgewandelt, jedoch weder erzeugt, noch vernichtet. Bei chemischen Reaktionen kommt es zu einer Änderung der *inneren Energie U* eines Systems. Diese Reaktionsenergie ist die Energiedifferenz von Edukten<sup>21</sup> und Produkten<sup>22</sup> und wird als  $\Delta U$  bezeichnet. Das System kann offen, geschlossen oder isoliert sein und entsprechend mit seiner Umgebung reagieren, wodurch es zu einer Energieaufnahme oder -abgabe in Form von Wärme kommen kann. Die Aufnahme oder Abgabe von Wärme eines Systems bei konstantem Druck, die damit einhergehenden Veränderungen des Systems bezeichnet man als *Enthalpie H*. Die *Reaktionsenthalpie  $\Delta H$*  bezeichnet die Enthalpiedifferenzen zwischen Edukten und Produkten. Sie ist der Wert, der bei chemischen Reaktionen gemessen werden kann. Der absolute Wert der Enthalpie ist weder mess- noch berechenbar. Gibt das System während der Reaktion Energie ab, ist  $\Delta H$  negativ ( $\Delta H < 0$ ). Reaktionen unter Wärmeabgabe werden als *exotherme Reaktionen* bezeichnet. Brennbare Stoffe, die mit Sauerstoff reagieren, geben *Verbrennungswärme* frei. Wird hingegen Energie vom System aufgenommen, ist  $\Delta H$  positiv ( $\Delta H > 0$ ). Diese Reaktionen benötigen eine Wärmeaufnahme und werden als *endotherme Reaktionen* bezeichnet. Laut dem *Satz von Hess* ist die Enthalpieänderung  $\Delta H$  die Summe aller Enthalpieänderungen der einzelnen Reaktionsschritte. Dabei wird nur die Gesamtenthalpieänderung von Anfangs- und Endzustand berücksichtigt, nicht jedoch die der Teilreaktionen. Somit ist der „Weg“ der Reaktion vernachlässigbar. Die *Standard-Bildungsenthalpie  $\Delta H_f^0$*  ist die Enthalpieänderung  $\Delta H$ , die benötigt wird, um bei Standardbedingungen<sup>23</sup> 1 mol einer Verbindung aus den Elementen zu bilden. Demgegenüber steht die Bindungsenthalpie. Sie gibt an, welche Energie aufgewendet werden muss, um eine chemische Bindung zu spalten (Mortimer & Müller, 2019, S. 327f.; ebd., S. 59).

Der *2. Hauptsatz der Thermodynamik* bezieht sich auf die Richtung der Energieübertragung eines Prozesses sowie damit, ob eine Reaktion von selbst, also freiwillig, ablaufen kann. Eine solche Reaktion wird als *spontaner Prozess* bezeichnet.

---

<sup>21</sup> Auch Reaktanten; Ausgangsstoffe chemischer Reaktionen

<sup>22</sup> Endstoffe chemischer Reaktionen

<sup>23</sup> Temperatur T = 298,15 K, Druck p = 101325 Pa (= 1 bar), c = 1 mol/L

Von Bedeutung hierfür ist die *Entropie S*. Sie gibt an, welches Maß an Unordnung ein System innehat, wobei die Entropie größer ist, je weniger Ordnung im System vorliegt. Bei spontanen Prozessen wird diese Unordnung, also die Entropie, vergrößert. Der neu erreichte Zustand hat eine geringere Ordnung. Reaktionsabläufe werden durch die Enthalpie und Entropie des Systems bestimmt. In Kombination mit der absoluten Temperatur ergibt sich daraus die *freie Enthalpie ΔG*. Diese wird mittels der *Gibbs-Helmholz-Gleichung* berechnet. Die freie Reaktionsenthalpie ergibt sich aus der Differenz der Reaktionsenthalpie und dem Produkt aus absoluter Temperatur und Reaktionsentropie<sup>24</sup>. Wenn die freie Reaktionsenthalpie negativ ( $\Delta G < 0$ ) ist, läuft die Reaktion freiwillig ab. Wenn sie positiv ( $\Delta G > 0$ ) ist, läuft die Reaktion nicht freiwillig ab (ebd., S. 329ff.).

Neben der Frage, ob eine Reaktion freiwillig oder unter Energiezufuhr ablaufen kann, wird im Bereich der *Reaktionskinetik* auch der Reaktionsverlauf und die Reaktionsgeschwindigkeit untersucht. Zusammenfassend ist die Reaktionsgeschwindigkeit abhängig von Stoffkonzentrationen, Druck, Reaktionstemperatur, Zerteilungsgrad und Oberflächenvergrößerung sowie dem Katalysator. Jede Reaktion hat eine *Aktivierungsenergie*, die überwunden werden muss, damit sie ablaufen kann. Um diese herabzusenken bzw. die Geschwindigkeit einer Reaktion zu beschleunigen, können *Katalysatoren* verwendet werden, welche selbst bei der Reaktion nicht verbraucht werden. Biochemische Katalysatoren werden Enzyme genannt (ebd., S. 251ff.)

### 2.5.3 Elektrochemie

Die Elektrochemie beschäftigt sich mit Reduktions-Oxidations-Vorgängen, kurz *Redoxreaktionen*. Redoxreaktionen sind Elektronenübertragungsreaktionen, wobei die Reduktion und die Oxidation immer gekoppelt stattfinden. Bei der Oxidation findet eine Elektronenabgabe, bei der Reduktion eine Elektronenaufnahme statt. Die Abgabe der Teilchen kann also nur stattfinden, wenn diese auch wieder aufgenommen werden. Die Wechselwirkung zwischen diesen chemischen Prozessen und elektrischer Energie spielt in der Elektrochemie eine wesentliche Rolle. So kann in einer *galvanischen Zelle*

---

<sup>24</sup>  $\Delta G = \Delta H - T^* \Delta S$

durch die Redoxreaktion elektrische Energie gewonnen werden, wogegen eine *Elektrolyse* elektrische Energie nutzt, um eine chemische Umwandlung zu generieren. Galvanische Zellen bestehen aus zwei verschiedenen Elektroden und einem Elektrolyten. Sobald die Bestandteile der galvanischen Zelle mit einem Elektronenleiter in Verbindung stehen, kann elektrischer Strom geleitet werden. Dabei finden die Halbreaktionen von Oxidation und Reduktion jeweils an einer Elektrode statt, wobei die dadurch erzeugte Elektronenübertragung über den äußeren Stromkreis läuft.

Die meisten transportablen Geräte, welche mit Strom laufen, funktionieren mittels galvanischer Zellen. Man unterscheidet hier zwischen *Primär- und Sekundärzellen*<sup>25</sup>. Primärzellen können nur einmal entladen werden, dagegen sind Sekundärzellen (*Akkumulatoren*) wiederaufladbar. Für das Wiederaufladen wird eine äußere Gegenspannung angelegt, wodurch die Reaktion zwischen den Elektroden umgekehrt wird und das Gerät mit dem Akkumulator wiederverwendbar ist.

Elektrische Energie kann auch durch die Verbrennungsenergie von Brennstoffen generiert werden. In *Brennstoffzellen* wird die chemische Energie der Brennstoffe direkt in elektrische Energie umgewandelt und wird nicht gespeichert. Als Brennstoffe dienen beispielsweise Wasserstoff (H), Kohlenstoffmonoxid (CO) oder Methan (CH<sub>4</sub>). Diese Form der Energieumwandlung hat in der Praxis einen *Wirkungsgrad* von ca. 50%, unter Laborbedingungen bis zu 70% (ebd., S. 340ff.). Der Wirkungsgrad gibt das Verhältnis zugeührter zu genutzter Energie an. Bei jeder Energieumwandlung kommt es zu einem gewissen Grad zu einer Verlustleistung (Hopp, 2018, S. 406).

## 2.5.4 Kraftwerke

Fossile Brennstoffe sind Primärenergieträger. Dazu gehören beispielsweise Kohle, Erdöl und Erdgas. Neben den fossilen Energieträgern zählen auch radioaktive Stoffe wie Uran-235-oxid zu den primären, nicht regenerativen Energieträgern.

Ein Großteil der Stromversorgung wird durch *Wärmekraftwerke* generiert. Dazu gehören Dampfkraftwerke, bei welchen chemische Energie durch die Verbrennung von fossilen Energierohstoffen mitsamt der Erhitzung von Wasser in Wärmeenergie umgewandelt wird. Diese Wärmeenergie wird wiederum in Bewegungsenergie umgesetzt, welche für

---

<sup>25</sup> Auch als Primär- und Sekundärbatterien oder Primär- und Sekundärelemente bezeichnet.

den Antrieb von Turbinen und weitere Übertragung an Generatoren (Stromerzeuger) gebraucht wird. Ein weiterer Hauptbestandteil eines Wärmekraftwerks ist der Kondensator (Abkühler) (ebd., S. 408f.).

Bei der *Kernenergie* wird die Bindungsenergie von Atomkernen, also die innere Energie, die für die Stabilität der Atomkerne charakteristisch ist, hergenommen. Die Kerne unterlaufen Kernreaktionen, bei denen es entweder zur Kernverschmelzung oder zur Kernspaltung kommt. Die dabei freiwerdende Energie wird ebenfalls in Form von Wärme weiter umgesetzt (ebd., S. 393). Zu den Kernumwandlungsvorgängen gehören auch *radioaktive Zerfälle*. Dabei werden instabile Atomkerne durch das Aussenden von Strahlung in stabilere Kerne umgewandelt. *Radioaktivität* beschreibt allgemein die Eigenschaft eines instabilen Atomkerns sich umzuwandeln, dabei Energie abzugeben und Strahlung auszusenden (Mortimer & Müller, 2019, S. 593).

Regenerative Energieträger wie Wasser, Wind und Sonne können in den entsprechenden Kraftwerken ebenfalls in elektrische Energie umgewandelt werden. Diese werden häufig auch als „erneuerbare Energien“ bezeichnet, was fachlich nicht korrekt ist. Nach den Hauptsätzen der Thermodynamik ist eine Erneuerung von Energie per se nicht möglich. Die Energieformen werden lediglich ineinander umgewandelt. Das besondere sind die regenerativen Energieträger, die unendlich vorhanden sind oder in kurzer Zeit nachwachsen (Hopp, 2018, S. 408).

## **2.6 Verwendung des Energiebegriffs aus der Sekundarstufe II im Lehrwerk des Natur und Technik-Unterrichts der Sekundarstufe I**

Der Lehrplan der Sekundarstufe I für Natur und Technik gibt einen angemessenen Einblick über die Verwendung des Energiebegriffs. Im Weiteren wird hier auf die Inhalte der Lehrmittel des Liechtensteinischen Unterstufengymnasiums im Fach Natur und Technik genauer eingegangen, um einen Überblick davon zu gewährleisten, welche Grundlagen die Schüler:innen in den Chemieunterricht der Sekundarstufe II zum Energiebegriff mitnehmen und inwiefern diese im fächerübergreifenden Stil aufgearbeitet sind.

Die dreijährige Sekundarstufe I verwendet für jede Schulstufe ein separates Schulbuch im Natur und Technik-Unterricht. In der ersten Schulstufe wird das Lehrbuch „NaTech 7“ von Brückmann et al. (2020) verwendet, das speziell auf die Bedürfnisse der Schüler:innen dieser Altersgruppe zugeschnitten ist. In der zweiten Schulstufe kommt das Schulbuch „NaTech 8“ von Metzger et al. (2021) zum Einsatz, welches eine weiterführende, vertiefende Auseinandersetzung im Fach Natur und Technik ermöglicht. Die Schüler:innen aus der dritten Stufe greifen auf das Lehrbuch „NaTech 9“ von Metzger et al. (2021) zurück, welches sie in ihrem Wissensstand auf eine noch anspruchsvollere Ebene bringt und auf den Übergang zur Sekundarstufe II vorbereitet. Diese Schulbücher bieten eine dem LiLe angepasste Zusammenstellung der Lehrinhalte und fördern das Verständnis für den Energiebegriff durch vernetzende Erläuterungen, anschauliche Beispiele und praxisnahe Aufgaben.

Im Lehrmittel der ersten Schulstufe „NaTech 7“ von Brückmann et al. (2020) wird die Energie als fünftes von sieben Kapiteln behandelt. Im Kapitel „Energie erkunden“ liegt der Fokus auf dem Energieerhaltungs- bzw. umwandlungskonzept. Es werden eine Reihe an Energieformen genauer erläutert, wobei auf die chemische Energie nur kurz eingegangen wird. Als vernetzendes Beispiel wird eine Energieumwandlungskette mit dem Glühwürmchen beschrieben, bei dem chemische Energie in Strahlungsenergie und thermische Energie umgewandelt wird (Brückmann et al., 2020, S. 79). Zusätzlich dazu wird die Speicherung und Nutzung von Energie behandelt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf organischen Substanzen, die chemische Energie speichern und sie unter anderem dem Menschen zur Verfügung stellen können (ebd., S. 81). Thermodynamische

Grundlagen werden an dieser Stelle mit physikalischen Phänomenen wie der Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung behandelt (ebd., S. 82).

Die nächsten Bezüge zum Energiekonzept finden sich im selben Werk beim letzten Kapitel „Chemische Reaktionen untersuchen“ wieder. Die Prozesse der Enthalpie, Entropie und Reaktionskinetik werden, ohne dass die Begriffe als Solche genannt werden, im Buch altersgerecht erklärt (ebd., S. 114f.). Auch die ersten Grundzüge der Elektrochemie zu Aufbau und Funktion von Akkumulatoren finden in diesem Kapitel Gebrauch (ebd., S. 116). Als vernetzendes Experiment zur Untersuchung chemischer Reaktionen wird das Fotosynthese Experiment nach Joseph Priestley<sup>26</sup> genauer erläutert (ebd., S. 117).

Im Schulbuch „NaTech 8“ von Metzger et al. (2021), Lehrmittel der zweiten Stufe, findet sich das Energiekonzept schon im ersten Kapitel „Stromkreise untersuchen“. Grundsätzlich ist das Kapitel Physik zentriert. Jedoch wird die chemische Wirkung von elektrischem Strom beim Thema Galvanisierung kurz erklärt (Metzger et al., 2021, S. 17). Auch Generatoren, wie sie bei Wärmekraftwerken in Verwendung sind, werden in diesem Kapitel näher erläutert (ebd., S. 21).

Das dritte Kapitel „Funktionen des Körpers analysieren“ ist sehr Biologie zentriert. Allerdings wird zu Beginn gleich die Energiespeicherung durch Nahrung sowie die enzymatische Zerkleinerung derer im Verlauf der Verdauung behandelt (ebd., S. 48f.). Ein besonderer Fokus auf chemische Themen hat das vierte Kapitel „chemische Reaktionen erforschen“. Es werden Verbrennungen mit Bezügen zur menschlichen Nutzung des Feuers, Redoxreaktionen und Elektrolysereaktionen erläutert. Die Begriffe Aktivierungsenergie, exotherm und endotherm werden in diesem Kapitel am Beispiel der Thermitreaktion<sup>27</sup> und der Elektrolyse genauer definiert. (ebd., S. 73ff.).

Redoxreaktionen werden in der dritten Stufe im Schulbuch „NaTech 9“ von Metzger et al. (2021) beim zweiten Kapitel „Atommodelle nutzen“ noch genauer definiert. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf Batterien und Akkumulatoren und der durch die chemischen Reaktionen gewährleistete elektrische Strom (Metzger et al., 2021, S. 32ff.).

---

<sup>26</sup> Der britische Pfarrer Joseph Priestley (1733 – 1804) hat mit einem Experiment die Grundphänomene der Fotosynthese beschrieben. Er fand heraus, dass Kerze und Maus aufgrund von „verdorbener Luft“ unter einer geschlossenen Glasglocke nicht überleben können. Mit einer Topfpflanze gelang es aber, dass die Maus und kurz auch die Kerze unter der Glasglocke überleben. Die Pflanze musste also ein Gas abgeben, welches die „verdorbene Luft“ reinigen kann.

<sup>27</sup>  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$

Radioaktivität und Kernenergie wird im Anschluss und zum Abschluss dieses Kapitels behandelt (ebd., S. 36f.).

Im vierten Kapitel „Energie und Leistung erfassen“ werden Wärmekraftwerke und ihre Funktionsweise behandelt (ebd., S. 62f.).

Allgemein ist auffallend, dass chemische Inhalte bei den Biologie oder Physik zentrierten Kapiteln mehr eine Rolle spielen, als biologische oder physikalische Inhalte bei Chemie zentrierten Kapiteln.

Die tatsächliche Realisierung des vollen Potenzials der Vernetzung hängt maßgeblich von der spezifischen Implementierung des integrativen Fachunterrichts auf Unterrichtsebene ab. In der Praxis trifft man auf verschiedene Umsetzungsansätze, die sequenziell oder epochenartig jeweils Schwerpunkte in den Bereichen Chemie, Biologie oder Physik setzen und sich auf die spezifischen fachbezogenen Inhalte eines eigentlich zusammenhängenden Themas beschränken. In dieser Herangehensweise liegt eher eine Betonung der fachspezifischen Konzepte vor, was mehr den Charakter eines interdisziplinären Ansatzes hervorhebt, der sich über verschiedene Fachrichtungen hinwegspannt, anstatt eine echte umfassende Vernetzung zu erreichen (Labudde & Schecker, 2021, S. 444).

### **3. Untersuchungsdesign**

#### **3.1 Methodik der Umfrage**

Für die Umfrage wurden zwei Fragebögen erstellt. Zuerst wurde sich dem Fragebogen für die Schüler:innen gewidmet, worauf aufbauend der Fragebogen für das Experteninterview<sup>28</sup> erstellt wurde. Dies soll eine einfachere Gegenüberstellung der beiden Fragebögen für die Auswertung der Daten zum Ziel haben.

Nach Fertigstellung der Fragebögen wurde Kontakt mit dem Schulamt Liechtenstein aufgenommen, um die Einverständniserklärung zur Durchführung der Umfrage einzuholen. Das Schulamt Liechtenstein stellt seit 2023 einen offiziellen Leitfaden zum Umgang mit Anfragen zur Datenerhebung an Liechtensteinischen Schulen zur Verfügung. Der mit 2023 ins Leben gerufene und somit sehr neue Leitfaden soll es ermöglichen, die Vielzahl an Anfragen für Umfragen an Liechtensteinischen Schulen besser einzuteilen und zu planen (Schulamt Liechtenstein, 2023). Um den Anforderungen des Leitfadens gerecht zu werden, wurde bei der Anfrage ans Schulamt genauestens die schulische Relevanz der Umfrage sowie die Anmeldung der Arbeit an der Universität Wien und die Fragebögen selbst mitgesandt. Innert der Frist von zehn Tagen, wurde der Anfrage zugestimmt und das weitere Vorhaben besprochen.

##### **3.1.1 Datenerhebung des Schüler:innenfragebogens**

Die Befragung zum vernetzenden naturwissenschaftlichen Denken der Schüler:innen der Sekundarstufe II am Liechtensteinischen Gymnasium fand im November 2023 online über Microsoft Forms statt. MS Forms wurde gewählt, weil es sich um ein Fragebogentool handelt, welches die Schüler:innen gut kennen<sup>29</sup>. Der Fragebogen beinhaltet keine offenen Fragen. Es wurde eine Reihe an verschiedenen

---

<sup>28</sup> Hier wird bewusst das generische Maskulinum gewählt, da das Interview mit dem männlichen Fachvorstand für Chemie am Liechtensteinischen Gymnasium durchgeführt wurde.

<sup>29</sup> Vor Erstellung des Fragebogens wurde mit einer Lehrperson des Liechtensteinischen Gymnasiums Rücksprache gehalten, wobei darauf hingewiesen wurde, dass der Fragebogen für eine solche Umfrage am besten mit Microsoft Forms erstellt werden soll. Alle Schüler:innen in Liechtenstein bekommen zum Einstieg in die Sekundarstufe I bis zur Beendigung ihrer jeweiligen Schulzeit einen Laptop, welcher mit dem Betriebssystem Windows 10 läuft.

Befragungsmethoden mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten gewählt, um eine schnelle Beantwortung sowie eine eindeutige Auswertung zu ermöglichen.

Der Fragebogen ist in vier Abschnitte gegliedert beginnend mit vier Items zu den Soziodemografischen Angaben der Schüler:innen. Diese beinhalten deren Geschlecht, ihre aktuelle Schulstufe, ihr gewähltes Schulprofil und ob sie Chemie als Profil- oder Grundlagenfach haben. Im Weiteren dient der zweite Abschnitt mit den Items 5 - 8 den allgemeinen Erfahrungen zum Thema „Energie als Unterrichtsthema“. Item 5 ist eine Mehrfachauswahl, wohingegen für die Items 6 – 8 eine vierstufige Likert-Skala nach Likert (1932, S. 5ff.) gewählt wurde (1 = trifft zu, 2 = trifft eher zu, 3 = trifft eher nicht zu, 4 = trifft nicht zu).

