



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Untersuchungen zu Schülervorstellungen  
in ausgewählten Aspekten der Wärmelehre“

verfasst von / submitted by

Lukas Burger

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

A 190 313 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Lehramtstudium UF Geschichte und UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Hildegard Urban-Woldron, Privatdoz.<sup>in</sup>



## **Danksagung**

Eine Abschlussarbeit ist nicht das Werk einer einzelnen Person, deshalb möchte ich an dieser Stelle jenen Personen danken, welche diese ermöglicht haben.

Zuallererst möchte ich meinen Eltern und meinem Bruder danken, welche vor und während meines Studiums immer für mich da waren und mir mit ihrer emotionalen und finanziellen Unterstützung durch mein Studium geholfen haben.

Großer Dank gilt auch meiner Freundin, die mir ebenfalls immer eine emotionale Stütze war und mir durch ihre Expertise mit empirischen Erhebungen ermöglicht hat diese Arbeit zu verfassen.

Ebenfalls danken möchte ich Frau Priv.-Doz. Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron für Ihre hilfreiche und kompetente Unterstützung und Betreuung während des Verfassens meiner Abschlussarbeit.

Weiters gilt auch meinen Freundinnen und Freunden Dank, welche mich durch den Arbeitsprozess begleitet und durch ihre Expertise unterstützt haben.

Abschließend will ich noch den teilnehmenden Direktorinnen und Direktoren, Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern sowie deren Eltern danken, da diese Arbeit ohne ihre Zustimmung nie zustande gekommen wäre.



# Inhaltsverzeichnis

---

1	Einleitung.....	1
2	Theoretischer Hintergrund.....	3
2.1	Fachwissenschaftliche Grundlagen .....	3
2.1.1	Temperatur und Temperaturskalen .....	3
2.1.2	Wärme .....	4
2.1.3	Kinetische Gastheorie .....	4
2.1.4	Hauptsätze der Thermodynamik .....	6
2.1.5	Wärmetransportvorgänge.....	8
2.2	Schülervorstellungen in der Physikdidaktik.....	11
2.2.1	Was sind Schülervorstellungen? .....	12
2.2.2	Woher kommen Schülervorstellungen? .....	12
2.2.3	Fachdidaktische Forschung zu Schülervorstellungen .....	13
2.2.4	Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht.....	14
2.2.5	Schülervorstellungen in der Wärmelehre.....	18
2.2.6	Unterrichtskonzepte in der Wärmelehre .....	20
2.2.7	Studien zu Schülervorstellungen in der Wärmelehre.....	24
2.3	Einbettung im Lehrplan.....	31
3	Forschungsfragen und Forschungsdesign.....	33
3.1	Erhebungsinstrument.....	34
3.1.1	Allgemeines .....	34
3.1.2	Der Fragebogen.....	36
3.2	Auswertungsmethoden zur Datenanalyse .....	43
4	Durchführung der empirischen Untersuchung .....	47
4.1	Ablauf der Untersuchung .....	47
4.2	Stichprobenzusammensetzung .....	48

5	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse .....	53
5.1	Forschungsfrage 1 .....	53
5.2	Forschungsfrage 2 .....	61
5.3	Forschungsfrage 3 .....	64
5.4	Forschungsfrage 4 .....	72
5.5	Forschungsfrage 5 .....	81
6	Interpretation der Ergebnisse.....	82
6.1	Forschungsfrage 1 .....	82
6.2	Forschungsfrage 2 .....	84
6.3	Forschungsfrage 3 .....	85
6.4	Forschungsfrage 4 .....	91
6.5	Forschungsfrage 5 .....	92
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	93
8	Literaturverzeichnis .....	96
9	Internetquellen .....	100
10	Abbildungsverzeichnis.....	101
11	Tabellenverzeichnis .....	101
12	Anhang.....	102
12.1	Fragebogen .....	102
12.2	Fragen an die Lehrkraft.....	105
12.3	Abstract deutsch .....	107
12.4	Abstract englisch.....	108

# 1 Einleitung

Kommen Schülerinnen und Schüler in den Unterricht, haben diese zumeist aufbauend auf Alltagserfahrungen tief verankerte und weitreichende Vorstellungen zu den im Physikunterricht behandelten Themen und Begriffen. Da diese sogenannten Schülervorstellungen nicht mit den wissenschaftlichen Vorstellungen übereinstimmen, können diese eine der Ursachen für Lernschwierigkeiten darstellen, weshalb im Physikunterricht aktiv auf diese Erkenntnissen eingegangen werden muss.<sup>1</sup> Durch jahrzehntelange fachdidaktische Forschung konnte eine Reihe von aufschlussreichen Erkenntnissen gewonnen werden, welche es ermöglichen, Denk- und Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern besser zu verstehen und so den Unterricht effektiver zu gestalten.<sup>2</sup>

Der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist es, herauszufinden, welche aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen sich zu ausgewählten Aspekten der Wärmelehre in der 2., 3. und 4. Klasse der Sekundarstufe I feststellen lassen, Verhältnismäßigkeiten zwischen Selbsteinschätzung und tatsächlicher Leistung aufzuzeigen sowie Unterschiede im Hinblick auf Geschlecht, Alter, Schultyp, Bundesland und Ausbildung der Lehrkräfte festzustellen. Die Entscheidung für diesen Forschungsgegenstand ist aufgrund der Tatsache gefallen, dass Erkenntnisse daraus speziell in Hinblick auf Unterrichtskonzeption und -methoden von eminenter Bedeutung für angehende Physiklehrkräfte sind.

In der Tradition der fachdidaktischen Forschung wurde im Zuge dieser Arbeit eine empirische Datenerhebung mittels Fragebogen an Schülerinnen und Schüler der 2., 3. und 4. Klasse der Sekundarstufe I aus drei NMS (Neue Mittelschule) und einer AHS (Allgemeinbildende höhere Schule) in Wien, Niederösterreich und Oberösterreich, durchgeführt. Der Fragebogen setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Die Fragen des ersten Teils zielen auf die Erhebung der persönlichen Einstellung ab. Der zweite Teil, dessen Fragen größtenteils aus bereits bestehenden Erhebungsinstrumenten abgeleitet wurden, soll der Ermittlung von Schülervorstellungen dienen.

Zur Beantwortung der dargelegten Forschungsfragen ist diese Arbeit in folgende Abschnitte unterteilt: Zu Beginn werden die physikalischen Grundlagen zu den wichtigsten Aspekten der Thematik Wärmelehre aufgeschlüsselt. Als zweiter Teil dieser theoretischen Grundlagen

---

<sup>1</sup> Reinders *Duit*, Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. Zu den Ursachen vieler Lernschwierigkeiten. In: Plus Lucis, 2 (1995), 11.

<sup>2</sup> Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf*, Vorwort der Herausgeber. In: Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf* (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 32011) VII.

werden Schülervorstellungen, ihr Ursprung, damit verbundene Forschung und der Umgang im Unterricht behandelt und anschließend wird speziell auf Schülervorstellungen in der Wärmelehre, auf die Forschung aufbauende Unterrichtskonzepte sowie etwaige fachdidaktische Studien eingegangen. Nach einer kurzen Darlegung, inwiefern die Thematik Wärmelehre im Lehrplan der Sekundarstufe I verankert ist, werden die Forschungsfragen, der eingesetzte Fragebogen und die zur Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzten Methoden beschrieben. Auf eine Schilderung des Ablaufes der Untersuchung folgt die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse. Den Abschluss bildet die Interpretation der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Forschungsfragen sowie eine resümierende Zusammenfassung.



## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Fachwissenschaftliche Grundlagen

Für alle Zweige der Naturwissenschaft als auch in der Technik und unserem Alltag ist die Wärmelehre von grundlegender Bedeutung.<sup>3</sup> In diesem Kapitel werden nun in Grundzügen die wichtigsten Aspekte dieses Zweiges der Physik behandelt. Zu Beginn werden die beiden zentralen Begriffe Temperatur und Wärme definiert. Anschließend folgt ein kurzer Abriss über die kinetische Gastheorie sowie die Hauptsätze der Thermodynamik. Abschließend werden noch die drei Wärmetransportvorgänge behandelt.

#### 2.1.1 Temperatur und Temperaturskalen

In der Wärmelehre kommt neben Grundgrößen wie beispielsweise der Länge oder der Zeit eine weitere Größe hinzu, die sogenannte Temperatur. Der Mensch besitzt in seiner Haut Rezeptoren, welche dem Körper erlauben, Wärme- und Kältereize aus der Umwelt wahrzunehmen und diese zu ordnen. Jene Größe, die diese Reize auslöst wird als Temperatur bezeichnet.<sup>4</sup> Das Temperaturempfinden des Menschen ist jedoch stark subjektiv. Es hängt sowohl von der körperlichen Verfasstheit des Menschen, als auch von der Beschaffenheit der berührten Gegenstände ab und ist daher für eine objektive Messung in der Physik ungeeignet. Aus diesem Grund werden zur objektiven Bestimmung der Temperatur Messgeräte, welche als Thermometer bezeichnet werden, eingesetzt. Bei diesen wird die Tatsache genutzt, dass die Mehrzahl aller physikalischen und chemischen Erscheinungen, wie die Ausdehnung eines Körpers, der elektrische Widerstand, der Druck innerhalb eines Gases und weitere Phänomene, eine Abhängigkeit von der Temperatur zeigen.<sup>5</sup>