Im dritten Abschnitt des Fragebogens werden für die Items 9 – 29 fachliche Fragen zum Energiebegriff behandelt. Dafür wurde ein Multiple-Choice-Verfahren mit vier Distraktoren gewählt, bei dem mindestens eine und maximal vier Antworten richtig, somit die Attraktoren der jeweiligen Fragen, sein können. Die unterschiedliche Anzahl an Distraktoren und Attraktoren soll die Vielseitigkeit des vernetzenden Denkens überprüfen. Die fachlichen Fragen wurden so gewählt, dass sie vom Inhalt her aus der Sekundarstufe I bekannt sein müssten und durch Unterrichtsinhalte im Fach Chemie aus der Sekundarstufe II erweitert wurden. Dabei wurde sich stark an den Inhalten der am Liechtensteinischen Gymnasium verwendeten Lehrmittel orientiert. Spezielles Augenmerk wurde inhaltlich auf das Lehrwerk der Sekundarstufe I gelegt, wobei die begriffliche Erweiterung, welche im Lehrwerk der Sekundarstufe II behandelt wird, miteinbezogen wurde. Allgemein wurde bei den Fragen darauf geachtet, dass das Fach Chemie im Vordergrund steht, wobei Bezüge zu den Fächern Biologie und/oder Physik genommen wurden. Teilweise beschäftigen sich die Fragen mit allen drei Naturwissenschaften oder aber mit einer Kombination aus Chemie und Biologie versus Chemie und Physik.

Der vierte und letzte Abschnitt mit den Items 30 – 42 beschäftigt sich mit einer Selbsteinschätzung der Schüler:innen zu den fachlichen Fragen aus Abschnitt drei sowie allgemeinen Erfahrungen zum fächerübergreifenden/vernetzenden Unterricht. Für diesen Abschnitt wurde eine vierstufige Likert-Skala (1 = trifft zu, 2 = trifft eher zu, 3 = trifft eher nicht zu, 4 = trifft nicht zu) gewählt (ebd.).

Die vierstufige Likert-Skala in diesem Schüler:innenfragebogen soll verhindern, dass eine neutrale Antwortmöglichkeit geboten wird und die Schüler:innen somit bei der Beantwortung der Fragen zu einer positiven oder negativen Tendenz geleitet werden.

### **3.1.2 Datenerhebung des Experteninterviews**

Die Fragen für das Experteninterview sind in vier Abschnitte gegliedert. Im ersten Abschnitt werden die soziodemografischen Daten erhoben (Alter, Geschlecht). Im zweiten Abschnitt folgen allgemeine Fragen zur Person, welche die Arbeit als Lehrperson und die damit verbundenen Erfahrungen im Vordergrund sehen. Der dritte Abschnitt widmet sich einer Abschätzung der Lehrperson zum vernetzenden Denken der Schüler:innen. Hierfür wurden die Fragen mit einer Skala von 1 – 10 gewählt, um eine klarere Auswertung zu ermöglichen. Der vierte und letzte Abschnitt behandelt acht Fragen in direktem Zusammenhang mit den Items 30 – 42 des vierten Abschnitts des Schüler:innenfragebogens. Das Interview selbst wird hier nicht separat ausgewertet, sondern direkt den Ergebnissen des Schüler:innenfragebogens gegenübergestellt. Das gesamte transkribierte Interview, welches am 26.10.2023 noch vor der Befragung der Schüler:innen durchgeführt wurde, befindet sich in Anhang 3 dieser Arbeit.

## **4. Auswertung der Untersuchungsergebnisse**

Die Ergebnisse der Untersuchung werden in diesem Kapitel vorgestellt. Nach Beendigung der Umfrage Ende November 2023 wurden die Daten von MS Forms direkt in einem Microsoft Excel Dokument weiterbearbeitet, um sie für die statistische Auswertung entsprechend zu transkribieren. Die Weiterverarbeitung wurde mit dem Programm JASP durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse werden in der Reihenfolge des Fragebogens dargelegt. Für die Auswertung werden zum einen die einzelnen Schulstufen untereinander verglichen und die Antworten von Schüler:innen des Profils „Mathematik und Naturwissenschaften“<sup>30</sup> mit den anderen Profilen genauer betrachtet.

### **4.1 Erster Teil des Fragebogens**

#### **4.1.1 Soziodemografische Angaben der Schüler:innen**

Insgesamt haben 172 Schüler:innen an der Umfrage teilgenommen. Dabei waren alle Stufen der Sekundarstufe II vertreten. In den Schulstufen vier und sieben wurden nur Schüler:innen vom M-Profil befragt, da Schüler:innen von anderen Profilen keinen Chemieunterricht in diesen Schulstufen haben.

Beim ersten Teil des Fragebogens konnten die Schüler:innen jeweils nur eine Antwortmöglichkeit auswählen.

*Tabelle 1: Allgemeine Informationen aller Teilnehmenden.*

Schulstufe	Summe	Männlich	Weiblich	Nicht-binär
<b>4</b>	14	6	7	1
<b>5</b>	58	25	32	1
<b>6</b>	82	35	46	1
<b>7</b>	18	14	4	0

---

<sup>30</sup> Weiter M-Profil genannt.

Tabelle 2: Allgemeine Informationen der Teilnehmenden pro Schulstufe und Profil

Profil	Summe	Männlich	Weiblich	Nicht-binär
<i>Schulstufe 4</i>				
Mathematik & Naturwissenschaften	14	6	7	1
<i>Schulstufe 5</i>				
Mathematik & Naturwissenschaften	21	13	7	1
Wirtschaft & Recht	17	7	10	0
Neue Sprachen	16	3	13	0
Kunst, Musik, Pädagogik	3	1	2	0
Lingua	1	1	0	0
<i>Schulstufe 6</i>				
Mathematik & Naturwissenschaften	4	3	1	0
Wirtschaft & Recht	41	25	15	1
Neue Sprachen	23	6	17	0
Kunst, Musik, Pädagogik	14	1	13	0
<i>Schulstufe 7</i>				
Mathematik & Naturwissenschaften	18	14	4	0

In der sechsten Schulstufe haben nur vier Schüler:innen vom M-Profil bei der Befragung teilgenommen. Da in der vierten und siebten Stufe dieses Profils eine ähnliche Anzahl an Schüler:innen teilgenommen hat, wird der Fokus bei der Auswertung auf diese Stufen gelegt. Zusätzlich sticht das Profil „Lingua“ heraus, da es hierfür nur eine Antwort gibt. Diese zählt bei der Auswertung zu den Daten der „restlichen Profile“.

## 4.2 Zweiter Teil des Fragebogens

### 4.2.1 Allgemeine Fragen zum Thema Energie als Unterrichtsthema

#### Frage 5 des Fragebogens

Bei dieser Frage gaben die Schüler:innen mithilfe einer Mehrfachauswahl an, an welche Fächer (Chemie, Physik, Biologie, Natur und Technik) sie denken, wenn sie das Wort Energie hören.

Tabelle 3: Zusammenfassung Ergebnisse Frage 5 aufgeteilt nach Stufen und Profilen

Schulstufe	Chemie	Physik	Biologie	Natur und Technik
<i>Profil: Mathematik und Naturwissenschaften</i>				
4 (N = 14)	71%	57%	14%	50%
5 (N = 21)	75%	60%	5%	10%
6 (N = 4)	75%	100%	50%	75%
7 (N = 18)	22%	100%	22%	11%
<i>Profil: Wirtschaft und Recht</i>				
5 (N = 17)	28%	78%	11%	56%
6 (N = 41)	51%	68%	27%	22%
<i>Profil: Neue Sprachen</i>				
5 (N = 16)	81%	56%	0%	31%
6 (N = 23)	30%	65%	22%	13%
<i>Profil: Kunst, Musik, Pädagogik</i>				
5 (N = 3)	67%	33%	0%	33%
6 (N = 14)	64%	64%	7%	43%
<i>Profil: Lingua</i>				
5 (N = 1)	100%	100%	100%	100%

Den Energiebegriff bringen die Schüler:innen aus den verschiedenen Stufen und Profilen in sehr unterschiedlichem Maße mit den jeweiligen Fächern in Verbindung. Über 70% der Befragten vom M-Profil bringen von der vierten bis zur sechsten Stufe das Fach Chemie mit dem Energiebegriff in Verbindung. In der siebten Stufe sind es in diesem Profil noch 22%. Im Gegensatz dazu haben die Befragten mit zunehmender Stufe

vermehrt das Fach Physik angegeben, welches sie mit dem Energiebegriff in Verbindung setzen (57 – 100%).



Abbildung 4: Ergebnisvergleich von Frage 5 aller Befragten (Microsoft Forms)

Ein ähnlicher Trend zeigt sich, wenn man alle Ergebnisse miteinander vergleicht. Hier sind die Fächer Chemie und Physik gleichauf mit jeweils 119 Angaben, wohingegen nur 29 Schüler:innen Biologie angegeben haben. Natur und Technik liegt mit 49 Angaben etwa in der Hälfte.

Eine weitere Untersuchung wurde auf Korrelation durchgeführt. Mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests wurde gezeigt, dass die Daten nicht normalverteilt sind. Deshalb wurde mit dem Spearman-Rho-Test auf Korrelationen zwischen den Angaben zu den einzelnen Fächern geprüft (Tabelle 4). Dabei gibt der berechnete p-Wert an, wie wahrscheinlich die Korrelation zufällig ist. Wenn der p-Wert unter dem festgelegten Signifikanzniveau liegt ( $p < 0,05$ ), ist die beobachtete Korrelation statistisch signifikant.

Tabelle 4: Spearmans Korrelationen für Frage 5

#### Spearmans Korrelationen

	n	Spearmans Rho	p
Chemie - Physik	172	-0.360 ***	< .001
Chemie - Biologie	172	0.057	0.460
Chemie - Natur und Technik	172	-0.042	0.582
Physik - Biologie	172	0.065	0.396
Physik - Natur und Technik	172	-0.109	0.155
Biologie - Natur und Technik	172	0.197 **	0.009
Biologie - Natur und Technik	116	0.098	0.299
Biologie - Natur und Technik	56	0.421 **	0.001

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

Schüler:innen, die angegeben haben, dass sie den Energiebegriff mit Chemie in Verbindung setzen, gaben selbes auch für das Fach Physik an ( $p = 0,001$ ). Es gibt allerdings keine signifikanten Rangkorrelationen nach Spearman, bei welchen die Schüler:innen den Energiebegriff mit Chemie oder Physik in Verbindung bringen und gleichzeitig an die Fächer Biologie oder Natur und Technik denken. Ein interessanter Unterschied zwischen Schüler:innen des M-Profil (n = 56) und den restlichen Profilen ist, dass sobald Schüler:innen den Energiebegriff mit Biologie in Verbindung bringen, tun sie dies auch mit dem Fach Natur und Technik ( $p = 0,009$ ). Für Schüler:innen der restlichen Profile (n = 116) ist bei dieser Fachkombination keine Korrelation ersichtlich ( $p = 0,299$ ).

### Frage 6 des Fragebogens

Frage 6 besteht aus drei Items, welche sich mit allgemeinen Aussagen zum Thema Energie und den einzelnen Fächern auseinandersetzt. Dafür wurde auf eine Likert-Skala zurückgegriffen. Für die Auswertung wurden die Prozentsätze und die Mittelwerte der Aussagen berechnet. Mittelwerte unter 2,5 stimmen den Aussagen (eher) zu wohingegen Mittelwerte über 2,5 den Aussagen (eher) nicht zustimmen.

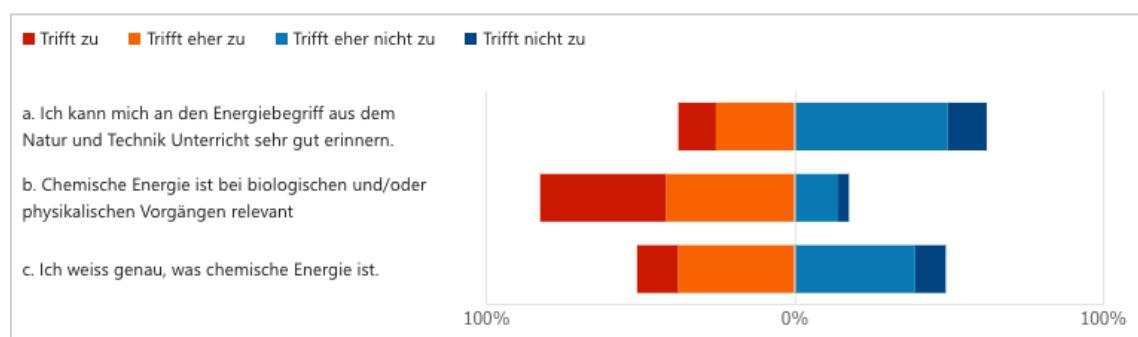


Abbildung 5: Ergebnisse Frage 6 (Item 6 – 8) (Microsoft Forms)

Mehr als die Hälfte der Befragten (62,2%) gaben an, sich an den Energiebegriff aus dem Natur und Technik-Unterricht (eher) nicht sehr gut erinnern zu können. Mit einem Mittelwert von 1,86 gaben die meisten Schüler:innen der vierten Stufe aus dem M-Profil an, sich (eher) daran erinnern zu können. In der siebten Stufe desselben Profils liegt der Mittelwert bei 3,11. Bei den Schulstufen fünf und sechs liegen die Mittelwerte im Bereich von 2 – 3.

82,6% der Befragten haben angegeben, dass chemische Energie bei biologischen und/oder physikalischen Vorgängen relevant ist. Schüler:innen des M-Profiles aller Stufen stimmten dieser Aussage mit einem Mittelwert von 1,63 zu.

Die Angaben zu „ich weiß genau, was chemische Energie ist“ zeigen, dass Schüler:innen des M-Profiles mit zunehmender Schulstufe, der Aussage eher zugestimmt haben. In der siebten Stufe liegt der Mittelwert hierzu bei 1,83. Von den anderen Profilen nimmt die Tendenz der Zustimmung mit zunehmender Stufe ab. Der Mittelwert liegt hier in der sechsten Stufe bei 2,76. Die Tendenzen von Aussage a und c korrelieren bei den restlichen Profilen ( $r_s = 0,287$ ;  $p = 0,002$ ).

## 4.3 Dritter Teil des Fragebogens

### 4.3.1 Fachliche Fragen

Die fachlichen Fragen des Fragebogens werden in diesem Teil genauer analysiert. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf der Unterscheidung zwischen den Antworten von Schüler:innen aus dem M-Profil und den restlichen Profilen. Auch die Stufen wurden bei der Auswertung miteinander verglichen. Besonderes Augenmerk wurde hier auf den Vergleich von Stufe 4 und Stufe 7 des M-Profiles gelegt, da laut Aussagen des Experten vom Interview die Beantwortung der fachlichen Fragen mit zunehmender Schulstufe häufiger richtig sein wird (siehe Anhang 3; Zeile 235 – 237).

Die Antworten der fachlichen Fragen wurden von MS Forms auf MS Excel in ein binäres Zahlensystem transkribiert. Dafür wurde jede Antwortmöglichkeit, die gewählt wurde, mit einer 1 versehen, sonst mit einer 0. Diese Transkription wurde weiter mithilfe von JASP als deskriptive Statistik ausgewertet. Die tabellarischen Visualisierungen dazu zeigen die Anzahl an gültigen Stimmen, die Mittelwerte und deren Standardabweichungen. Die Mittelwerte ergeben sich jeweils daraus, wie oft die Antwortmöglichkeit im Verhältnis zu den Gesamtstimmen gewählt wurde. Aufgrund des binären Zahlensystems sind die Mittelwerte immer  $< 1$ . Für die Beschreibung der Ergebnisse aus den Tabellen wurde auf die prozentualen Anteile der jeweiligen Antwortmöglichkeiten, berechnet aus dem Mittelwert<sup>31</sup>, zurückgegriffen. Die Attraktoren

---

<sup>31</sup> Mittelwert \* 100 = %

der Fragen sind bei den Tabellen in grüner Schriftfarbe hervorgehoben. Im Sinne einer übersichtlicheren Visualisierung wurden die Antwortmöglichkeiten in den Tabellen abgekürzt. Die genauen Formulierungen des gesamten Schüler:innenfragebogens findet man in Anhang 1 dieser Arbeit.

Bei den Auswertungen wurden teilweise nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Stufen festgestellt, weshalb auf diese bei den entsprechenden Fragen nicht genauer eingegangen wird. Zudem wurden manche Auffälligkeiten aus den Berechnungen mit passenden Aussagen des Experteninterviews gegenübergestellt.

### **Frage 7 des Fragebogens – Endotherme Reaktionen**

Bei dieser Frage geht es um das Erkennen von endothermen chemischen Reaktionen. Die korrekten Antworten der Frage sind „Fotosynthese“ und „Brausetablette in Wasser lösen“. Die Distraktoren dieser Frage sind „Erhitzen von Wasser“ und „Schmelzen von Eis“, da es sich hier nicht um chemische Reaktionen handelt, sondern um physikalische Zustandsänderungen.

Tabelle 5: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 9

	Fotosynthese	Erhitzen von Wasser	Schmelzen von Eis	Brausetablette
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.756	0.564	0.343	0.314
Standardabweichung	0.431	0.497	0.476	0.465

Drei Viertel aller Schüler:innen (75,6%; 130 von 172) gaben an, dass Fotosynthese eine endotherme Reaktion ist. Mit knapp einem Drittel (31,3%; 54 von 172) fiel die Wahl auf die zweite richtige Antwort deutlich geringer aus. Im M-Profil der vierten Stufe wählten 64,3% (9 von 14) „Fotosynthese“ und 28,6% (4 von 14) „Brausetablette in Wasser lösen“. In der siebten Stufe desselben Profils wählten 83,3% (15 von 18) „Fotosynthese“ und 11,1% (2 von 18) „Brausetablette in Wasser lösen“.

Tabelle 6: Ergebnisse M-Profil aller Stufen für Item 9

M-Profil	Fotosynthese	Erhitzen von Wasser	Schmelzen von Eis	Brausetablette
Gültig	56	56	56	56
Mittelwert	0.821	0.643	0.464	0.214
Standardabweichung	0.386	0.483	0.503	0.414

Tabelle 7: Ergebnisse restliche Profile aller Stufen für Item 9

<b>Restliche Profile</b>	<b>Fotosynthese</b>	<b>Erhitzen von Wasser</b>	<b>Schmelzen von Eis</b>	<b>Brausetablette</b>
Gültig	116	116	116	116
Mittelwert	0.724	0.526	0.284	0.362
Standardabweichung	0.449	0.501	0.453	0.483

Die Destraktoren wurden von Schüler:innen des M-Profs häufiger gewählt als von Schüler:innen der restlichen Profile. Insgesamt wurde „Fotosynthese“ häufiger von Schüler:innen des M-Profs gewählt, „Brausetablette in Wasser lösen“ aber häufiger von Schüler:innen der restlichen Profile. Im Interview wurde, von diesem Item ausgegangen auch gefragt, ob Schüler:innen konkret zum Thema Energie ggf. auf den Begriff der Fotosynthese kommen würden. Mit einer vier auf der Skala von 1 – 10, laut Aussage des Experten, fällt die Einschätzung hierfür geringer aus (siehe Anhang 3; Zeile 103 – 104). Wichtig hierbei ist anzumerken, dass im Interview nicht die Rede von endothermen Reaktionen war, lediglich vom Begriff Energie im Chemieunterricht.

### Frage 8 des Fragebogens – Exotherme Reaktionen

Bei dieser Frage sollten die Schüler:innen exotherme chemische Reaktionen erkennen. Hier waren alle Antwortmöglichkeiten (Verbrennung von Holz, Zellatmung, Verdauungsvorgänge im Körper<sup>32</sup>, Festes Natriumhydroxid in Wasser lösen) richtig.

Tabelle 8: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 10

	<b>Verbrennung Holz</b>	<b>NaOH in H<sub>2</sub>O</b>	<b>Verdauung</b>	<b>Zellatmung</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.930	0.459	0.407	0.378
Standardabweichung	0.255	0.500	0.493	0.486

Der Großteil aller befragten Schüler:innen (93%; 160 von 172) erkannte die Verbrennung von Holz als exotherme chemische Reaktion. Die anderen drei Antwortmöglichkeiten wurden von jeweils weniger als der Hälfte der Befragten ausgewählt.

<sup>32</sup> Bei der Antwortmöglichkeit „Verdauungsvorgänge im Körper“ ist der gesamte Prozess der Verdauung gemeint, bei welcher Energie für körperliche Leistungen gewonnen wird. Wenn man allerdings die einzelnen Schritte der Verdauung genauer betrachtet, gibt es sehr wohl endotherme Reaktionen, beispielsweise bei der Zersetzung der Nährstoffe im Magen-Darm-Trakt.

Beim M-Profil sind die Antworten zwischen den Schulstufen insgesamt sehr ähnlich. Sie wählten häufiger „Verbrennung von Holz“ und „Festes Natriumhydroxid in Wasser lösen“, wohingegen Schüler:innen der restlichen Profile häufiger „Verdauungsvorgänge im Körper“ und „Zellatmung“ wählten.

Laut dem Experten fallen den Schüler:innen Bezüge zu chemischen Reaktionen im Körper noch „am ehesten“ leicht, wenn Lehrpersonen solche Beispiele im Unterricht nennen (siehe Anhang 3; Zeile 80 – 81). Tatsächlich sind es bei diesem Item genau diese Reaktionen, welche die Schüler:innen am wenigsten als exotherme chemische Reaktionen erkannt haben. Weiter wurde im Interview aber davon ausgegangen, dass die Schüler:innen beispielsweise die Verbrennung von Holz sehr wohl als chemische Reaktion zuordnen können (siehe Anhang 3; Zeile 221 – 223).

### **Frage 9 des Fragebogens – Knicklicht**

Bei dieser Frage geht es gezielt darum, welche naturwissenschaftlichen Prozesse daran beteiligt sind, ein Knicklicht durch eine Person zum Leuchten zu bringen. Dafür muss man das Knicklicht in die Hand nehmen (Biologische Vorgänge), das Knicklicht knicken (Physikalische Prozesse), wodurch das innere Röhrchen gebrochen wird und so die zwei Flüssigkeiten eine chemische Reaktion auslösen. Es wird Energie in Form von Wärme und Licht abgegeben. Das Erleuchten des Lichts findet ohne radioaktive Zerfälle statt.

*Tabelle 9: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 11*

	<b>Chem. Reaktionen</b>	<b>Phys. Prozesse</b>	<b>Biol. Vorgänge</b>	<b>Rad. Zerfälle</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.919	0.267	0.041	0.105
Standardabweichung	0.274	0.444	0.198	0.307

Insgesamt sind weder zwischen den Profilen noch zwischen den Stufen große Unterschiede festzustellen. Ein Großteil der Befragten (91,9%; 158 von 172) stellte eine Verbindung zwischen dem Erleuchten des Knicklichts und der damit stattfindenden chemischen Reaktionen her. Dahingegen wurden physikalischen Prozesse (26,7%; 46 von 172) und biologische Vorgänge (4,1%; 7 von 172) deutlich seltener gewählt. Immerhin 10,5% (18 von 172) gaben an, dass radioaktive Zerfälle an diesem Prozess beteiligt sind.

## Frage 10 des Fragebogens – Kernspaltung

Frage 10 beschäftigt sich mit der Kernspaltung in einem Atomreaktor als physikalischen Prozess, bei welchem sehr viel Energie frei wird und somit exotherm ist.

Bei dieser Frage hat der Großteil der Schüler:innen nur eine Antwort angekreuzt. 23 von 172 (13,4%) der Befragten haben zwei oder mehr Antworten gewählt.

Tabelle 10: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 12

	Tlw. Exotherm/ Endotherm	Exotherm	Endotherm	Weder noch
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.512	0.477	0.087	0.070
Standardabweichung	0.501	0.501	0.283	0.255

Insgesamt fielen jeweils fast 50% der Antworten entweder auf „Eine Kernspaltung verläuft exotherm“ oder „Eine Kernspaltung hat exotherme und endotherme Teilreaktionen“. Die Antworten sind auch zwischen den Schulstufen und den Profilen ähnlich verteilt. Wenn man jedoch die vierte und siebte Stufe des M-Profiles miteinander vergleicht, fällt auf, dass in der vierten Stufe ca. ein Drittel (35,7%; 5 von 7) und in der siebten Stufe zwei Drittel (66,7%; 12 von 18) angegeben haben, dass die Kernspaltung exotherm verläuft. Jeweils ca. ein Drittel beider Stufen gaben aber auch an, dass die Kernspaltung exotherme und endotherme Teilprozesse hat.

## Frage 11 des Fragebogens – Kernfusion

Die Kernfusion in der Sonne ist die Energiequelle derer. Durch das Verschmelzen von Wasserstoffkernen entstehen Heliumkerne, dabei wird Energie freigesetzt (exotherm). Im Gegensatz dazu wird bei Kernfusionen, die im Endeffekt zum Kollaps eines Sterns und demnach zu Supernovae führen, Energie benötigt (endotherm), aufgrund der Bildung von schwereren Elementen wie beispielsweise Eisen.

Tabelle 11: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 13

	Sonne exot.	Sonne endot.	Supernovae exot.	Supernovae endot.
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.640	0.174	0.570	0.233
Standardabweichung	0.482	0.381	0.497	0.424

Mehr als die Hälfte (64%; 110 von 172) der Befragten erkannten die Kernfusion der Sonne als exothermen Prozess, wohingegen gut ein Fünftel (23,3%; 40 von 172) die Kernfusion, welche zu Supernovae führt, einem endothermen Prozess zugeordnet haben. Fast alle Schüler:innen der siebten Stufe vom M-Profil (94,4%; 17 von 18) erkannten die Kernfusion der Sonne als einen exothermen Prozess. In der vierten Stufe sind es hier knapp zwei Drittel (64,3%; 9 von 14). Die Wahl auf die zweite richtige Antwort bewegt sich durchgehend zwischen einem Fünftel und einem Drittel der Schüler:innen pro Stufe und Profil. Im Gegensatz dazu wurde von rund der Hälfte der Schüler:innen pro Stufe und Profil angegeben, dass die Kernfusion, die zu Supernovae führen, ein exothermer Prozess ist.

### **Frage 12 des Fragebogens – Kernreaktionen bei Menschen**

Zuvor lag der Fokus der Kernreaktionen auf physikalisch/chemischen Aspekten. Bei Frage 12 wird die biologische Komponente miteinbezogen. Hierbei sollen die für den Menschen schädlichen und nützlichen Aspekte solcher Reaktionen gewählt werden. Einerseits ist es die freiwerdende Strahlung, nicht die Hitze, welche das menschliche Erbgut angreift. Andererseits wird bei der Behandlung von schon vorhandenen Tumorzellen in der Schilddrüse radioaktives Iod eingesetzt. Iodtabletten hingegen wirken präventiv gegen Schilddrüsenkrebs.

*Tabelle 12: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 14*

	<b>Erbgut Hitze</b>	<b>Erbgut Strahlung</b>	<b>Iodtabletten</b>	<b>Radioaktives Iod</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.105	0.884	0.221	0.477
Standardabweichung	0.307	0.321	0.416	0.501

Die Frage wurde von 37% (63 von 172) vollständig richtig beantwortet. Ein Großteil (88,4%; 152 von 172) hat richtig angegeben, dass die Strahlung das Erbgut des Menschen schädigt. Gut die Hälfte davon (47,7%; 82 von 172) hat zudem noch richtig erkannt, dass radioaktives Iod Tumorzellen der Schilddrüse angreift. Im M-Profil haben fast alle (96,4%; 54 von 56) die erste richtige Antwort gewählt. In den restlichen Profilen waren es 84,5% (98 von 116). Die zweite richtige Antwort wurde im Verhältnis ähnlich oft bei den Profilen ausgewählt. Genauer betrachtet fällt auf, dass 100% der Schüler:innen

sowohl von der vierten als auch von der siebten Stufe vom M-Profil die erste richtige Antwort wählten. Die zweite richtige Antwort wurde in der vierten Stufe häufiger (50%, 7 von 14) gewählt, als in der siebten Stufe (38,9%; 7 von 18).

### **Frage 13 des Fragebogens – Thermorezeption**

Wärme und Kälte durch exo- bzw. endotherme Reaktionen können vom Körper wahrgenommen werden. Die dafür benötigten Wärmerezeptoren befinden sich in der mittleren Hautschicht, der Dermis (Lederhaut). Die Epidermis (Oberhaut) dient als Schutz vor äußeren Einflüssen. Im Gehirn steuert der Hypothalamus die Thermoregulation, die Hypophyse hat die Hormonbildung zur Aufgabe.

*Tabelle 13: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 15*

	<b>Hypothalamus</b>	<b>Dermis</b>	<b>Epidermis</b>	<b>Hypophyse</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.453	0.285	0.547	0.169
Standardabweichung	0.499	0.453	0.499	0.375

Schüler:innen vom M-Profil haben zu knapp einem Drittel den Hypothalamus als Zentrum der Thermorezeption (32,1%; 18 von 56) und gut einem Viertel (26,8%; 15 von 56) die Dermis als hierfür relevante Hautschicht angegeben. Über die Hälfte der Schüler:innen von den restlichen Profilen (51,7%; 50 von 116) haben den Hypothalamus und knapp ein Drittel (29,3%; 34 von 116) die Dermis gewählt. Der Hypothalamus wurde zwischen den Schulstufen ähnlich häufig angegeben. Auffallend ist aber, dass 28,6% (4 von 14) der vierten Stufe und nur 5,6% (1 von 18) der siebten Stufe die Dermis angegeben haben.

### **Frage 14 des Fragebogens – Katalysatoren**

Katalysatoren sind in Lebewesen in Form von Enzymen oder aber auch in Autos zur Abgasnachbehandlung zu finden. Katalysatoren werden aber weder bei Solarkraftwerken für den Turbinenantrieb noch im Stromkreis für Serienschaltungen benötigt.

Tabelle 14: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 16

	<b>Enzyme</b>	<b>Auto</b>	<b>Solarkraftwerk</b>	<b>Serienschaltung</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.587	0.465	0.256	0.250
Standardabweichung	0.494	0.500	0.438	0.434

Frage 14 wurde von 17% (30 von 172) der Befragten richtig beantwortet. Mit 58,7% (101 von 172) hat mehr als die Hälfte erkannt, dass Enzyme als Katalysatoren im menschlichen Körper wirken, während noch 46,5% (80 von 172) angaben, dass sie in Autos zur Abgasnachbehandlung eingesetzt werden. Im M-Profil liegt die Wahl auf den Autokatalysator mit 53,6% (33 von 56) deutlich über dem Durchschnitt. Schüler:innen der siebten Stufe vom M-Profil liegen hingegen mit 38,9% (7 von 18) deutlich unter dem Durchschnitt. Hier waren es die Schüler:innen der vierten Stufe, welche mit 64,3% (9 von 14) zu dem höheren Durchschnittswert beigetragen haben. Die Antwortmöglichkeit der Enzyme wurde jedoch im Verhältnis häufiger von den Siebtklässler:innen mit 72,2% (13 von 18) im Vergleich zu den Viertklässler:innen mit 64,3% (9 von 14) gewählt.

Der Experte nannte explizit Katalysatoren als Beispiele, die den Schüler:innen zur Quervernetzung leichtfallen (siehe Anhang 3; Zeile 80 – 81). Diese Annahme spiegelt sich auch in dem hohen prozentualen Wert der richtigen Antworten wider.

### Frage 15 des Fragebogens – Chemische Energieträger der Nahrung

Kohlenhydrate, Fette und Proteine sind wichtige chemische Energieträger der Nahrung. Vitamine hingegen sind beispielsweise für Stoffwechsel, Entwicklung und Wachstum wichtig.

Tabelle 15: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 17

	<b>Kohlenhydrate</b>	<b>Fette</b>	<b>Proteine</b>	<b>Vitamine</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.878	0.576	0.622	0.192
Standardabweichung	0.328	0.496	0.486	0.395

Die Frage wurde von knapp einem Drittel (31%; 53 von 172) gänzlich richtig beantwortet. Nur knapp ein Fünftel (19,2%; 33 von 172) hat Vitamine als Energieträger der Nahrung

gewählt. Die Unterschiede zwischen den Stufen und den Profilen sind hier jedoch nur gering. Alle homogenen Betrachtungen liegen nahe dem Mittel aller Befragten.

### **Frage 16 des Fragebogens – Weiterverarbeitung von Nahrung**

Chemische Energie wird in Fettzellen, nicht jedoch in Muskelzellen des Körpers gespeichert. Die chemische Energie aus den Energieträgern wird durch Bewegung in kinetische Energie umgewandelt. Die Wärmeströmung spielt hier für die Weiterverarbeitung der Nahrung keine entscheidende Rolle.

*Tabelle 16: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 18*

	<b>Fettzellen</b>	<b>Muskelzellen</b>	<b>Wärmeströmung</b>	<b>Bewegung</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.791	0.320	0.233	0.459
Standardabweichung	0.408	0.468	0.424	0.500

Insgesamt wurden die Attraktoren häufiger als die Distraktoren gewählt. Somit erkannten 79,1% (136 von 172) richtig, dass die Speicherung chemischer Energie in den Fettzellen des Körpers stattfindet, noch knapp die Hälfte (45,9%; 79 von 172), dass eine Energieumwandlung in kinetische Energie erfolgt. Schüler:innen vom M-Profil haben ersteres besonders oft erkannt mit 87,5% (49 von 56). Hiervon sorgten aber die Befragten der vierten Stufen mit 57,1% (8 von 14) für einen nicht noch höheren Durchschnitt. In der siebten Stufe haben alle diesen Attraktor gewählt. Der Punkt mit der kinetischen Energie wurde zwischen den Stufen und Profilen ähnlich häufig gewählt.

### **Frage 17 des Fragebogens – Energiespeicher**

Chemische Energieträger haben jeweils unterschiedlich viel gespeicherte Energie. Von den vier zur Auswahl stehenden Energieträgern hat aber Steinkohle die höchste Energiedichte<sup>33</sup>. Darauf folgt Schokolade und mit deutlichem Abstand folgen Lithium-Ionen-Akkumulator und Alkali-Mangan-Batterie.

---

<sup>33</sup> Siehe auch: [https://de.wikipedia.org/wiki/Energiedichte\\_von\\_Energiespeichern](https://de.wikipedia.org/wiki/Energiedichte_von_Energiespeichern) mit einer Liste an Energiespeichern chemischer Energie.

Tabelle 17: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 19

	<b>Schokolade</b>	<b>L-I-Akkumulator</b>	<b>Steinkohle</b>	<b>A-M-Batterie</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.221	0.471	0.186	0.291
Standardabweichung	0.416	0.501	0.390	0.455

Die Frage wurde von nur 14% (24 von 172) richtig beantwortet. Bei Betrachten der Gesamtergebnisse fällt auch deutlich auf, dass Steinkohle am seltensten gewählt wurde. Mit 47,1% (81 von 172) wurde der Lithium-Ionen-Akkumulator mit Abstand am häufigsten gewählt. Steinkohle wurde aber am meisten von den Schüler:innen der siebten Stufe (M-Profil) mit 38,9% (7 von 18) angegeben. Jedoch haben genau gleich viele dieser Zielgruppe den Lithium-Ionen-Akkumulator gewählt. Verglichen mit den restlichen Stufen und Profilen haben sie diesen aber am wenigsten angegeben.

### Frage 18 des Fragebogens – Redoxreaktionen

Redoxreaktionen findet man in sehr vielen Lebensbereichen. Deshalb wurden die Antwortmöglichkeiten so gewählt, dass alle Antworten richtig sind. Sei es der Citratzyklus für die Energiegewinnung in Körperzellen, oder der Batteriebetrieb eines Geräts sowie die Fotosynthese, welche in Pflanzen stattfindet, bis hin zum Entladen eines Akkumulatorbetriebs in dem digitalen Endgerät, das man stets dabeihat.

Tabelle 18: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 20

	<b>Citratzyklus</b>	<b>Fotosynthese</b>	<b>Batteriebetrieb</b>	<b>Akkubetrieb</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.256	0.262	0.413	0.401
Standardabweichung	0.438	0.441	0.494	0.492

Diese Frage haben nur 3% (6 von 172) vollständig richtig beantwortet. Am häufigsten wurde der Batteriebetrieb als richtige Antwort gewählt mit 41,3% (71 von 172). Die Fotosynthese wurde im M-Profil mit 16,1% (16 von 56) am wenigsten oft gewählt, verglichen mit den anderen Profilen. Lediglich der Batteriebetrieb wurde von den Siebtklässler:innen des M-Profiles mit 88,9% (16 von 18) verhältnismäßig am meisten gewählt.

### **Frage 19 des Fragebogens – Galvanische Zellen**

In einer galvanischen Zelle wird die aus Elektronenübertragungsreaktionen gewonnene chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Alle anderen Antwortmöglichkeiten dieser Frage sind klare Distraktoren und nicht auf galvanische Zellen anzuwenden.

*Tabelle 19: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 21*

	<b>Chem.-Elekt.</b>	<b>Elekt.-Chem.</b>	<b>Chem.-Therm.</b>	<b>Therm.-Elekt.</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.552	0.221	0.209	0.122
Standardabweichung	0.499	0.416	0.408	0.328

Diese Frage wurde mit 49% (84 von 172) insgesamt sehr gut beantwortet. Hier fällt deutlich auf, dass die siebte Stufe vom M-Profil die Frage mit 94,4% (17 von 18) überwiegend richtig beantwortet hat. Die 18. Person hat angegeben, dass elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt wird. Die anderen beiden Distraktoren wurden von dieser Gruppe nicht gewählt. Schüler:innen des M-Profiles haben mit 66,1% (37 von 56) häufiger als Schüler:innen der restlichen Profile mit 50,0% (58 von 116) die richtige Antwort angegeben.

### **Frage 20 des Fragebogens – Physikalische Größe der galvanischen Zelle**

Da es sich bei galvanischen Zellen um Spannungsquellen handelt durch ihren Ladungsunterschied zwischen Plus- und Minus-Pol, ist die Spannung auch die wesentliche physikalische Größe, die hierbei eine Rolle spielt.

*Tabelle 20: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 22*

	<b>Spannung</b>	<b>Elektrische Ladung</b>	<b>Widerstand</b>	<b>Stromstärke</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.401	0.384	0.244	0.244
Standardabweichung	0.492	0.488	0.431	0.431

Insgesamt wurde die Spannung mit 40,1% (69 von 172) ähnlich oft wie die elektrische Ladung mit 38,4% (66 von 172) als maßgebende physikalische Größe gewählt. Bei genauerer Betrachtung auf die Profile fällt auf, dass die Schüler:innen vom M-Profil mit 58,9% (33 von 56) deutlich am häufigsten die Spannung und mit 19,6% (11 von 56)

deutlich am wenigsten oft die elektrische Ladung gewählt haben. Auch zeigt sich, dass die Befragten der siebten Stufe dieses Profils mit 77,8% (14 von 18) verhältnismäßig beinahe doppelt so oft die Spannung angegeben haben, als die restlichen Stufen.

### **Frage 21 des Fragebogens – Einheit der Redoxpotentiale**

Die Einheit der Spannung und somit der Redoxpotentiale ist Volt (V).

*Tabelle 21: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 23*

	<b>Joule</b>	<b>Volt</b>	<b>Coulomb</b>	<b>Ohm</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.308	0.384	0.192	0.203
Standardabweichung	0.463	0.488	0.395	0.404

Mit 38,4% (66 von 172) wurde die korrekte Antwort Volt insgesamt am häufigsten gewählt. Gefolgt von der Einheit für die Arbeit (Joule), des Widerstands (Ohm) und zuletzt der elektrischen Ladung (Coulomb). Ein ähnlicher Trend zeigt sich, wenn man die Schulstufen und Profile miteinander vergleicht. Auch hier sticht wieder die siebte Stufe des M-Profil eindeutig heraus mit 77,8% (14 von 18), die die richtige Antwort gewählt haben. In der vierten Stufe jenes Profils hat die Frage noch gut ein Fünftel (21,4%; 3 von 14) richtig beantwortet.

### **Frage 22 des Fragebogens – Sauerstoffreaktionen im Körper**

Körperzellen erhalten ihre Energie aus der Umwandlung von Nährstoffen mit Sauerstoff. Daraus wird neben körpereigenen Stoffen auch Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Wasser gebildet. Diese spezifische Teilreaktion wird als Oxidation bezeichnet. Oxidationen sind allerdings immer mit Reduktionsreaktionen gekoppelt. Man spricht von Redoxreaktionen. Bei der Cytolyse werden Zellen hingegen abgebaut, es handelt sich nicht um eine chemische Reaktion.

Tabelle 22: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 24

	<b>Redoxreaktion</b>	<b>Oxidation</b>	<b>Cytolysereaktion</b>	<b>Reduktion</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.203	0.541	0.215	0.122
Standardabweichung	0.404	0.500	0.412	0.328

Diese Frage wurde mit 49% (85 von 172) am häufigsten richtig vom gesamten fachlichen Fragebogen beantwortet. In Summe haben sogar mehr Personen (54,1%; 93 von 172) die Oxidation angegeben. Daneben wurden allerdings auch andere Antworten gewählt, weshalb das Programm die Antwort insgesamt nicht als korrekt betrachtet. Die Vergleiche zwischen den Profilen zeigen keine großen Unterschiede. Jedoch wählten auch hier wieder die Siebklässler:innen mit 72,2% (13 von 18) am häufigsten die richtige Antwort.