Um nun Temperaturen ohne direkten Vergleich zu bestimmen, muss eine Temperaturskala definiert werden, auf der mindestens zwei Fixpunkte festgelegt sind. Die in großen Teilen der Welt wohl gebräuchlichste Temperaturskala ist jene von Anders Celsius, welcher als Fixpunkte den Gefrierpunkt ( $0^{\circ}\text{C}$ ) und den Siedepunkt von Wasser ( $100^{\circ}\text{C}$ ) unter Normalbedingungen wählte und dieses Intervall in Hundertstel unterteilte. Eine weitere, speziell in den angelsächsischen Ländern verbreitete Skala ist die von Daniel Gabriel Fahrenheit, welcher negative Temperaturen vermeiden wollte. Als ersten von drei Fixpunkten wählte er daher die, mit einer

---

<sup>3</sup> Klaus Lüders, Robert Otto Pohl (Hrsg.), Pohls Einführung in die Physik. Band 1: Mechanik, Akustik und Wärmelehre (Berlin/Heidelberg 2017) 379.

<sup>4</sup> Lüders, Pohl, Pohls Einführung. Band 1, 380.

<sup>5</sup> Stefan Roth, Achim Stahl, Mechanik und Wärmelehre. Experimentalphysik – anschaulich erklärt (Berlin/Heidelberg 2016) 516f.

Salmiak-Schnee-Mischung erreichte, für ihn tiefst mögliche Temperatur (0°F), als zweiten den Gefrierpunkt von Wasser (32°F) und als dritten die normale Körpertemperatur eines Menschen (96°F). Die heute im SI-System festgelegte Temperaturskala ist die Kelvin-Skala. Hierbei handelt es sich um eine absolute Temperaturskala, da deren unterer Fixpunkt die minimalste Temperatur darstellt, der sich ein Objekt annähern kann (0°K). Der zweite Fixpunkt ist der Triplepunkt von Wasser (273,16°K).<sup>6</sup>

### 2.1.2 Wärme

Um Temperaturänderung zu beschreiben, reicht der Begriff Temperatur nicht aus. Dafür benötigt man einen weiteren zentralen Begriff dieses Zweiges der Physik, den Begriff Wärme. Dieser definiert eine Art und Weise in der Energie, die, unter Ausschluss sonstiger Mechanismen, lediglich aufgrund einer Temperaturdifferenz von einer Stoffmenge auf eine andere übergeht.<sup>7</sup> Daher trägt die sogenannte Wärmemenge auch die SI-Einheit für Energie *Joule*, benannt nach John Prescott Joule, einem wichtigen Wegbereiter für die heutige Definition von Wärme. Diesem gelang um das Jahr 1845 herum eine Messung der Wärmemenge, indem er in einer Versuchsanordnung mechanische Energie in Wärme umwandelte. Jener Wert, der angibt, wie viel mechanische Energie einer bestimmten Wärmemenge entspricht, wird als mechanisches Wärmeäquivalent bezeichnet.<sup>8</sup>

Wird einem Körper Wärme zugeführt, erhöht sich dessen Temperatur und je größer diese Wärmemenge ist, desto größer ist die Erhöhung. Mathematisch kann diese Proportionalität folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$Q = c \cdot \Delta T \quad (1)$$

$Q$  steht hierbei für die Wärmemenge,  $\Delta T$  für einen bestimmten Temperaturanstieg und  $c$  ist die Proportionalitätskonstante, welche als Wärmekapazität bezeichnet wird. Die Wärmekapazität ist eine material- und mengenabhängige Größe und ihre Einheit ist  $\frac{J}{kg \cdot K}$ .<sup>9</sup>

### 2.1.3 Kinetische Gastheorie

Ziel der kinetischen Gastheorie ist es, das Verhalten von Gasen nicht länger durch makroskopische Zustandsgrößen wie den Druck, die Temperatur oder das Volumen zu beschreiben,

---

<sup>6</sup> Paul. A Tipler, Gene Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure (Berlin/Heidelberg 2015) 531f.