### Frage 23 des Fragebogens – Energiewandler chemischer Energie

Chemische Energien werden in einer Vielzahl an verschiedenen Körpern und Bauten umgewandelt. Dazu gehören Muskeln, Glühwürmchen, Brennstoffzellen und Ölheizungen. Somit sind alle Antwortmöglichkeiten dieser Frage richtig.

Tabelle 23: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 25

	<b>Brennstoffzellen</b>	<b>Glühwürmchen</b>	<b>Muskeln</b>	<b>Ölheizungen</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.506	0.407	0.523	0.366
Standardabweichung	0.501	0.493	0.501	0.483

Muskeln wurden insgesamt mit über der Hälfte (52,3%; 90 von 172) am meisten als chemische Energiewandler angesehen. Dicht dahinter liegen Brennstoffzellen mit 50,6% (87 von 172). Glühwürmchen und Ölheizungen wurden seltener gewählt. Glühwürmchen wurden von Schüler:innen des M-Profs mit 37,5% (21 von 56) seltener als bei den restlichen Profilen mit 42,2% (49 von 116) als korrekte Antwort angegeben. Dafür wurden im M-Profil am häufigsten mit 64,3% (36 von 56) Muskeln als chemische Energiewandler gewählt. Bei den restlichen Antwortmöglichkeiten fallen keine besonderen Unterschiede auf.

## Frage 24 des Fragebogens – Rohöl; von der Bildung bis zum Gebrauch

Damit Rohöl gebildet wird, bedarf es einer Reihe an biologischen Vorgängen. Dabei wird organisches Material erzeugt und wieder abgebaut. Das verbleibende organische Material lagert sich nach und nach im Boden ab, bis es zu einer Schichtung kommt. Diese Schichtung ist physikalischen Prozessen ausgesetzt, bei der durch erhöhten Druck und Hitze Erdöl gebildet wird, welches sich nach und nach in Poren der oberen Gesteinsschichten einlagert. Nach entsprechender Aufbereitung des Erdöls wird dieses verbrannt. Die dabei freiwerdende chemische Energie dient als wichtiger Energielieferant im Alltag.

Tabelle 24: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 26

	Phys.-Biol.-Chem.	Biol.-Chem.-Phys.	Chem.-Biol.-Phys.	Biol.-Phys.-Chem.
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.262	0.372	0.186	0.267
Standardabweichung	0.441	0.485	0.390	0.444

Am häufigsten wurde mit 37,2% (64 von 172) die Reihenfolge „Biologische Vorgänge – chemische Reaktionen – physikalische Prozesse“ gewählt. Die richtige Antwort wurde 18-mal weniger angegeben. Die siebte Stufe des M-Profils wählte doppelt so oft (33,3%; 6 von 18) wie die vierte Stufe (14,3%; 2 von 14) die richtige Antwort.

## Frage 25 des Fragebogens – Erdölenergieanlage (Ölkraftwerk)

Um die chemische Energie von Erdöl zu nutzen, wird es verbrannt. Die so in thermische umgewandelte Energie wird verwendet, um Wasserdampf zu erzeugen, der Turbinen antreibt. Die daraus resultierende Bewegungsenergie<sup>34</sup> wird schließlich durch einen Generator in elektrische Energie umgewandelt.

Tabelle 25: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 27

	Elekt.-Chem.-Therm.	Chem.-Therm.-Elekt.	Therm., Chem.-Elekt.	Chem.-Elekt.-Therm.
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.215	0.413	0.273	0.198
Standardabweichung	0.412	0.494	0.447	0.399

<sup>34</sup> Bei den Antwortmöglichkeiten wurde die Bewegungsenergie vernachlässigt.

Der Attraktor wurde von gut zwei Fünftel (41,3%; 71 von 172) gewählt. Schüler:innen vom M-Profil haben über dem Durchschnitt mit mehr als der Hälfte (55,4%; 31 von 56) diese Antwort angegeben. Auffallend sind hier die Antworten von Schüler:innen der vierten Stufe mit 71,4% (10 von 14) im Vergleich zu denen der siebten Stufe (50%; 9 von 18).

### **Frage 26 des Fragebogens – Brennstoffzellen**

In Brennstoffzellen wird die chemische Reaktionsenergie aus einem Brennstoff direkt in elektrische Energie umgewandelt. Diese Umwandlung erfolgt ohne den Zwischenschritt zur thermischen Energie.

*Tabelle 26: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 28*

	<b>Chem.- Elekt.</b>	<b>Therm.- Elekt.</b>	<b>Chem.-Therm.- Elekt.</b>	<b>Therm.-Chem.- Elekt.</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.355	0.151	0.314	0.262
Standardabweichung	0.480	0.359	0.465	0.441

Gut ein Drittel (35,5%; 61 von 172) hat richtig erkannt, dass chemische Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt wird. Immerhin noch knapp ein Drittel (31,4%; 54 von 172) meinten, dass dieser Prozess noch einen Zwischenschritt der thermischen Energie hat. Schüler:innen vom M-Profil haben mit 41,1% (23 von 56) die richtige Antwort gewählt. Dies ist in den restlichen Profilen mit 32,8% (38 von 116) geringer ausgefallen. Aber auch im M-Profil gibt es deutliche Unterschiede. So haben Schüler:innen der siebten Stufe mehr als doppelt so oft (61,1%; 11 von 18) wie Schüler:innen der vierten Stufe (28,6%; 4 von 14) Frage 26 richtig beantwortet.

### **Frage 27 des Fragebogens – Thermodynamische Zustandsgrößen**

Wenn man einen heißen und einen kalten Stein nebeneinanderlegt, haben beide Steine nach einer gewissen Zeit aufgrund der Entropie und der Konduktion (Wärmeleitung) dieselbe Temperatur.

Tabelle 27: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 29

	<b>Entropie</b>	<b>Konduktion</b>	<b>Enthalpie</b>	<b>Konvektion</b>
Gültig	172	172	172	172
Mittelwert	0.366	0.360	0.244	0.320
Standardabweichung	0.483	0.482	0.431	0.468

Insgesamt wurde diese Frage nur von 8% der Befragten (13 von 172) vollständig richtig beantwortet. Jedoch wurden die Begriffe Entropie (36,6%; 63 von 172) und Konduktion (36,0%; 62 von 172) am häufigsten und ähnlich oft gewählt. Schüler:innen vom M-Profil gaben zu 42,9% (24 von 56) die Entropie und zu 37,5% (21 von 56) die Konduktion an. In den restlichen Profilen sind es für ersteres 33,6% (39 von 116) und für zweiteres 35,3% (41 von 116). Die siebte Stufe liegt für die Antwortmöglichkeit Entropie mit 22,2% (4 von 18) unter dem Durchschnitt, jedoch für die Konduktion mit 44,4% (8 von 18) darüber.

### 4.3.2 Gesamtauswertung der fachlichen Fragen

Die fachlichen Fragen wurden neben der separaten Auswertung auch gesamt ausgewertet. Dafür wurde mit Microsoft Excel die jeweilige Anzahl an richtigen Antworten pro Schulstufe und Profil erhoben. Hier wurde zwischen M und R unterschieden, wobei R für die restlichen Profile steht.

Tabelle 28: Gesamtauswertung der Anzahl an richtigen fachlichen Fragen nach Stufe/Profil

Stufe/Profil	4/M <sup>35</sup>	5/M	6/M	7/M	5/R	6/R	G <sup>36</sup> /M	G/R
N	14	20	4	18	38	78	56	116
MW	4.6	4.8	7.5	6.9	3.6	4.6	5.6	4.3
SA	1.6	2.7	4.7	2.7	1.7	3.5	2.8	3.0

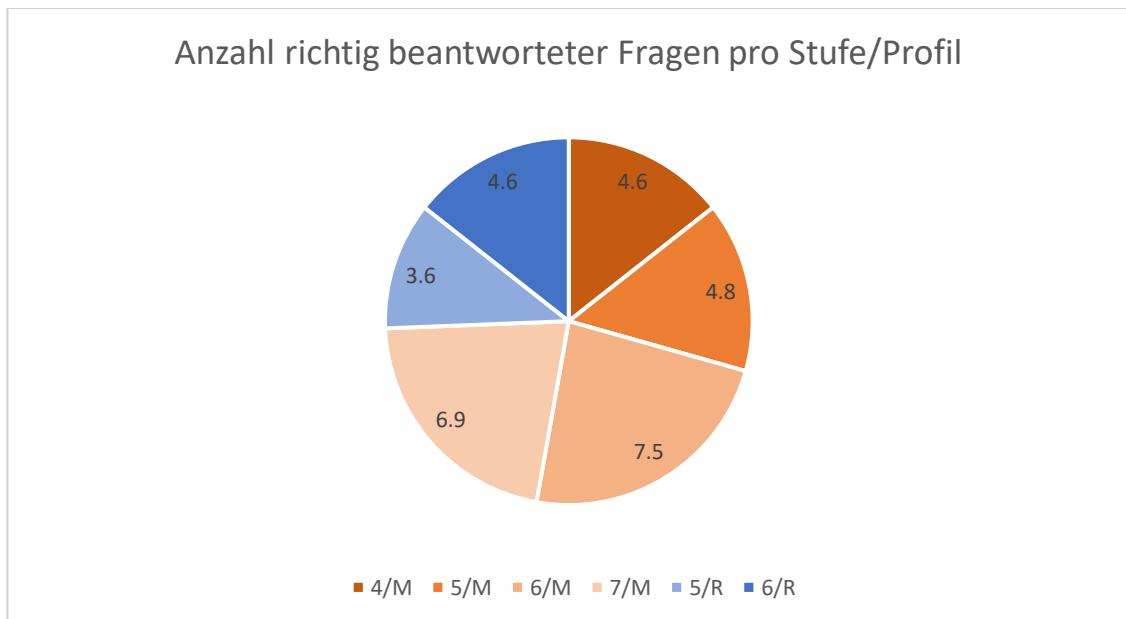


Abbildung 6: Mittelwerte der Anzahl richtiger Antworten pro Stufe/Profil im Vergleich (Eigene Grafik, Excel)

Die tabellarische und grafische Darstellung der Gesamtauswertung machen ersichtlich, dass Schüler:innen aus dem M-Profil verglichen mit den restlichen Profilen durchschnittlich eine höhere Anzahl der fachlichen Fragen richtig beantwortet haben. Genauer betrachtet fällt auf, dass jeweils mit einem Mittelwert von 4,6 durchschnittlich gleich viele Fragen in der niedrigsten Schulstufe des M-Profiles, wie in der höchsten Schulstufe der restlichen Profile richtig beantwortet wurden. Zudem nehmen die

<sup>35</sup> 4. Stufe, M-Profil. Bezeichnung wird für die restlichen Stufen und Profile fortgeführt.

<sup>36</sup> G für gesamt; keine Aufteilung nach Schulstufen.

Mittelwerte mit zunehmender Schulstufe sowohl im M-Profil als auch bei den restlichen Profilen zu. Hierbei wird der Mittelwert der sechsten Stufe vom M-Profil vernachlässigt, aufgrund von  $n = 4$ .

### 4.3.3 Vergleichstests

Um die Unterscheidung zwischen den Schulstufen und Profilen zu erfassen, wurde ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben mit unterschiedlicher Varianz angewandt. Dafür wurden folgende Hypothesen gewählt:

*Nullhypothese  $H_0$ :* Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied bei der Anzahl an richtig beantworteten Fragen zwischen den Profilen/Schulstufen.

*Alternativhypothese  $H_1$ :* Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied bei der Anzahl an richtig beantworteten Fragen zwischen den Profilen/Schulstufen.

Der t-Test wurde mithilfe von Microsoft Excel durchgeführt. Dabei wurde der p-Wert erhoben, welcher bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% unter 0,05 liegen muss, damit es sich um einen statistisch signifikanten Unterschied handelt.

Tabelle 29: Ergebnisse der t-Tests

Stufe/Profil	N	Mittelwert	Standardabweichung	p-Wert
<b>M-Profil</b>	56	5.6	2.8	0.004
<b>R-Profile</b>	116	4.3	3.0	
<b>4/M</b>	14	4.6	1.6	0.005
<b>7/M</b>	18	6.9	2.7	

Der t-Test bestätigt eine eindeutige statistische Signifikanz zur Unterscheidung der Gesamtergebnisse zwischen den Profilen und auch zwischen den höheren und niedrigeren Schulstufen.

## 4.4 Vierter Teil des Fragebogens

### 4.4.1 Selbsteinschätzung

Der vierte und letzte Teil des Schüler:innenfragebogens behandelt deren eigene Erfahrungen mit naturwissenschaftlichem Unterricht und die damit einhergehende Einschätzung bezüglich des Gelernten. Dafür mussten die Schüler:innen in 13 Statements zwischen „trifft zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“ und „trifft nicht zu“ wählen. Um zu erkennen, ob die Aussagen zu Zustimmungen oder Ablehnungen tendieren, wurden die Mittelwerte der einzelnen Statements mit JASP berechnet. Mittelwerte unter 2,5 stimmen den Aussagen (eher) zu, wohingegen Mittelwerte über 2,5 den Aussagen (eher) nicht zustimmen. Zudem gilt zu erwähnen, dass die Statements absichtlich in Richtung einer Extreme gestellt sind. Somit beinhalteten die Aussagen Ausdrücke wie „sehr gut“ oder „sehr leicht“, um entsprechend der gewählten Tendenz besser zuordnen zu können. Zuerst folgt eine Sammlung der Ergebnisse aller Schüler:innen, die an der Umfrage teilgenommen haben. Im Weiteren wird dann auf die einzelnen Statements genauer eingegangen und mit den Aussagen des Experten gegenübergestellt.

Tabelle 30: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 30 – 42

Aussage	Mittelwert
a. Bei der Beantwortung der Fragen konnte ich mein gelerntes Wissen aus dem Natur und Technik-Unterricht sehr gut anwenden.	3,035
b. Durch den vernetzenden Natur und Technik-Unterricht fiel mir die Beantwortung der Fragen besonders leicht.	3,267
c. Mir ist es überaus wichtig, Beispiele aus Biologie/Physik beim Thema Energie im Chemieunterricht zu lernen.	2,360
d. Auf eine Vernetzung der drei Naturwissenschaften wird/wurde in der Schule genügend geachtet.	2,599
e. Durch die Beantwortung der Fragen fiel mir auf, dass ich wegen des Natur und Technik-Unterrichts aus der Unterstufe noch sehr gut vernetzend denken kann und mir naturwissenschaftliche Zusammenhänge besonders leicht fallen.	3,076
f. Der Natur und Technik-Unterricht aus der Unterstufe hilft mir immer noch sehr, chemische Themen mit biologischen und physikalischen Inhalten sicher zu verknüpfen.	2,994
g. Ich kann die wesentlichen Inhalte vom Fach Chemie von den Fächern Biologie und Physik problemlos unterscheiden. Ich weiss genau, worin sich die drei Naturwissenschaften unterscheiden.	2,262
h. Es fällt mir sehr leicht, zu Themen aus dem Chemieunterricht biologische und physikalische Beispiele zu nennen.	2,669
i. Bei der Beantwortung der Fragen konnte ich die Begriffe sehr gut der Chemie, Biologie und Physik zuordnen.	2,733

j. Obwohl ich die Fragen/Antworten den einzelnen Naturwissenschaften sehr leicht zuordnen konnte, war mir überaus klar, in welchem vernetzenden Zusammenhang die Fragen und Antworten stehen.	2,895
k. Ich konnte die falschen Antworten sehr leicht erkennen.	3,128
l. Ich konnte die falschen Antworten sehr leicht mit einer richtigen Fragestellung in Verbindung setzen.	3,099
m. Ein breitgefächertes Wissen zum Energiebegriff ist besonders wichtig für meinen Berufswunsch/Studienwunsch.	2,756

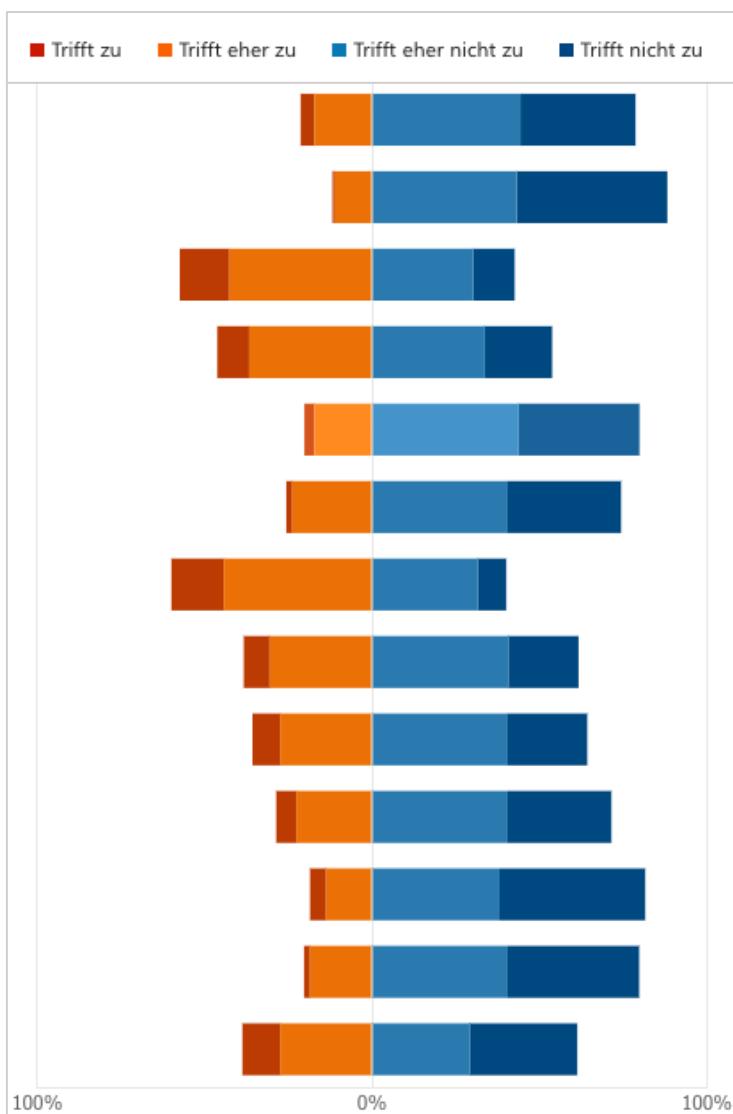


Abbildung 7: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 30 – 42 (Microsoft Forms)

Bei der ersten Betrachtung der Ergebnisse dieses Fragebogenteils fällt deutlich auf, sowohl bei den berechneten Mittelwerten als auch bei der grafischen Darstellung, dass überwiegend dazu tendiert wurde, den Aussagen nicht zuzustimmen. C und g sind hier die einzigen Statements, welche einen kleineren Mittelwert als 2,5 haben und somit mehrheitlich Zustimmung erfahren haben.

*Item 30: Bei der Beantwortung der Fragen konnte ich mein gelerntes Wissen aus dem Natur und Technik-Unterricht sehr gut anwenden.*

Mit einem Mittelwert von 3,035 ist die Tendenz bei dieser Aussage klar in Richtung nichtzutreffend.

*Tabelle 31: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 30*

M-Profil Schulstufe	Item 30			
	4	5	6	7
Gültig	14	20	4	18
Mittelwert	3.143	2.450	1.750	3.000
Standardabweichung	0.663	0.759	0.500	0.970
Minimum	2.000	1.000	1.000	1.000
Maximum	4.000	4.000	2.000	4.000

Im M-Profil fand die Aussage in der fünften und sechsten<sup>37</sup> Stufe noch Zustimmung. In den restlichen Profilen sind die Mittelwerte der einzelnen Stufen über dem Gesamtmittelwert.

Im Interview wurde darauf hingewiesen, dass besonders die aktuellen Schüler:innen der vierten Stufe mehr vernetzendes Denken mit sich bringen, als dies in der Vergangenheit in derselben Stufe der Fall war (siehe Anhang 3; Zeile 112 – 113). Zudem schätzt der Experte das nachhaltige Mitbringen von Wissen aus dem Unterricht der Sekundarstufe I offenbar besser ein als die Schüler:innen selbst, mit dem Hinweis darauf, dass sich dies bei den anstehenden Prüfungen zeigen wird (siehe Anhang 3; Zeile 121 – 124).

*Item 31: Durch den vernetzenden Natur und Technik-Unterricht fiel mir die Beantwortung der Fragen besonders leicht.*

Dieser Aussage wurde im Allgemeinen mit einem Mittelwert von 3,267 (eher) nicht zugestimmt. Bei genauerer Betrachtung der Schulstufen und Profile wird auch ersichtlich, dass es jeweils nicht zu einem Mittelwert von unter 2,5 gekommen ist.

Die Prognose des Experten zu diesem Item war, dass Schüler:innen aus höheren Schulstufen und eher aus dem M-Profil die Beantwortung der Fragen leichter fallen wird. Außerdem war er der Ansicht, dass die Varianz bei der Beantwortung der Fragen in den restlichen Profilen deutlich höher ist, da einige Schüler:innen trotzdem großes Interesse

---

<sup>37</sup> n = 4

an Chemie zeigen, obwohl sie nicht im M-Profil sind (siehe Anhang 3; Zeile 145 – 147). Tatsächlich ist diese Streuung sehr breit gefächert, speziell wenn man das Profil „Wirtschaft und Recht“ genauer betrachtet. Ein einziger Schüler dieses Profils hat alle fachlichen Fragen korrekt beantwortet. Dafür gibt es auch eine Reihe an Schüler:innen aus demselben Profil, welche deutlich weniger korrekte Antworten erzielten. Dies führt auch dazu, dass die gesamten Antworten des Profils im Mittel liegen, weshalb bei der Auswertung für den dritten Teil des Fragebogens nicht im Einzelnen genauer auf dieses Profil eingegangen wurde.

Beim M-Profil liegen diejenigen, die am besten abgeschnitten haben jeweils sehr nahe beieinander mit der Anzahl an korrekten Antworten (Tabelle 32). Die Streuung ist hier also geringer.

*Tabelle 32: Zuordnung Stufe/Profil mit mehr als der Hälfte korrekte Antworten*

Schulstufe	Profil	Anzahl korrekte Antworten	% richtig
6	WiRe <sup>38</sup>	21	100%
6	WiRe	18	85,7%
6	WiRe	15	71,4%
6	WiRe	13	61,9%
7	M	12	57,1%
7	M	12	57,1%
6	M	12	57,1%
6	M	11	52,4%

Diese Auflistung zeigt, welche Schüler:innen von den jeweiligen Stufen/Profilen mehr als die Hälfte der fachlichen Fragen richtig beantwortet haben. In Summe sind es acht von 172 Teilnehmenden. Alle dieser acht Schüler:innen gaben bei Item 31 „trifft eher zu“ an.

*Item 32: Mir ist es überaus wichtig, Beispiele aus Biologie/Physik beim Thema Energie im Chemieunterricht zu lernen.*

Mit einem Mittelwert von 2,360 erfährt diese Aussage geraume Zustimmung von den Schüler:innen. Die Schüler:innen der vierten Stufe vom M-Profil erreichten bei dieser

---

<sup>38</sup> Abkürzung für Wirtschaft und Recht

Aussage sogar einen Mittelwert von 1,857. Auch der Experte gab mit dem Wert von acht auf der Skala von 1 – 10 an, dass es von Seiten der Schüler:innen immer geschätzt wird, wenn passend zum Chemieunterrichtsthema Beispiele aus anderen Fächern genannt werden (siehe Anhang 3; Zeile 171 – 172, 177).

*Item 33: Auf eine Vernetzung der drei Naturwissenschaften wird/wurde in der Schule genügend geachtet.*

Dieser Aussage wurde mit einem Mittelwert von 2,599 knapp nicht zugestimmt. Dies gilt allerdings nicht für Schüler:innen des M-Profil, bei welchen in jeder Stufe ein Wert von 2,5 oder geringer erzielt wurde.

*Tabelle 33: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 33*

M-Profil Schulstufe	Item 33			
	4	5	6	7
Gültig	14	20	4	18
Mittelwert	2.500	2.150	2.250	2.167
Standardabweichung	1.019	0.587	0.500	0.618
Minimum	1.000	1.000	2.000	1.000
Maximum	4.000	3.000	3.000	3.000

Der Experte versucht es nach eigenen Aussagen so oft wie möglich, die drei Naturwissenschaften im Unterricht zu vernetzen. Zudem gab er an, dass Beispiele, die besonders vielfältig sind, auch besonders eingängig bei den Schüler:innen sind. Vor allem, wenn diese zu ihrer eigenen Lebenswelt passen, wie am Beispiel Akkumulator (siehe Anhang 3; Zeile 181, 185 – 186).

*Item 34: Durch die Beantwortung der Fragen fiel mir auf, dass ich wegen des Natur und Technik-Unterrichts aus der Unterstufe noch sehr gut vernetzend denken kann und mir naturwissenschaftliche Zusammenhänge besonders leicht fallen.*

Dem Mittelwert von 3,076 ist eine Ablehnung dieser Aussage zu entnehmen. Bei genauerer Betrachtung aller Stufen und Profile fällt lediglich auf, dass die Mittelwerte im M-Profil jeweils kleiner drei sind, allerdings noch größer als 2,5. Die Frage zu diesem Item wurde im Interview bejaht (siehe Anhang 3; Zeile 201). Somit weicht die Einschätzung des Experten und der Lernenden teilweise voneinander ab.

*Item 35: Der Natur und Technik-Unterricht aus der Unterstufe hilft mir immer noch sehr, chemische Themen mit biologischen und physikalischen Inhalten sicher zu verknüpfen.*

In Summe liegt der Mittelwert dieser Aussage bei 2,994. Auffallend ist hier, dass die Mittelwerte in den Stufen 4 und 5 und profilunabhängig jeweils unter dem Gesamtmittelwert liegen.

*Tabelle 34: Ergebnisse aller Schüler:innen aufgeteilt nach Stufen für Item 35*

<b>Alle Profile</b> <b>Schulstufe</b>	<b>Item 35</b>			
	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Gültig	14	58	82	18
Mittelwert	2.714	2.862	3.122	3.056
Standardabweichung	0.726	0.907	0.948	0.938
Minimum	2.000	0.000	0.000	2.000
Maximum	4.000	4.000	4.000	4.000

*Item 36: Ich kann die wesentlichen Inhalte vom Fach Chemie von den Fächern Biologie und Physik problemlos unterscheiden. Ich weiß genau, worin sich die drei Naturwissenschaften unterscheiden.*

Mit einem Gesamtmittelwert von 2,262 erfährt diese Aussage eindeutige Zustimmung seitens der Schüler:innen. Betrachtet man die Mittelwerte vom M-Profil, fällt auf, dass sie in jeder Schulstufe unter dem Gesamtmittelwert liegen und die Werte sinken, je höher die Schulstufe wird. Gegenteiliges findet sich in den Mittelwerten der restlichen Profile.

*Tabelle 35: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 36*

<b>M-Profil</b> <b>Schulstufe</b>	<b>Item 36</b>			
	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Gültig	14	20	4	18
Mittelwert	2.214	2.100	1.750	1.833
Standardabweichung	0.699	0.641	0.957	0.707
Minimum	1.000	1.000	1.000	1.000
Maximum	3.000	3.000	3.000	3.000

*Item 37: Es fällt mir sehr leicht, zu Themen aus dem Chemieunterricht biologische und physikalische Beispiele zu nennen.*

Die Zuordnung von Themen fällt den Schüler:innen mit einem Mittelwert von 2,669 tendenziell nicht sehr leicht. Allerdings sind es hier die Schüler:innen vom M-Profil bei

denen die Tendenz zur Zustimmung durch zunehmende Schulstufe (abgesehen von der sechsten Stufe mit  $n = 4$ ) höher wird. Bei den restlichen Profilen ist das Gegenteil der Fall, der Wert steigt mit zunehmender Schulstufe von 3,105 ( $n = 38$ ) auf 3,205 ( $n = 78$ ).

*Tabelle 36: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 37*

M-Profil Schulstufe	Item 37			
	4	5	6	7
Gültig	14	20	4	18
Mittelwert	3.214	2.550	1.750	2.111
Standardabweichung	0.802	0.826	0.500	1.023
Minimum	2.000	1.000	1.000	0.000
Maximum	4.000	4.000	2.000	4.000

*Item 38: Bei der Beantwortung der Fragen konnte ich die Begriffe sehr gut der Chemie, Biologie und Physik zuordnen.*

Insgesamt findet die Aussage von Item 38 mit einem Mittelwert von 2,733 eher keine Zustimmung. Lediglich Schüler:innen des M-Profiles aus der fünften Stufe ( $n = 20$ ;  $M = 2,350$ ) und der siebten Stufe ( $n = 18$ ;  $M = 1,889$ ) haben dieser Aussage im Allgemeinen zugestimmt.

Für Item 35 bis 38 wurde im Interview eine Sammelfrage gestellt, die darauf abzielte, die Einschätzung des Experten hinsichtlich der Fähigkeit der Schüler:innen zu ermitteln, Naturwissenschaften voneinander zu unterscheiden und fachliche Inhalte sowie Begriffe den jeweiligen Fächern zuzuordnen. Aus den oben gesammelten Ergebnissen lässt sich hierfür bei den Schüler:innen zumindest teilweise ableiten, dass ihre eigene Einschätzung dazu positiv ausfällt. Der Experte antwortete auf die Frage wie folgt:

„Ich finde dies ehrlich gesagt gar nicht wichtig. Ich möchte ja im Sinne eines kompetenzorientierten Unterrichts, dass das Wissen angewendet werden kann, dass man ein Problem lösen kann. [...] Ich finde diese Zuordnung<sup>39</sup> nicht relevant. Dies widerspricht dem fächerübergreifenden, wenn man wieder hergeht und wieder fragt, ist dies Biologie oder Chemie. Wüsste nicht, was hier der Mehrwert ist.“ (Anonymisiert, persönliche Kommunikation, 26.10.2023)

---

<sup>39</sup> Zuordnung von fachlichen Begriffen / Phänomenen zu den einzelnen Naturwissenschaften

Weiter wurde aber erneut auf das Beispiel eingegangen, bei welchem es sich bei der Verbrennung von Holz nicht um einen physikalischen Vorgang handelt, ob dies seitens der Schüler:innen erkannt wird. Dem wurde insofern zugestimmt, dass dies bei solch „einfachen Sachen“ durchaus der Fall ist. Somit ergibt sich aus dem Interview auch die Zustimmung dazu, dass die Schüler:innen gelernte Fakten allgemein den Naturwissenschaften zuordnen können (siehe Anhang 3, Zeile 224 – 226).

*Item 39: Obwohl ich die Fragen/Antworten den einzelnen Naturwissenschaften sehr leicht zuordnen konnte, war mir überaus klar, in welchem vernetzenden Zusammenhang die Fragen und Antworten stehen.*

Mit einem Mittelwert von 2,895 wurde dieser Aussage im Allgemeinen eher nicht zugestimmt. Lediglich die Schüler:innen des M-Profil liegen auch bei dieser Aussage wieder unter dem Durchschnitt, wobei die sechste und siebte Stufe mit Mittelwerten kleiner als 2,5 der Aussage im Allgemeinen auch zustimmten.

Tabelle 37: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 39

M-Profil Schulstufen	Item 39			
	4	5	6	7
Gültig	14	20	4	18
Mittelwert	2.714	2.650	2.000	2.333
Standardabweichung	1.139	0.587	1.155	0.907
Minimum	1.000	1.000	1.000	1.000
Maximum	4.000	3.000	3.000	4.000

*Item 40: Ich konnte die falschen Antworten sehr leicht erkennen.*

Der Mittelwert von 3,128 zeigt einen eindeutigen Trend, welcher sich auch separat in allen Stufen und Profilen widerspiegelt. Nur 4,7% (8 von 172; davon sind 5 im Profil WiRe) stimmten zu und weitere 13,4% (23 von 172; davon sind 15 im M-Profil) stimmten eher zu, die falschen Antworten sehr leicht zu erkennen.

*Item 41: Ich konnte die falschen Antworten sehr leicht mit einer richtigen Fragestellung in Verbindung setzen.*

Auch bei dieser Aussage ist die Tendenz klar in Richtung Ablehnung mit einem Mittelwert von 3,099. Knapp 2% (3 von 172) stimmten der Aussage zu, 18% (31 von 172; davon sind 14 im M-Profil und 12 im Profil WiRe) stimmten ihr eher zu.

Item 39 und 41 wurden im Interview ebenfalls als Sammelfrage gestellt. Als wichtiger Punkt hierfür ist dem Interview zu entnehmen, dass die Einschätzung des Experten ähnlich ist, wie die der Schüler:innen selbst, wobei es die höheren Schulstufen und das M-Profil waren, welche hier den Aussagen eher zugestimmt haben bzw. auch entsprechend bei der Beantwortung der fachlichen Fragen abgeschnitten haben (siehe Anhang 3; Zeile 235 – 237). Ansonsten war es von Seiten des Experten eher schwierig einzuschätzen, ob und wie leicht die Schüler:innen die Distraktoren in den Fragen erkennen können (siehe Anhang 3; Zeile 249).

*Item 42: Ein breitgefächertes Wissen zum Energiebegriff ist besonders wichtig für meinen Berufswunsch/Studienwunsch.*

Im Gesamten betrachtet findet diese Aussage mit einem Mittelwert von 2,756 keine Zustimmung seitens der Schüler:innen. Betrachtet man allerdings die Werte des M-Profils separat, fällt auf, dass diese in jeder Stufe kleiner als 2,5 sind. Hier waren es mit 55% (31 von 56) mehr als die Hälfte, welche den Energiebegriff als relevantes Thema in ihrem Berufs- oder Studienwunsch ansehen. Bei den restlichen Profilen waren es immerhin noch knapp 30% (34 von 116; davon sind 22 im Profil WiRe), welche dieser Aussage eher oder ganz zugestimmt haben.

*Tabelle 38: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 42*

M-Profil Schulstufen	Item 42			
	4	5	6	7
Gültig	14	20	4	18
Mittelwert	2.429	2.300	1.750	2.444
Standardabweichung	0.852	0.657	1.500	1.247
Minimum	1.000	1.000	1.000	1.000
Maximum	4.000	3.000	4.000	4.000

Laut dem Experten bleiben die Schüler:innen tatsächlich auch mehrheitlich ihrer Linie treu von der Profil- zur Studien- bzw. Berufswahl (siehe Anhang 3; Zeile 266 – 267).

## 5. Diskussion

In diesem Abschnitt werden nun die Forschungsfragen mithilfe der Untersuchungsergebnisse beantwortet. Wichtig ist an dieser Stelle auch anzumerken, dass nicht alle befragten Schüler:innen in der Sekundarstufe I schon Natur und Technik-Unterricht hatten, sondern zum Teil noch Naturlehreunterricht. Demnach wurden auch noch nicht alle Schüler:innen nach dem neuen Lehrplan unterrichtet. Dies ist hier allerdings vernachlässigbar, denn im primären Fokus steht allgemein naturwissenschaftlicher fächerübergreifender Unterricht, was auch beim Naturlehreunterricht der Fall ist.

Für die Beantwortung der Forschungsfragen I – IV werden gezielt Daten aus den Ergebnissen der Schüler:innenuntersuchung und des Experteninterviews hergenommen. Diese werden in weiterer Folge interpretiert. Aufgrund dessen werden die zu den Fragestellungen aufgestellten Hypothesen I – IV beantwortet.

*Fragestellung I: Hat der Natur und Technik-Unterricht der Sekundarstufe I einen positiven Einfluss auf die Förderung des vernetzenden und fächerübergreifenden Denkens bei Schüler:innen der Sekundarstufe II?*

Für die Beantwortung dieser Frage gibt es klare Gegensätze zwischen der Expertenmeinung und der Schüler:innenmeinung. Aus Perspektive des Experten, welcher sowohl fächerübergreifenden als auch gefächerten Unterricht hat, ist es hier eindeutig, dass sowohl der Naturlehreunterricht als auch der Natur und Technik-Unterricht das vernetzende Denken der Schüler:innen fördert (siehe Anhang 3; Zeile 201).

Aus Sicht der Schüler:innen lässt sich hierfür keine Zustimmung erkennen. Im Fragebogen der Schüler:innen war es Item 34, welches sich genau mit dieser Frage beschäftigt. Die Tendenz ist hier eindeutig, da 78,5% der Teilnehmenden der Aussage „*Durch die Beantwortung der Fragen fiel mir auf, dass ich wegen des Natur und Technik-Unterrichts aus der Unterstufe noch sehr gut vernetzend denken kann und mir naturwissenschaftliche Zusammenhänge besonders leicht fallen*“ (eher) nicht zugestimmt haben. Weiters macht Item 35 zur Beantwortung dieser Frage Sinn. Dieses behandelt die Aussage, dass der Natur und Technik-Unterricht es den Schüler:innen immer noch erleichtert, chemische Themen mit physikalischen und biologischen Inhalten zu verknüpfen. Auch hier sind es mit 72,5% mehr als die Hälfte aller Angaben, welche

der Aussage (eher) nicht zugestimmt haben. Auch wenn man die Unterschiede zwischen den Schulstufen und den Profilen genauer betrachtet, kann man nur wenig Zustimmung für diese Aussage ausfindig machen. Sehr spannend ist hier, dass nicht einmal die vierte Stufe, welche letztes Schuljahr noch Natur und Technik als Unterrichtsfach hatte, zustimmte. Dies könnte aber vor allem auch daran liegen, dass die fachlichen Fragen für Schüler:innen dieser Stufe zu anspruchsvoll waren. Obwohl bei den Fragen ein deutlicher Fokus auf Inhalte der Lehrmittel der Sekundarstufe I gelegt wurde, gibt es anspruchsvolle Fragen, die gerade im Chemieanfangsunterricht, in welchem sich diese Schüler:innen zur Zeit der Umfrage befinden, noch nicht besprochen wurden. Im Allgemeinen lässt sich auch sagen, dass Schüler:innen vom M-Profil im Verhältnis noch deutlich häufiger die Antwortmöglichkeit „trifft eher zu“ bei dieser Aussage angegeben haben als Schüler:innen der restlichen Profile. Beim Natur und Technik-Unterricht wird in der Sekundarstufe I noch nicht zwischen Profilen unterschieden. Somit haben alle Schüler:innen, egal welches Schwerpunktprofil sie in der Sekundarstufe II haben, zuvor denselben Unterricht. Es könnte allerdings daran liegen, dass Schüler:innen, die nicht im M-Profil sind, in der vierten Stufe keinen Chemieunterricht haben und ihnen somit ein Jahr fehlt, bei welchem der ehemalig fächerübergreifende Unterricht im Fach Chemie Anwendung findet.

Daher erhält Hypothese I nur begrenzte Zustimmung und wird größtenteils als widerlegt betrachtet.

*Fragestellung II: Hilft der Natur und Technik-Unterricht den Schüler:innen beim Thema Energie des Chemieunterrichts der Sekundarstufe II Schlussfolgerungen zum Energiebegriff in Biologie und/oder Physik zu ziehen?*

Die Kompetenz Schlussfolgerungen zwischen Fächern zu einem Thema zu ziehen ist nur schwer messbar. Deswegen wurde für die Beantwortung dieser Fragestellung eine Reihe an Aussagen hergenommen, die die eigene Einschätzung der Schüler:innen bezüglich dem Energiebegriff allgemein und deren Beantwortung der fachlichen Fragen darlegt.

Im zweiten Teil des Schüler:innenfragebogens wurden allgemeine Fragen zu Energie als Begriff gestellt, beginnend mit der Frage, an welche Schulfächer die Schüler:innen denken, wenn sie den Begriff hören. Dabei wurden hauptsächlich die Fächer Chemie und Physik angegeben. Natur und Technik wurde nur von 28,5% gewählt, was nicht

dafürspricht, dass der Natur und Technik-Unterricht hilft Schlussfolgerungen zu ziehen, so wie es in Fragestellung II genannt wird. Zudem haben lediglich 16,9% der Schüler:innen Biologie bei dieser Frage angegeben, was nahelegt, dass sie keine Schlussfolgerungen zu diesem Fach ziehen. Dennoch konnte, zumindest bei den Schüler:innen des M-Profiles, eine eindeutige Korrelation zwischen Biologie und Natur und Technik gezeigt werden. Sprich, wenn sie den Energiebegriff mit Natur und Technik in Verbindung setzen, tun sie dies auch mit Biologie.

Zudem gab über die Hälfte aller Befragten an, sich nicht sehr gut an den Energiebegriff aus dem Natur und Technik-Unterricht erinnern zu können. Damit besteht auch ein signifikanter Zusammenhang, bei welchem die Schüler:innen angegeben haben nicht genau zu wissen, was chemische Energie ist. Es ist durchaus nachvollziehbar, dass die Schüler:innen, die sich nicht an den Energiebegriff aus dem Natur und Technik-Unterricht erinnern können, ebenfalls nicht mehr genau wissen was chemische Energie ist. Im Gegensatz dazu vernetzte ein Großteil der Schüler:innen, dass chemische Energie bei biologischen und/oder physikalischen Vorgängen relevant ist. Somit können die Schüler:innen durch das Gelernte aus der Sekundarstufe I sehr wohl zuordnen, dass chemische Energie in der Biologie und Physik eine wichtige Rolle spielt, es scheint aber, dass sie sich selbst nicht zutrauen, die chemische Energie als solche zu definieren.

Für die weitere Beantwortung dieser Frage wird auf die Items 30 und 31 vom vierten Teil des Fragebogens genauer eingegangen. Bei Item 30 gaben die Schüler:innen an, ob sie zur Beantwortung der fachlichen Fragen zum Thema Energie ihr Vorwissen aus dem Natur und Technik-Unterricht anwenden konnten. In Summe betrachtet, haben die Schüler:innen dieser Aussage nicht zugestimmt. Vom M-Profil waren es aber die Schulstufen fünf und sechs, welche dieser Aussage im Allgemeinen zugestimmt haben. In der fünften Schulstufe tendierten von 20 Schüler:innen jeweils zehn in Richtung Zustimmung und Ablehnung. In der sechsten Schulstufe waren es 100% zustimmende Angaben. Hier gilt jedoch zu beachten, dass nur vier Schüler:innen von der sechsten Stufe im M-Profil an der Umfrage teilgenommen haben. Dass gerade Schüler:innen aus der fünften und sechsten Schulstufe für die Beantwortung der Fragen ihr Wissen aus dem Unterricht der Sekundarstufe I anwenden konnten, könnte daran liegen, dass der Fokus zu Themen rund um Energie in allen drei Naturwissenschaften eher in diesen Stufen liegt (LG Grundlagenfach Chemie, o.D.).

Bei Item 31 gaben die Schüler:innen an, ob ihnen die Beantwortung der fachlichen Fragen zum Thema Energie allgemein durch den Natur und Technik-Unterricht leicht fiel. Die Aussage wurde absichtlich mit „besonders leicht“ gestellt, um eine klare Tendenz bei den Schüler:innen feststellen zu können. Dies wurde bei den Ergebnissen auch eindeutig gewährleistet, wo ersichtlich wird, dass der Natur und Technik-Unterricht für die Schüler:innen nicht als Hilfestellung zur Beantwortung der fächerübergreifenden Fragen angesehen wird. Insgesamt sind es 42,4%, die bei dieser Aussage „trifft eher nicht zu“ und weitere 44,2% „trifft nicht zu“ angegeben haben. Auch wurden die Fragen nur von acht der 172 Teilnehmenden zu mehr als der Hälfte richtig beantwortet. Es ging bei dieser Umfrage allerdings nicht darum, ob die Fragen richtig oder falsch beantwortet wurden, sondern um zu sehen, welche Fragen am häufigsten korrekt beantwortet worden sind, wo demnach auch das vernetzende Denken allgemein am ehesten stattfindet.

Aufgrund dessen gilt Hypothese II für die Gesamtheit der befragten Schüler:innen als nicht plausibel. Lediglich die Aussagen von Schüler:innen der fünften und sechsten Stufe stützen Hypothese II.

*Fragestellung III: Stellen die Schüler:innen aufgrund des Natur und Technik-Unterrichts beim Thema Energie im Chemieunterricht der Sekundarstufe II besser Bezüge zu Physik oder Biologie her?*

Um diese Frage zu beantworten, wurden die fachlichen Fragen genauer betrachtet, welche von über 30% der Schüler:innen richtig beantwortet wurden. Insgesamt betrifft das acht der 21 fachlichen Fragen. Von diesen acht Fragen sind es drei Fragen, welche einen besonderen Fokus auf biologische Inhalte legen (12; Kernreaktionen bei Menschen, 15; Chemische Energieträger der Nahrung, 22; Sauerstoffreaktionen im Körper). Weitere drei Fragen beschäftigen sich gesondert mit der Elektrochemie (19; Galvanische Zellen, 21; Einheit der Redoxpotentiale; 26 Brennstoffzellen). Eine Frage hatte einen physikalischen Schwerpunkt (10; Kernspaltung), eine weitere konzentrierte sich auf Energieumwandlungsreaktionen, vor allem auch mit Fokus auf Physik (25; Erdölenergieanlage (Ölkraftwerk)). Neben diesen insgesamt richtig beantworteten Fragen sind es auch noch einzelne Attraktoren und Distraktoren von anderen Fragen, welche besonders hervorstechen. So wurde aus der Biologie die Fotosynthese von 75,6% der Befragten als endotherme chemische Reaktion erkannt. Auch 56,4% wählten das

Erhitzen von Wasser als eine solche Reaktion, nicht aber als physikalischen Vorgang. 58,7% gaben an, dass Katalysatoren im Körper von Lebewesen in Form von Enzymen zu finden sind. Die Autokatalysatoren wurden hingegen nur noch von 46,5% gewählt. Dass die Speicherung chemischer Energie in den Fettzellen des Körpers stattfindet, haben 79,1% der Befragten gewählt. Und auch Muskeln als Energiewandler chemischer Energie wurden am häufigsten bei Frage 23 mit 52,3% angegeben. Insgesamt lässt sich hier eine sehr klare Tendenz erkennen, dass Schüler:innen die Vernetzung zwischen Chemie und Biologie beim Thema Energie am leichtesten fällt. Dies könnte daran liegen, dass die chemische Energie auch schon im Natur und Technik-Unterricht sehr häufig in Kapiteln biologischer Überthemen behandelt wird (Schulamt Liechtenstein, 2015). Zudem haben Schüler:innen, welche nicht im M-Profil sind, zwei Wochenstunden Biologie ab der vierten Stufe bis zur sechsten Stufe (LG Grundlagenfach Biologie, o.D.). Physik haben sie hingegen erst ab der fünften Stufe bis zur siebten Stufe (LG Grundlagenfach Physik, o.D.). Im M-Profil haben die Schüler:innen in der gesamten Sekundarstufe II allerdings mehr Wochenstunden Physik als Biologie (LG Profilfach Biologie/Physik, o.D.). Dies fällt auch bei genauerer Betrachtung der einzelnen Fragen auf, dass Schüler:innen vom M-Profil die Fragen insgesamt häufiger richtig beantwortet haben, wenn der Fokus der Frage auf physikalischen Inhalten liegt.

Die Annahme, wie in Hypothese III beschrieben, dass fächerübergreifende Bezüge von Chemie zum Fach Biologie besser geschlossen werden können, kann mithilfe dieser Ergebnisdarstellung gestützt werden.

*Fragestellung IV: Gibt es Unterschiede zum vernetzenden Denken zwischen den Schulstufen und Schwerpunktprofilen?*

Der Fokus der Items 34, 35 und 37 lag gesondert bei der Selbsteinschätzung zum vernetzenden Denken der Lernenden. Grob zusammengefasst behandelten die Items Einschätzungen zum vernetzenden Denken und dem Ableiten von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen sowie zum Verknüpfen und Nennen von chemischen Beispielen zu biologischen und physikalischen Inhalten. Hier waren es jeweils Schüler:innen vom M-Profil, welche angegeben haben, dass diese vernetzenden Kompetenzen eher auf sie zutreffen.

Unterschiede zum vernetzenden Denken zwischen Schulstufen und Schwerpunktprofilen sind zudem bei der Evaluierung der Ergebnisse der einzelnen Fragen sowie der Gesamtergebnisse ersichtlich geworden. Es wurde auch eindeutig festgestellt, dass die Aussage vom Experten, bei der es heißt, dass die Beantwortung der fachlichen Fragen mit zunehmender Schulstufe und im M-Profil häufiger richtig sein wird, zutrifft (siehe Anhang 3; Zeile 145 – 146). Bei der Gesamtauswertung der fachlichen Fragen wird gezeigt, dass Schüler:innen vom M-Profil durchschnittlich mehr Fragen richtig beantwortet haben. Gleichzeitig wird ersichtlich, dass die Anzahl richtig beantworteter Fragen mit der Schulstufe zunimmt. Demnach haben Schüler:innen von der siebten Schulstufe auch eher alle Begriffe, welche bei den fachlichen Fragen vorgekommen sind, zumindest schon einmal gehört und im besten Fall auch direkt richtig zuordnen können. In der vierten Stufe hingegen könnten noch einige Begriffe neu sein, somit fand eine geringere richtige Zuordnung statt. Bei Schüler:innen der restlichen Profile liegt der Schwerpunkt jeweils auf anderen Themen, als auf den Naturwissenschaften, wodurch auch das fachliche Interesse geringer ausfallen könnte. Das würde die ersichtliche Diskrepanz zwischen den Profilen erklären. Was man allerdings an dieser Stelle noch hervorheben sollte, ist, dass einzelne Schüler:innen vom Profil „Wirtschaft und Recht“ die meisten richtigen Antworten bei der Befragung hatten. Hierauf bestätigt auch der Experte, dass es in den restlichen Profilen sehr wohl interessierte Schüler:innen im Chemieunterricht gibt, diese dann auch für eine größere Streuung bei der Beantwortung der Fragen sorgen werden (siehe Anhang 3; Zeile 146 – 149), was wiederum durch die Tests anhand der stärker varierenden Standardabweichungen bestätigt wurde.

Hypothese IV wird mit dieser Vielseitigkeit an Untersuchungsergebnissen eindeutig gestützt.

## **6. Fazit**

Im Laufe dieser Arbeit wurden sehr viele wichtige und spannende Erkenntnisse gewonnen, welche für oder gegen fächerübergreifenden Unterricht sprechen. So sind es vor allem die Expert:innen selbst, seien es Lehrpersonen oder Lehrplanentwickler:innen, welche sich für den fächerübergreifenden Natur und Technik-Unterricht aussprechen. Seitens der Schüler:innen kann man sehr wohl feststellen, dass diese im Fach Chemie auch Bezüge zu anderen naturwissenschaftlichen Fächern schätzen. Im Gegensatz dazu lässt sich durch die Selbsteinschätzung der Schüler:innen nicht bestätigen, dass der fächerübergreifende Unterricht deren vernetzendes Denken nachhaltig bzw. merklich für das Thema Energie im Chemieunterricht der Sekundarstufe II fördert. Die Einschränkung auf ein Thema des Chemieunterrichts, hier Energie, hat natürlich auch gewisse Grenzen zur Untersuchung des allgemeinen fächerübergreifenden Unterrichtes mit sich gebracht. Dies wurde aber so gewählt, um einen geeigneten Rahmen für diese Arbeit zu gewährleisten.

Zudem handelt es sich hier um eine Studie, welche auf einem Lehrplan beruht, der erst in den Startlöchern ist. Somit hatten noch nicht alle Schüler:innen, die bei der Studie befragt wurden, tatsächlich auch schon seit Schulbeginn der Sekundarstufe I Unterricht nach diesem neuen Lehrplan. Demnach wäre hier interessant zu wissen, wie sich die Datenlage in ein paar Jahren verändert. Dazu könnte man erneut eine Erhebung durchführen, diese dann miteinander vergleichen.

Eine weitere mögliche Untersuchung wäre ein Ländervergleich mit Schüler:innen, welche keinen fächerübergreifenden Unterricht an der Sekundarstufe I haben. Gerade auch, weil bei der aktuellen PISA-Studie von 2022 die Schweiz im Bereich Naturwissenschaften besser abgeschnitten hat als Deutschland und Österreich. PISA-Studien werden allerdings bei 15-jährigen Schüler:innen durchgeführt, die in diesem Alter überwiegend noch in der Sekundarstufe I sind. Somit stellen diese Untersuchungen nur begrenzt fest, inwieweit der fächerübergreifende Unterricht einen nachhaltigen Mehrwert für das vernetzende Denken der Lernenden der Sekundarstufe II hat.

## Literaturverzeichnis

- Anton, M. A. (2007). Transdisziplinarität und Fachunterricht - 2. Fächerverbindende Lehrerfortbildung der ISM München für inner- und außerschulisches Lernen am 5.2.2007 [Vorlesungsfolien]. LMU Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Barke, H. D., Harsch, G., Kröger, S., Marohn, A. (n.d.). Chemiedidaktik kompakt (3. Aufl. 2018 ed.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Brückmann, M. et al. (2020). NaTech 7 – Grundlagen. (3. Auflage). Lehrmittelverlag Zürich.
- Combe, A. (2019). Verstehen als Gespräch – ein Abenteuer?. In: Berdelmann, K., Fritzsche, B., Rabenstein, K., Scholz, J. (eds) Transformationen von Schule, Unterricht und Profession. Springer VS, Wiesbaden. [https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.1007/978-3-658-21928-4\\_3](https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.1007/978-3-658-21928-4_3)
- Combe, A., Gebhard, U. (2012). Verstehen im Unterricht. In: Verstehen im Unterricht. VS Verlag für Sozialwissenschaften. [https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.1007/978-3-531-94281-0\\_1](https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.1007/978-3-531-94281-0_1)
- Dietz, D., Bolte, C. (o.D.). Vernetztes Lernen im (Integrierten) Naturwissenschaftlichen Unterricht. Freie Universität Berlin.
- Greutmann, P., Saalbach, H., Stern, E., Hofer, S., Schalk, L., Edelsbrunner, P., Deiglmayr, A. (2020). Wer lehren will, muss das Lernen verstehen: Die kognitionspsychologischen Grundlagen des menschlichen Lernens. In Professionelles Handlungswissen für Lehrerinnen und Lehrer. Germany: Kohlhammer Verlag. 35.
- Habig, S., van Vorst, H., Sumfleth, E. (2016). Optimierung des Kontexteinsatzes im Chemieunterricht. Authentizität und Lernen-das Fach in der Fachdidaktik (S. 470–472).
- Hopp, V. (2018). Energie [E. energy]. In Chemische Kreisläufe in der Natur (pp. 385–411). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55860-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55860-7_14)  
<https://www.meinunterricht.de/arbeitsblaetter/chemie/enthalpie/dokument/energie-ein-konzept-in-allen-naturwissenschaften/>
- Huber, L., & Effe-Stumpf, G. (1994). Der fächerübergreifende Unterricht am Oberstufen-Kolleg. Perspektivenwechsel. Beiträge zum fächerübergreifenden Unterricht für junge Erwachsene. Reihe Ambos, 38, 63-86.

Klafki, W. (1996). Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. In Zentrum: Epochaltypische Schlüsseprobleme. In W. Klafki (Ed.), Neue Studien in Bildungstheorie und Didaktik (43-81). Weinheim: Beltz.

Labudde, P. (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(2), 48–66.

Labudde, P. (2004). Fächer übergreifender Unterricht in Naturwissenschaften: 'Bausteine' für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22(1), 54-68.

Labudde, P. (2006). Fachunterricht und fächerübergreifender Unterricht: Grundlagen. In K.-H. Arnold, J. Wiechmann, & J. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 441–447). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht - Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 11–19. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>

Labudde, P., & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. In Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht (pp. 435–473). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2_14)

Liechtensteinisches Gymnasium. (2023). Das Liechtensteinische Gymnasium. Informationsbroschüre. BVD Druck+Verlag AG.

Liechtensteinisches Landesgesetzblatt. (1999). Verordnung vom 23. März 1999 über den Lehrplan für den Kindergarten, die Primar- und Sekundarschulen. 9-13.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. In: *Archives of Psychology*. 140. 5-55.

Metzger, S. et al. (2021). NaTech 8 – Grundlagen. (3. Auflage). Lehrmittelverlag Zürich.

Metzger, S. et al. (2021). NaTech 9 – Grundlagen. (1. Auflage). Lehrmittelverlag Zürich.

Mortimer, C. E., & Müller, U. (2001). Chemie (7. Auflage.). Stuttgart, Germany :: Thieme.

Mortimer, C. E., & Müller, U. (2019). Chemie: Das Basiswissen der Chemie (13., Auflage.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag. doi:10.1055/b-006-163279

Nerdel, C. (2017). Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik : Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule. Springer Berlin Heidelberg Imprint: Springer Spektrum.

OECD. (2014). PISA 2012 Results in Focus. What 15-year-olds know and what they can do with what they know. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD. (2018). PISA 2015 Results in Focus. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD. (2019). PISA 2018 Results in Focus. Combined executive summaries. Volume I, II & III. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD. (2024). PISA 2022 Results in Focus. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Pfenning, U., & Renn, O. (2010). Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften: Ramseier. (1998). Leistungsprofil und Unterricht. Bildungsforschung und Bildungspraxis = Education et recherche, 20(1), 8. <https://doi.org/10.5169/seals-786228>

Schecker, H., Theyßen, H. (2007). Energie-Konzept – Ein Konzept in allen Naturwissenschaften?. In: Stäudel, L. & Rehm, M. (Hrsg.). Nature of Science. Naturwissenschaften im Unterricht-Chemie. 18 Nr.100/101. Seelze: Friedrich Verlag. 85.

Schulamt des Fürstentums Liechtenstein (2023). Umgang mit Anfragen zur Datenerhebung an Liechtensteinischen Schulen.

Schulamt des Fürstentums Liechtenstein. (2005). Lehrplan für das Fürstentum Liechtenstein. 2. Auflage.

Schulamt des Fürstentums Liechtenstein. (2015). LiLe – Liechtensteiner Lehrplan. Natur und Technik mit Physik, Chemie und Biologie. Kompetenzaufbau 3. Zyklus. 8-9.

Schulamt des Fürstentums Liechtenstein. (2018). LiLe – Liechtensteiner Lehrplan. Überblick.

Stieger, M. (2018). Elemente – Grundlagen der Chemie für Schweizer Maturitätsschulen (2. Auflage). Klett und Balmer Verlag.

Vetrovsky, C., Anton, M. A. (2008). Vom Naturerleben zur Naturwissenschaft. PdN-ChiS 57 (2008) 3, 32-34.

Weinert, F. E. (2001) Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg) Leistungsmessungen in Schulen. Beltz Verlag Weinheim. Basel. 17–31.

Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Stuttgart: Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Umwelt- und Techniksozialisation.

## Internetquellen

BG/BRG Stainach. (o.D.). Unterstufe NAWI-Labor (Teil Biologie). Abgerufen 14. Juli 2023, von

<https://www.gymnasium-stainach.at/bildungsangebot/fachportal/biologie-und-umweltkunde/nawi-zweig-teil-biologie.html>

Liechtensteinische Landesverwaltung llv (13. April 2023). Bildungswesen / Schularten. Abgerufen 18. Juli 2023, von  
<https://www.llv.li/de/landesverwaltung/schulamt/bildungsbereiche/bildungswesen-schularten>

Liechtensteinisches Gymnasium (o.D.). Chemie Profilfach. Abgerufen 21. Juli 2023, von <https://www.lg-vaduz.li/fach/chemie-profilfach>

Liechtensteinisches Gymnasium (o.D.). Grundlagenfach Chemie. Abgerufen 21. Juli 2023, von <https://www.lg-vaduz.li/fach/chemie>

PISA-Studien. (7. Januar 2023). In Wikipedia. Abgerufen 17. Juli 2023, von <https://de.wikipedia.org/wiki/PISA-Studien>

Regierung des Fürstentums Liechtenstein (13. Juni 2018). Öffentlichkeit über neuen Lehrplan LiLe informiert. Abgerufen 18. Juli 2023, von <https://www.regierung.li/de/mitteilungen/203690/>

Schule in Deutschland. (o.D.). Die Sekundarstufe I am Gymnasium in Bayern. Abgerufen 17. Juli 2023, von <https://schule-in-deutschland.de/die-sekundarstufe-i-am-gymnasium-in-bayern/>

Technische Universität München. (o.D.). OECD Programme for International Student Assessment (PISA). Naturwissenschaftliche Kompetenz. Abgerufen 17. Juli 2023, von <https://www.pisa.tum.de/pisa/kompetenzbereiche/naturwissenschaftliche-kompetenz/>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Kategorisierung fächerübergreifenden Unterrichts auf Eben der Stundentafel (Labudde & Schecker, 2021, S. 440) .....	7
Abbildung 2: Vierter Kompetenzbereich im Fachbereichslehrplan zu Natur und Technik (SA FL, 2015, S. 8) .....	16
Abbildung 3: Zweiter Teil des vierten Kompetenzbereichs im Fachbereichslehrplan zu Natur und Technik (SA FL, 2015, S.9) .....	17
Abbildung 4: Ergebnisvergleich von Frage 5 aller Befragten (Microsoft Forms) .....	33
Abbildung 5: Ergebnisse Frage 6 (Item 6 – 8) (Microsoft Forms) .....	34
Abbildung 6: Mittelwerte der Anzahl richtiger Antworten pro Stufe/Profil im Vergleich (Eigene Grafik, Excel) .....	51
Abbildung 7: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 30 – 42 (Microsoft Forms) .....	54

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Allgemeine Informationen aller Teilnehmenden .....	30
Tabelle 2: Allgemeine Informationen der Teilnehmenden pro Schulstufe und Profil....	31
Tabelle 3: Zusammenfassung Ergebnisse Frage 5 aufgeteilt nach Stufen und Profilen .	32
Tabelle 4: Spearmans Korrelationen für Frage 5 .....	33
Tabelle 5: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 9.....	36
Tabelle 6: Ergebnisse M-Profil aller Stufen für Item 9 .....	36
Tabelle 7: Ergebnisse restliche Profile aller Stufen für Item 9 .....	37
Tabelle 8: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 10.....	37
Tabelle 9: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 11 .....	38
Tabelle 10: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 12.....	39
Tabelle 11: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 13.....	39
Tabelle 12: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 14.....	40
Tabelle 13: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 15.....	41
Tabelle 14: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 16.....	42
Tabelle 15: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 17.....	42
Tabelle 16: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 18.....	43
Tabelle 17: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 19.....	44
Tabelle 18: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 20.....	44
Tabelle 19: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 21.....	45
Tabelle 20: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 22.....	45
Tabelle 21: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 23.....	46
Tabelle 22: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 24.....	47
Tabelle 23: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 25.....	47
Tabelle 24: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 26.....	48
Tabelle 25: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 27.....	48
Tabelle 26: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 28.....	49
Tabelle 27: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 29.....	50
Tabelle 28: Gesamtauswertung der Anzahl an richtigen fachlichen Fragen nach Stufe/Profil .....	51
Tabelle 29: Ergebnisse der t-Tests .....	52
Tabelle 30: Ergebnisse aller Schüler:innen für Item 30 – 42.....	53

Tabelle 31: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 30 .....	55
Tabelle 32: Zuordnung Stufe/Profil mit mehr als der Hälfte korrekte Antworten.....	56
Tabelle 33: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 33 .....	57
Tabelle 34: Ergebnisse aller Schüler:innen aufgeteilt nach Stufen für Item 35.....	58
Tabelle 35: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 36 .....	58
Tabelle 36: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 37 .....	59
Tabelle 37: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 39 .....	60
Tabelle 38: Ergebnisse M-Profil aufgeteilt nach Stufen für Item 42 .....	61

## Abkürzungsverzeichnis

Al	Aluminium
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminiumoxid
C	Coulomb
c	Stoffmengenkonzentration
D-EDK	Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz
Fe	Eisen
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Eisen(III)-oxid
FL	Fürstentum Liechtenstein
J	Joule
K	Kelvin
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
L	Liter
LG	Liechtensteinisches Gymnasium
LiLe	Liechtensteiner Lehrplan
llv	Liechtensteinische Landesverwaltung
m	Meter
mol	Einheit der Stoffmenge
N	Newton
p	Druck
Pa	Pascal
PISA	Programme for International Student Assessment
SA	Schulamt Liechtenstein
T	Temperatur
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study
V	Volt
Ω	Ohm

# **Anhang 1 Schüler:innenfragebogen**

## **Befragung zum vernetzenden naturwissenschaftlichen Denken**

Liebe Schülerinnen und Schüler

Ich lade euch dazu ein, an einer Untersuchung teilzunehmen, die das das vernetzende Denken aufgrund des Natur und Technik-Unterrichts im Chemieunterricht zum Energiebegriff näher betrachtet. Dieser Fragebogen bildet einen wichtigen Bestandteil meiner Masterarbeit an der Universität Wien. Deine Angaben werden vollständig anonym und vertraulich behandelt. Deine Teilnahme ist äusserst wertvoll für mich, daher bitte ich dich, den Fragebogen gewissenhaft auszufüllen.

Vielen Dank im Voraus für deine Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen

Sophie Braubach

## **Abschnitt 1: Soziodemografische Angaben**

1. Geschlecht

- Männlich
- Weiblich
- Divers

2. In welcher Stufe/Klasse bist du aktuell?

- 4
- 5
- 6
- 7

3. In welcher Form hast/hattest du deinen Chemieunterricht?

- Chemie als Profilfach
- Chemie als Grundlagenfach

4. Hast du aktuell Chemie als Schulfach?

- Ja
- Nein

## **Abschnitt 2: Energie als Unterrichtsthema**

5. Wenn ich das Wort Energie höre, denke ich an das Fach (Mehrfachauswahl):

- Chemie
- Biologie
- Physik
- Natur und Technik

6. Kreuze bitte das für dich Zutreffende an.

<i>1 = Trifft zu, 2 = Trifft eher zu, 3 = Trifft eher nicht zu, 4 = Trifft nicht zu</i>	1	2	3	4
Ich kann mich an den Energiebegriff aus dem Natur und Technik-Unterricht sehr gut erinnern.				
Chemische Energie ist bei biologischen und/oder physikalischen Vorgängen relevant				
Ich weiss genau, was chemische Energie ist.				

### Abschnitt 3: Fachliches zum Energiebegriff

Im folgenden Abschnitt werden Wissensfragen zum Energiebegriff gestellt. Bei jeder dieser Fragen ist mindestens 1 und maximal 4 Antworten richtig.

7. Kreuze chemische Reaktionen an, bei denen Energie aufgenommen wird (endotherme Reaktionen):
- Fotosynthese
  - Erhitzen von Wasser
  - Schmelzen von Eis
  - Brausetablette in Wasser lösen
8. Kreuze chemische Reaktionen an, bei denen Energie frei wird (exotherme Reaktionen):
- Verbrennung von Holz
  - Zellatmung
  - Verdauungsvorgänge im Körper
  - Festes Natriumhydroxid in Wasser lösen
9. Wenn eine Person ein Knicklicht zum Leuchten bringen möchte, dann sind ... beteiligt.
- Chemische Reaktionen
  - Physikalische Prozesse
  - Biologische Vorgänge
  - Radioaktive Zerfälle

10. Die Kernspaltung in einem Reaktor ist ein physikalischer Prozess. Dieser verläuft über viele Schritte. Kreuze zutreffendes an.
- Eine Kernspaltung verläuft endotherm.
  - Eine Kernspaltung verläuft exotherm.
  - Eine Kernspaltung hat exotherme und endotherme Teilreaktionen/prozesse.
  - Eine Kernspaltung hat weder exotherme noch endotherme Teilreaktionen/prozesse.
11. Die Kernfusion in Sternen ist ebenfalls ein physikalischer Prozess. Kreuze zutreffendes an.
- Die Kernfusion unserer Sonne verläuft endotherm.
  - Die Kernfusion unserer Sonne verläuft exotherm.
  - Kernfusionen, die zu Supernovae (Explosion eines Sterns am Ende seiner Entwicklung) führen, sind endotherm.
  - Kernfusionen, die zu Supernovae (Explosion eines Sterns am Ende seiner Entwicklung) führen, sind exotherm.
12. Kernreaktionen können für den Menschen schädlich sein. Kreuze zutreffendes an.
- Die freiwerdende Strahlung greift das menschliche Erbgut an.
  - Die freiwerdende Hitze greift das menschliche Erbgut an.
  - Iodtabletten können Tumorzellen in der Schilddrüse zerstören.
  - Radioaktives Iod kann Tumorzellen in der Schilddrüse zerstören.
13. Bei exothermen Reaktionen wird Wärme frei, die der Mensch wahrnehmen kann.  
In welchen Körperteilen findet die Thermorezeption (Temperaturwahrnehmung) statt?
- Epidermis (Oberhaut)
  - Dermis (Lederhaut)
  - Hypothalamus (wichtigstes Steuerzentrum des vegetativen Nervensystems)
  - Hypophyse (Hirnanhangsdrüse)
14. Katalysatoren verringern die Aktivierungsenergie chemischer Reaktionen. Man findet sie:
- Im Körper von Lebewesen in Form von Enzymen

- In Autos zur Abgasnachbehandlung
- In Solarkraftwerken für den Turbinenantrieb
- Im Stromkreis zur Serienschaltung

15. Nahrung liefert dem Menschen Energie. Chemische Energieträger der Nahrung sind:

- Kohlenhydrate
- Fette
- Vitamine
- Proteine

16. Im Körper wird die chemische Energie der Nahrung wie folgt weiterverarbeitet:

- Die Speicherung erfolgt in den Fettzellen des Körpers.
- Die Speicherung erfolgt in den Muskelzellen des Körpers.
- Wird durch Bewegung in kinetische Energie umgewandelt.
- Wird durch Wärmeströmung in thermische Energie umgewandelt.

17. Energiespeicher: Was hat am meisten gespeicherte chemische Energie in Kilojoule pro Kilogramm (kJ/kg)?

- Alkali-Mangan-Batterie
- Steinkohle
- Schokolade
- Lithium-Ionen-Akkumulator

18. Eine Redoxreaktion findet man bei

- Citratzyklus
- Batteriebetrieb
- Fotosynthese
- Entladen eines Akkumulatorbetriebs

19. In einer galvanischen Zelle

- Wird elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt.
- Wird chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt.
- Wird chemische Energie in thermische Energie umgewandelt.
- Wird thermische Energie in elektrische Energie umgewandelt.

20. Bei der Energieumwandlung in einer galvanischen Zelle spielt diese physikalische Grösse eine wesentliche Rolle:

- Spannung
- Widerstand
- Stromstärke
- Elektrische Ladung

21. Redoxpotentiale werden in dieser physikalischen Einheit angegeben:

- Joule (J)
- Coulomb (C)
- Volt (V)
- Ohm ( $\Omega$ )

22. Körperzellen erhalten Energie durch die Umwandlung von Nährstoffen mithilfe von Sauerstoff. Diese Reaktion nennt man:

- Redoxreaktion
- Cytolysereaktion
- Reduktion
- Oxidation

23. Energiewandler chemischer Energie findet man in

- Muskeln
- Glühwürmchen
- Brennstoffzellen
- Ölheizungen

24. Für die Entstehung von Rohöl und die weitere Verwendung im Alltag als Energieträger bedarf es folgender Reihenfolge:

- Physikalische Prozesse -> Biologische Vorgänge -> Chemische Aufbereitung
- Chemische Aufbereitung -> Biologische Vorgänge -> Physikalische Prozesse
- Biologische Vorgänge -> Chemische Aufbereitung -> Physikalische Prozesse
- Biologische Vorgänge -> Physikalische Prozesse -> Chemische Aufbereitung

25. In einer Erdölenergieanlage (Ölkraftwerk) verläuft die Energieumwandlung wie folgt:

- Chemische Energie -> Thermische Energie -> Elektrische Energie
- Thermische Energie -> Chemische Energie -> Elektrische Energie
- Elektrische Energie -> Chemische Energie -> Thermische Energie
- Chemische Energie -> Elektrische Energie -> Thermische Energie

26. In einer Brennstoffzelle verläuft das Prinzip der Energieumwandlung wie folgt:

- Chemische Energie -> Thermische Energie -> Elektrische Energie
- Chemische Energie -> Elektrische Energie
- Thermische Energie -> Chemische Energie -> Elektrische Energie
- Thermische Energie -> Elektrische Energie

27. Wenn man einen heißen und einen kalten Stein nebeneinander legt, haben beide nach einer gewissen Zeit die selbe Temperatur. Welche thermodynamischen Zustandsgrößen sind daran beteiligt?

- Enthalpie
- Entropie
- Konvektion
- Konduktion

#### Abschnitt 4: Selbsteinschätzung

28. Kreuze bitte das für dich Zutreffende an:

<i>1 = Trifft zu, 2 = Trifft eher zu, 3 = Trifft eher nicht zu, 4 = Trifft nicht zu</i>	1	2	3	4
a. Bei der Beantwortung der Fragen konnte ich mein gelerntes Wissen aus dem Natur und Technik-Unterricht sehr gut anwenden.				
b. Durch den vernetzenden Natur und Technik-Unterricht fiel mir die Beantwortung der Fragen besonders leicht.				
c. Mir ist es überaus wichtig, Beispiele aus Biologie/Physik beim Thema Energie im Chemieunterricht zu lernen.				
d. Auf eine Vernetzung der drei Naturwissenschaften wird/wurde in der Schule genügend geachtet.				
e. Durch die Beantwortung der Fragen fiel mir auf, dass ich wegen des Natur und Technik-Unterrichts aus der Unterstufe noch sehr gut vernetzend denken kann und mir naturwissenschaftliche Zusammenhänge besonders leicht fallen.				
f. Der Natur und Technik-Unterricht aus der Unterstufe hilft mir immer noch sehr, chemische Themen mit biologischen und physikalischen Inhalten sicher zu verknüpfen.				
g. Ich kann die wesentlichen Inhalte vom Fach Chemie von den Fächern Biologie und Physik problemlos unterscheiden. Ich weiß genau, worin sich die drei Naturwissenschaften unterscheiden.				

h. Es fällt mir sehr leicht, zu Themen aus dem Chemieunterricht biologische und physikalische Beispiele zu nennen.			
i. Bei der Beantwortung der Fragen konnte ich die Begriffe sehr gut der Chemie, Biologie und Physik zuordnen.			
j. Obwohl ich die Fragen/Antworten den einzelnen Naturwissenschaften sehr leicht zuordnen konnte, war mir überaus klar, in welchem vernetzenden Zusammenhang die Fragen und Antworten stehen.			
k. Ich konnte die falschen Antworten sehr leicht erkennen.			
l. Ich konnte die falschen Antworten sehr leicht mit einer richtigen Fragestellung in Verbindung setzen.			
m. Ein breitgefächertes Wissen zum Energiebegriff ist besonders wichtig für meinen Berufswunsch/Studienwunsch.			

## Anhang 2 Experteninterview Leitfaden

Interview-leitfaden <sup>40</sup>	Leitfrage	Zusammenhang mit SuS-Fragebogen
<b>Einstieg</b>		
Allgemeines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrüßung</li> <li>- Dank für die Teilnahme</li> <li>- Information zum Interviewverlauf</li> <li>- Allgemeine Angaben zur Person</li> <li>- Start der Aufnahme</li> </ul>	
<b>Frage 1</b>	Wie lange bist du schon Lehrer am Liechtensteinischen Gymnasium?	
<b>Frage 2</b>	Wie lange bist du schon Fachvorstand für Chemie?	
<b>Frage 3</b>	Welche Fächer unterrichtest du aktuell bzw. hast du am Liechtensteinischen Gymnasium bis dato unterrichtet?	
<b>Frage 4</b>	Welche/wie viele Schulstufen unterrichtest du?	
<b>Frage 5</b>	Wie lange unterrichtest du schon Chemie? Auf einer Skala <sup>41</sup> von 1 – 10, welche Bedeutung hat Chemie deiner Meinung nach als Fach?	
<b>Frage 6</b>	Wie lange unterrichtest du schon Natur und Technik? Auf einer Skala von 1 – 10, welche Bedeutung hat Natur und Technik deiner Meinung nach als Fach?	
<b>Hauptteil 1</b> – Allgemeine Fragen zum vernetzenden Denken		
<b>Frage 7</b>	Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das vernetzende Denken deiner SuS in Natur und Technik ein?	
<b>Frage 8</b>	Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das vernetzende Denken deiner SuS in Chemie ein?	
<b>Frage 9</b>	Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das vernetzende Denken deiner SuS zum Thema Energie ein?	
<b>Hauptteil 2</b> – Fragen mit Zusammenhang zum Schüler:innenfragebogen		
<b>Frage 10</b>	Können die SuS ihr Wissen aus dem Natur und Technik-Unterricht im Chemieunterricht gut anwenden?	Frage 28, a
<b>Frage 11</b>	Glaubst du den SuS fällt die Beantwortung der fachlichen Fragen leicht oder schwer? Welche Fragen fallen den SuS eher leicht/schwer	Frage 28, b
<b>Frage 12</b>	Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das Interesse der SuS ein, wenn man beim Thema Energie im Chemieunterricht Beispiele zum Thema aus Biologie/Physik miteinbezieht?	Frage 28, c
<b>Frage 13</b>	Werden viele Bezüge zu Biologie / Physik im Chemieunterricht der Oberstufe seitens der Lehrperson hergestellt? Hat sich dies im Laufe der Vergangenheit geändert?	Frage 28, d
<b>Frage 14</b>	Fördert der Natur und Technik-Unterricht deiner Erfahrung nach das vernetzende Denken? Fällt es den SuS leicht, naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu erkennen?	Frage 28, e

<sup>40</sup> In Anlehnung an Schuster, K. Eigenverantwortliches Arbeiten (EVA) im Distance Learning, Masterarbeit, Lehramt Sek (AB) UF Chemie UF Deutsch, Wien, 2021.

<sup>41</sup> 1 ist gering, 10 ist viel

<b>Frage 15</b>	Können die SuS zwischen den Naturwissenschaften unterscheiden? Wissen sie, welcher Naturwissenschaft die gelernten Fakten zuzuordnen sind?	Frage 28, f, g, h und i
<b>Frage 16</b>	Können die SuS die falschen Antworten im Fragebogen überhaupt bzw. wie schnell ausfindig machen und diese den richtigen Themen zuordnen?	Frage 28, j, k und l
<b>Frage 17</b>	Habt ihr viele Absolvent:innen, für die das Energiethema aus dem Chemieunterricht einen wichtigen Stellenwert in deren Berufswunsch/Studienwunsch hat?	Frage 28, m
<b>Abschluss</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kurzes Resümee des Interviews</li> <li>- Ende der Aufnahme</li> <li>- Dank für die Teilnahme</li> <li>- Informationen zum weiteren Vorhaben</li> <li>- Klären von offenen Fragen</li> <li>- Verabschiedung</li> </ul>	

## 1 Anhang 3 Transkription des Experteninterviews

2 Allgemeine Daten: 43 Jahre, männlich

3 Datum: 26.10.2023

4 Dauer der Aufnahme 00:31:41

5 00:00:01

6 S1: Vielen Dank für deine Zeit für das Interview. Ich schätze wir sind 20 bis 30 Minuten  
7 dran.

8 00:00:27

9 S1: Starten wir mit den allgemeinen Fragen zur Person:

10 Wie lange bist du schon Lehrer am Liechtensteinischen Gymnasium?

11 S2: Seit 2011, also seit 12 Jahren.

12 00:00:37

13 S1: Wie lange bist du schon Fachvorstand für Chemie?

14 S2: Das ist das vierte oder fünfte Jahr. Müsste ich jetzt nachschauen. Aber sicher schon  
15 das vierte Jahr. Eher schon das fünfte.

16 S1: Ok.

17 00:00:57

18 S1: Welche Fächer unterrichtest du aktuell bzw. hast du am Liechtensteinischen  
19 Gymnasium bis dato unterrichtet?

20 S2: Aktuell unterrichte ich Chemie und Biologie auf der Sekundarstufe II und habe keine  
21 Natur und Technik aktuell. Aber bis vor zwei Jahren hatte ich auch Unterstufenklassen  
22 mit Natur und Technik und damals hieß das Fach auch noch Naturlehre. Und ich werde  
23 sicher auch wieder Natur und Technik unterrichten, das ist dieses Jahr eher ein Zufall,  
24 dass ich dieses Fach nicht habe.

25 00:01:36

26 S1: Liegt das unter anderem auch daran, dass für die Oberstufe nicht genügend  
27 Lehrpersonen vorhanden waren?

- 28 S2: Nein, mein Pensum ist schon voll, durch die Klassen, die ich habe. Weil, wir haben  
29 Lehrpersonen, die Chemie nicht unterrichten können. Normalerweise nehme ich Chemie  
30 und Bio pro Klasse und dann habe ich dieses Stunden so genommen.
- 31 00:02:02
- 32 S1: Welche/wie viele Schulstufen unterrichtest du?
- 33 S2: Im Moment vierte, fünfte, sechste, siebte.
- 34 00:02:15
- 35 S1: Wie lange unterrichtest du schon Chemie?
- 36 S2: Seit 2011, seit 12 Jahren.
- 37 00:02:27
- 38 S1: Auf einer Skala von 1 – 10, welche Bedeutung hat Chemie deiner Meinung nach als  
39 Fach? Für dich jetzt als Lehrperson und für die Schüler?
- 40 S2: Für mich als Lehrperson natürlich eine 10.  
41 Für die Schüler sag ich mal eine 5. Kann ich das präzisieren? Es kommt natürlich darauf  
42 an, was man später machen möchte. Die Schüler, die in Richtung Medizin, Biologie usw.  
43 gehen haben hier sicher einen anderen Wert.
- 44 00:03:06
- 45 S1: Würdest du sagen für die Schüler vom Profilfach hat Chemie einen höheren  
46 Stellenwert? Und im Grundlagenfach entsprechend wahrscheinlich recht weit unten auf  
47 der Skala?
- 48 S2: Ja, natürlich. Es ist auch eine Maturanote, also ja.
- 49 00:03:28
- 50 S1: Wie lange unterrichtest du schon Natur und Technik?
- 51 S2: 10 Jahre.
- 52 00:03:35

- 53 S1: Auf einer Skala von 1 – 10, welche Bedeutung hat Natur und Technik deiner Meinung  
54 nach als Fach?
- 55 S2: Eine 7 für die Schüler. Für mich...
- 56 Bei Natur und Technik gibt es natürlich Sachen, die man besonders gerne unterrichtet,  
57 aber auch Themen, die man nicht so gerne hat.
- 58 00:04:11
- 59 S1: Aber auch als Relevanz im Sinne der Allgemeinbildung?
- 60 S2: Für die Allgemeinbildung ist es sicher ein wichtiges Fach.
- 61 00:04:21
- 62 S1: Dann gehen wir weiter zu den Fragen bezüglich der Schülerinnen und Schüler.  
63 Konkret zu meiner Forschungsfrage, das vernetzende fächerübergreifende Denken.  
64 Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das vernetzende Denken deiner Schüler in  
65 Natur und Technik ein?
- 66 S2: Es kommt natürlich auch drauf an verglichen mit wem. Ja das vernetzte Denken...
- 67 00:05:05
- 68 S1: Würdest du sagen, sie können im Natur und Technik-Unterricht gute Bezüge zu den  
69 Chemie, Biologie, Physik machen, wenn sagen wir sie haben ein Thema in Physik und  
70 dann vielleicht auf der Teilchenebene das mit Chemie verbinden sollen.
- 71 S2: Eher weniger, eine 4.
- 72 00:05:28
- 73 S1: Ist das vielleicht mit den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern  
74 unterschiedlich? Können sie Bezüge der einzelnen Naturwissenschaften untereinander je  
75 nach Fach besser/schlechter herstellen? Also beispielsweise von Chemie aus mit  
76 Biologie?
- 77 S2: Also von Chemie aus eher weniger.
- 78 00:05:45
- 79 S1: Und zu Chemie vielleicht wenn man sagt: da findet eine körperliche Reaktion statt?

80 S2: Eine chemische Reaktion im Körper. Ja am ehesten, was den Stoffwechsel anbelangt  
81 auch Katalysatoren. Ich finde, es leuchtet ihnen schon ein, aber von selber eher weniger.  
82 Und es ist auch immer schwierig dies pauschal zu sagen. Es gibt solche, die das durchaus  
83 können und solche, die das absolut nicht können oder nicht machen. Ob sie es nicht  
84 können, äussert sich nicht.

85 00:06:31

86 S1: Würdest du sagen, dass sich das durch den neuen Lehrplan verschlechtert/verbessert  
87 hat? Was hast du hier auch für Erfahrungsberichte von deinen Kolleg:innen gehört?  
88 S2: Ich finde, ein neuer Lehrplan ändert nicht grundsätzlich, was man unterrichtet.

89 00:07:13

90 S1: Würdest du sagen, dass man als Lehrperson natürlich auch schon sein Schema hat,  
91 bei dem man manches intensiver unterrichtet?  
92 S2: Ja genau, ich denke nicht, dass ein neuer Lehrplan, die Art, wie man unterrichtet  
93 komplett ändert. Ich weiß, es sind jetzt kompetenzorientiertere Inhalte aber die Inhalte  
94 sind ja bekannt. Also nein.

95 00:07:55

96 S1: Gleiche Frage für den Chemieunterricht. Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du  
97 das vernetzende Denken deiner Schüler in Chemie ein? Sind sie hier vernetzter?  
98 S2: Überall eine 4.

99 00:08:07

100 S1: Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das vernetzende Denken deiner Schüler  
101 zum Thema Energie ein? Auch generell beim Thema Energie? Wenn man in Chemie das  
102 Thema Energie aufbringt, kommen die Schüler dann eher nicht auf die Elektrizitätslehre  
103 im Physikunterricht oder beispielsweise zur Energie in der Fotosynthese?  
104 S2: Ich denke es wäre dann trotzdem eine 4.

105 00:08:39

106 S1: Können die Schüler ihr Wissen aus dem Natur und Technik-Unterricht im  
107 Chemieunterricht gut anwenden?  
108 S2: Das ist jetzt genau die Frage. Mit dem neuen Lehrplan ist mehr Chemie in der  
109 Sekundarstufe I. Bei Natur und Technik hatten wir vorher deutlich weniger Chemie, was  
110 auch an der Schule historisch bedingt ist, dass man in der Unterstufe noch sehr wenig  
111 Chemie gemacht hat. Deswegen kann ich das noch nicht beantworten. Dazu fehlen noch  
112 die Erfahrungswerte. Ich werde das noch sehen, aber prinzipiell kann ich schon sagen,  
113 weil ich jetzt auch zum ersten Mal eine 4. Klasse mit Chemie als Profilfach habe, da  
114 merke ich eigentlich schon, dass sie mehr mitbringen als die Jahre davor. Einfach weil  
115 die Lehrmittel, die wir jetzt benutzen. Zuerst war es von Klett, das natura, jetzt ist es das  
116 NaTech, mit welchem ich persönlich jetzt noch nicht so viel gearbeitet habe, wo viel mehr  
117 Chemie drinnen haben.

118 00:10:05  
119 S1: Heißt es, dass du das Gefühl hast, dass speziell die 4. Klässler und auch die anderen  
120 Stufen die Fragen, die ich für die Schüler zusammengestellt habe, dass sie ihr Wissen aus  
121 dem Natur und Technik-Unterricht anwenden können? Hast du das Gefühl, dass sie dies  
122 schon nachhaltig mitnehmen in die Sekundarstufe II?  
123 S2: Ja, Sachen zeigen sich dann natürlich auch oft bei Prüfungen, die wir aktuell noch  
124 nicht hatten. Aber ja.

125 00:11:05  
126 S1: Du sagtest ja schon konkrete Beispiele zur 4. Stufe. Würdest du sagen zwischen  
127 Grundlagenfach und Profilfach gibt es auch schon Unterschiede?  
128 S2: Nein eigentlich nicht, weil egal ob sie nachher im Profil- oder Grundlagenfach sind,  
129 sie hatten in der Sekundarstufe I den gleichen Unterricht. Allerdings kann es natürlich  
130 auch sein, dass die Schüler vom Profilfach mehr Interesse am Fach zeigen und somit auch  
131 mehr hängengeblieben sein könnte.

132 00:11:41  
133 S1: Und jetzt konkret bei der Beantwortung dieser Fragen aus dem Fragebogen gibt es  
134 deiner Meinung nach keinen großen Unterschied zwischen Profil- und Grundlagenfach?

135 S2: Ah, doch natürlich. Da bin ich mir ziemlich sicher. Weil die Schüler aus dem  
136 Grundlagenfach die Inhalte nicht nochmal gehört haben und es auch nicht vertieft haben.

137 00:12:25

138 S1: Glaubst du den Schülern fällt die Beantwortung der fachlichen Fragen leicht oder  
139 schwer? Was glaubst du welche Fragen fallen ihnen eher leicht/schwer?

140 S2: Ich denke, dass es eine große Bandbreite geben wird. Ich glaube, dass es sicher viele  
141 Schüler gibt, die dies sehr gut machen.

142 00:13:13

143 S1: Könntest du hier vielleicht nochmal konkreter auf die Stufen eingehen und auf  
144 Grundlagen-/Profilfach?

145 S2: Ich denke, je höher (die Stufen), desto besser, desto richtiger und ich denke, dass sie  
146 im Profil mehr richtig haben als die im Nicht-Profil. Und ich denke, dass du in den Nicht-  
147 Profilfächer eine größere Streuung hast. Hier spielt das eigene Interesse eine noch eine  
148 wichtige Rolle, weil es auch hier viele Schüler:innen gibt, die sich sehr wohl für Chemie  
149 interessieren, das merkt man auch im Unterricht. Es gibt aber auch deutlich mehr, bei  
150 denen man merkt, das ist jetzt einfach nicht ihr Fach.

151 00:14:05

152 S1: Konkret bezüglich wie schwer/leicht fällt ihnen die Beantwortung der Fragen?  
153 Gerade Begriffe wie Entropie und Enthalpie kommen ja erst recht spät?

154 S2: Ich glaube in der 4. Klasse würde es keinen wesentlichen Unterschied zwischen  
155 Profil-/Grundlagenfach machen, aber in der 6. Klasse dann sehr wohl.

156 S1: Schade, dass ich keine 4. Klasse vom Nicht-Profil für die Untersuchung befragt  
157 werde.

158 S2: Die haben ja auch keine Chemie.

159 00:14:55

160 S1: Würdest du sagen, dass bei Fragen, wo es um chemische Energie mit Biologiebezug  
161 geht wie zum Beispiel die Verstoffwechselung der Nahrung und bei Fragen, die eher  
162 physikalisch und chemisch sind wie die Einheiten der Spannungsmessung von

163 Redoxreaktionen oder Fragen, bei denen alle drei Naturwissenschaften gleichermaßen  
164 miteinbezogen werden... Könntest du hier einen Unterschied machen wie Chemie  
165 funktioniert besser mit Biologie, Chemie funktioniert besser mit Physik?  
166 S2: Nein, das kann ich nicht einschätzen.

167 00:16:02  
168 S1: Auf einer Skala von 1 – 10, wie schätzt du das Interesse der Schüler ein, wenn man  
169 beim Thema Energie im Chemieunterricht Beispiele zum Thema aus Biologie/Physik  
170 miteinbezieht?  
171 S2: Die Schüler schätzen das immer, wenn man Beispiele aus anderen Bereichen nennt.  
172 Auch aus dem täglichen Leben. Energie zum Beispiel potentielle, kinetische Energie, das  
173 fällt ihnen eigentlich nicht schwer.  
174 S1: Alltagsbezüge – wir sprechen von Redoxreaktionen und wir haben davon auch,  
175 welche in unserem Körper, dass sie dann denken, ah deswegen machen wir das  
176 überhaupt? Oder ich habe in meinem Handy einen Akkumulator?  
177 S2: Ja, das finden sie schon interessant, auf der Skala eine 8.

178 00:17:20  
179 S1: Werden viele Bezüge zu Biologie / Physik im Chemieunterricht der Oberstufe seitens  
180 der Lehrpersonen hergestellt?  
181 S2: Ich probiere es so oft wie möglich.  
182 S1: Welche Erfahrungen hast du von deinen Kolleg:innen mitbekommen, wie sie das  
183 handhaben?  
184 S2: Allgemein bekannt ist, dass je vielfältiger die Beispiele sind, desto eingängiger. Und  
185 vor allem wichtig ist einfach, dass die Beispiele aus der Lebenswelt der Schüler sind.  
186 Also im Beispiel von einem Akku.

187 00:18:11  
188 S1: Hast du das Gefühl, das sich das im Laufe der Vergangenheit verändert hat seit du da  
189 bist? Wurde es mehr/weniger?  
190 S2: Nein, ich glaube das war immer in etwa gleich. Es war immer ein Anliegen, den  
191 Alltagsbezug herzustellen.

192 S1: Also auch durch die Einführung des neuen Lehrplans wurden nicht mehr solche  
193 Verknüpfungen gemacht?

194 S2: Ich finde es wichtig, Lehrpläne regelmäßig anzupassen. Aber ein guter Lehrplan ist  
195 kein Garant für guten Unterricht und ein rudimentärer Lehrplan ist kein Indiz für  
196 schlechten Unterricht.

197 00:20:05

198 S1: Fördert der Natur und Technik-Unterricht deiner Erfahrung nach das vernetzende  
199 Denken? Fällt es den Schüler:innen leicht, naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu  
200 erkennen?

201 S2: Ja, meiner Erfahrung nach schon.

202 00:20:38

203 S1: Können die Schüler zwischen den Naturwissenschaften unterscheiden? Wissen sie,  
204 welcher Naturwissenschaft die gelernten Fakten zuzuordnen sind?

205 S2: Ich finde dies ehrlich gesagt gar nicht wichtig. Ich möchte ja im Sinne eines  
206 kompetenzorientierten Unterrichts, dass das Wissen angewendet werden kann, dass man  
207 ein Problem lösen kann. Bei dem Beispiel ist es ein physikalischer oder chemische  
208 Vorgang, dort sollten sie es wissen, das bedingt, dass die Definition der  
209 Naturwissenschaft verinnerlicht wurde.

210 S1: Gut, dass du es erwähnst. Bezuglich endotherme und exotherme Reaktionen bei  
211 meinen Fragen – können die erkennen, dass das Schmelzen von Eis und das Erhitzen von  
212 Wasser physikalische Vorgänge sind und keine chemischen Reaktionen?

213 S2: Nochmal, um dies abzukürzen, ich finde diese Zuordnung nicht relevant. Dies  
214 widerspricht dem fächerübergreifenden, wenn man wieder hergeht und wieder fragt ist  
215 dies Biologie oder Chemie. Wüsste nicht, was hier der Mehrwert ist.

216 00:23:15

217 S1: Bleiben wir kurz bei diesem Beispiel. Zellatmung, Verdauungsvorgänge,  
218 Verbrennung von Holz, Festes Natriumhydroxid in Wasser lösen. Auch wenn du sagst es  
219 ist grundsätzlich nicht wichtig, würdest du sagen, sie könnten schon sagen, ob es  
220 Chemie/Physik/Biologie ist?

- 221 S2: Ja.
- 222 S1: Also, dass man zum Beispiel sagt, bei der Verbrennung von Holz handelt es sich nicht
- 223 um Physik.
- 224 S2: So einfache Sachen können sie schon zuordnen.
- 225 S1: Sie wissen also welcher Naturwissenschaft sie gelernte Fakten zuordnen müssen.
- 226 S2: Ja.
- 227 00:24:13
- 228 S1: Können die Schüler die falschen Antworten im Fragebogen überhaupt bzw. wie
- 229 schnell ausfindig machen und diese den richtigen Themen zuordnen? Also können sie es
- 230 a erkennen und b zuordnen.
- 231 S2: Teils teils. Ja, es gibt sicher Schüler, die das können und solche, die das nicht können.
- 232 S1: Würdest du hier nochmal konkret Stufen Grundlagenfach/Profilfach und so weiter
- 233 hervorheben?
- 234 S2: Das gilt für alles. Ich würde sagen, dass die Schüler:innen aus höheren Stufen besser
- 235 abschneiden sowie Schüler:innen aus dem Profilfach, desto besser die Beantwortung der
- 236 Fragen.
- 237 S1: Also je höher die Stufen und je eher Profilfach, desto besser die Beantwortung der
- 238 Fragen.
- 239 S2: Und ich behaupte auch, dass die Schwankungen unter den Schülern im Profilfach
- 240 geringer sind.
- 241 00:26:00
- 242 S1: Und bezüglich, ob sie falsche Antworten leicht erkennen können, dass sie wissen, das
- 243 sind die Distraktoren? Meinst du, dass sie das schnell sehen?
- 244 S2: Ich finde... Teils teils.
- 245 00:26:36
- 246 S1: Hast du das Gefühl, sie könnten mit den Distraktoren richtige Fragestellungen in
- 247 Verbindung bringen?

248 S2: Ich weiß es nicht, ich kann es dir nicht sagen. Das ist sehr schwer zum Sagen. Gerade  
249 auch weil ich selber selten in Prüfungen solche Distraktoren verwende. Ich versuche  
250 selten die Schüler aufs Glatteis zu führen bei Prüfungen.

251 00:27:46

252 S1: Habt ihr viele Absolvent:innen, für die das Energiethema aus dem Chemieunterricht  
253 einen wichtigen Stellenwert in deren Berufswunsch/Studienwunsch hat?

254 S2: Joa. Ist wieder Profilabhängig, aber jeder der sich mit Naturwissenschaften im  
255 weitesten Sinne beschäftigt, denen ist die Energie ein zentraler Begriff.

256 S1: Und entsprechend auch wichtig? Weil wenn du damit arbeitest wirst du auch immer  
257 damit konfrontiert.

258 S2: Ja, vielleicht auch gerade auch beim Thema Klimawandel und erneuerbare Energien  
259 wir das Thema immer zentraler und wichtiger.

260 00:28:54

261 S1: Und wie ist das bei euch so, welchen Weg gehen eure Schüler:innen nach der Matura,  
262 gerade auch vom Profilfach? Studieren hier viele Chemie, Biologie oder Physik? Oder  
263 eher Medizin meistens? Was kriegst du hierzu mit?

264 S2: Da müsstest du die Zahlen beim Schulamt einholen. Die machen dort eine Erhebung,  
265 wer was studieren geht nach der Matura. Was ich mitkrieg ist natürlich schon, die  
266 Profilwahl führt mehrheitlich dazu, dass man dieser Schiene treu bleibt. Es gibt natürlich  
267 einige, die das M-Profil machen und dann trotzdem Wirtschaft oder Jus studieren. Das  
268 Interesse ist schon ein wichtiger Faktor, aber es gibt natürlich auch andere Hintergründe  
269 für die Wahl vom Studium (Beispiel familiäre geschäftliche Hintergründe). Es kann sein,  
270 dass sie am Profil großes Interesse gezeigt haben, aber dann gemerkt haben, dass sie  
271 beruflich doch etwas anderes machen möchten. Aber im Profil ist die Dichte in Richtung  
272 ETH oder technisch, medizinisch, naturwissenschaftliche Studiengänge schon viel  
273 größer.

274 S1: Ihr habt ja hier auch eine gute Grundausbildung, auf der sie aufbauen können.

275 S2: Ja im Profil sicher.

276 S1: Gut, dann sind wir beim Ende angekommen. Danke erneut vielmals für deine Zeit.

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt zu haben. Die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche gekennzeichnet. Ferner versichere ich, diese Arbeit an keiner anderen Hochschule für Prüfungszwecke vorgelegt zu haben.



**Vaduz, Februar 2024**

**Unterschrift**

## **7. Zusammenfassung**

Fächerübergreifender Unterricht zeigt sich in vielen verschiedenen Formen. So wird dieser gerade auch bei den naturwissenschaftlichen Fächern als nachhaltig kompetenzfördernd im Sinne der Scientific Literacy angesehen. Dies hat auch der neue Lehrplan LiLe, welcher vor wenigen Jahren im Fürstentum Liechtenstein eingeführt wurde, zum Ziel. Mit dem neuen Fach Natur und Technik sollen die Fächer Chemie, Physik und Biologie in Form eines integrierten Unterrichts an der Sekundarstufe I fächerübergreifend gelehrt und gelernt werden. Aus empirischer Sicht lässt sich eindeutig feststellen, dass viele befürwortende Argumente zum fächerübergreifenden Unterricht von Personen kommen, die diesen selbst auch praktizieren.

Die hier vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, zu untersuchen, inwieweit diese Form des fächerübergreifenden Unterrichts aus der Sekundarstufe I einen nachhaltig positiven Einfluss auf das vernetzende Denken von Schüler:innen der Sekundarstufe II im Fach Chemie hat. Dabei wurde sich auf das Thema Energie, welches in allen Naturwissenschaften einen sehr hohen Stellenwert hat, fokussiert.

Zur Untersuchung dieses Einflusses wurde eine Fragebogenstudie im Liechtensteinischen Gymnasium durchgeführt. Dafür wurden Schüler:innen der Sekundarstufe II befragt, die zu diesem Zeitpunkt Chemieunterricht hatten. Die Fragen bezogen sich auf Inhalte rund um den Begriff Energie und zu Erfahrungswerten bezüglich des fächerübergreifenden Unterrichts. Zudem wurde ein Experteninterview zur Thematik durchgeführt, um die Daten gegenüberzustellen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen hier eine Diskrepanz zwischen der Einschätzung des Experten und der Schüler:innen selbst. So nimmt der Experte das vernetzende Denken der Schüler:innen besser wahr, als sie selbst. Dabei scheint auch der fächerübergreifende Natur und Technik-Unterricht keine positive Rolle für die Befragten zu spielen. Gleichwohl wurde seitens der Schüler:innen ein eindeutiges Interesse dahingehend festgestellt, dass im Chemieunterricht biologische und physikalische Inhalte eingebaut werden sollen. Dies lässt sich auch daran erkennen, dass vernetzende Fachfragen zu Chemie und Biologie überwiegend richtig beantwortet wurden.

## **8. Abstract**

Interdisciplinary teaching takes many different forms. In the natural sciences in particular, this is seen as a sustainable way of promoting skills in terms of scientific literacy. This is also the aim of the new LiLe curriculum, which was introduced in the Principality of Liechtenstein a few years ago. With the new subject of “Natur und Technik”, the subjects of chemistry, physics and biology are to be taught and learnt in an interdisciplinary manner in the form of integrated lessons at lower secondary level. From an empirical point of view, it is clear that many arguments in favour of interdisciplinary teaching come from people who actually practice it themselves.

The aim of this study is to investigate the extent to which this form of interdisciplinary teaching at lower secondary level has a lasting positive influence on the networked thinking of pupils at upper secondary level in the subject of chemistry. The focus was on the topic of energy, which is very important in all natural sciences.

To investigate this influence, a questionnaire study was conducted at the “Liechtensteinisches Gymnasium”. Pupils at upper secondary level who were taking chemistry lessons at the time were surveyed. The questions centred on content related to the concept of energy and experiences with interdisciplinary teaching. An expert interview on the topic was also conducted to compare the data.

The results of the study show a discrepancy between the expert's assessment and that of the students themselves. For example, the expert perceives the students' interdisciplinary thinking better than the students themselves. The interdisciplinary “Natur und Technik” lessons do not seem to play a positive role for the respondents either. Nevertheless, the students showed a clear interest in incorporating biological and physical content into their chemistry lessons. This can also be recognised by the fact that interlinking subject questions on chemistry and biology were predominantly answered correctly.