<sup>7</sup> Lüders, Pohl, Pohls Einführung, Band 1, 383f.

<sup>8</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, 534.

<sup>9</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, 537.

sondern dies durch die Angabe von Mittelwerten mikroskopischer Größen, wie beispielsweise der Geschwindigkeit oder der Masse der darin enthaltenen Gasteilchen, anschaulich zu machen.<sup>10</sup> Als besonders praktikabel hat sich hierbei das Ideale Gas erwiesen. Definiert wird dieses als eine sich kräftefrei innerhalb eines Volumens  $V$  bei einem Druck  $p$  und einer Temperatur  $T$  befindende Ansammlung von Atomen beziehungsweise Molekülen, welche als punktförmige Teilchen angenommen werden und lediglich durch Stöße miteinander wechselwirken können.<sup>11</sup>

Durch intensive Auseinandersetzung mit dem Verhalten eines Idealen Gases unter Veränderung der drei oben genannten Größen erhielt man die sogenannte Zustandsgleichung für Ideale Gase, welche in einer ihrer Formen wie folgt definiert ist:

$$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T \quad (2)$$

$N$  steht hierbei für die Teilchenzahl,  $k_B$  ist die Boltzmann-Konstante und  $T$  die absolute Temperatur.<sup>12</sup>

Will man nun in eine mikroskopische Betrachtung übergehen, beginnt dies mit einer kinetischen Erklärung des Drucks. Dazu betrachtet man einen Würfel, der mit einem Idealen Gas gefüllt ist. Die Moleküle des Gases stoßen gegen die Wände des Würfels. Aus der Addition und zeitlichen Mittelung dieser Kraftstöße ergibt sich der Druck des Gases. Mit diesem Ansatz und durch einige Berechnungs- und Umformungsschritte folgt daraus für das Produkt aus Druck und Volumen<sup>13</sup>:

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{m \cdot \langle v^2 \rangle}{2} = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \langle E_{kin} \rangle \quad (3)$$

$\langle v^2 \rangle$  steht hierbei für das Quadrat der mittleren Geschwindigkeit und  $\langle E_{kin} \rangle$  für die mittlere kinetische Energie.

Vergleicht man nun Gleichung (2) mit Gleichung (3), ergibt sich:

$$\langle E_{kin} \rangle = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T \quad (4)$$

---

<sup>10</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 551.

<sup>11</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 546.

<sup>12</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, 563.

<sup>13</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, 563f.

Daraus folgt für die kinetische Definition der absoluten Temperatur des Gases, dass diese proportional zur mittleren kinetischen Energie der Gasmoleküle ist.<sup>14</sup> Die mikroskopische Definition ermöglicht auch eine anschauliche Erklärung des absoluten Nullpunkts der Kelvin Skala. Dieser ist erreicht, wenn die kinetische Energie der Moleküle null ist.<sup>15</sup>

## 2.1.4 Hauptsätze der Thermodynamik

Die sogenannten Hauptsätze der Thermodynamik stellen die zentralen Axiome der Wärmelehre dar, ähnlich den Newton'schen Axiomen für die klassische Mechanik oder den Maxwell-Gleichungen für die Elektrodynamik.

### 0. Hauptsatz der Thermodynamik

Der nullte Hauptsatz der Thermodynamik spielt eine entscheidende Rolle bei der Definition des Temperaturbegriffs sowie der objektiven Temperaturmessung. Häufig findet man diesen in einer der beiden äquivalenten Formulierungen:

*Befinden sich zwei Körper auf derselben Temperatur, so sind sie im thermodynamischen Gleichgewicht.*

oder

*Befinden sich zwei Körper mit einem dritten im thermodynamischen Gleichgewicht, so sind sie auch untereinander im Gleichgewicht.<sup>16</sup>*

### 1. Hauptsatz der Thermodynamik

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik macht eine Aussage über die Energieerhaltung innerhalb eines thermodynamischen Systems. Durch Veränderung der Zustandsgrößen Druck  $p$ , Temperatur  $T$  oder Volumen  $V$  an einem solchen System konnte experimentell folgender Zusammenhang festgestellt werden:

*Die Summe der einem System zugeführten Wärme  $\Delta Q$  und der dem System zugeführten Arbeit  $\Delta W$  ist gleich der Zunahme  $\Delta U$  der inneren Energie  $U$  des Systems<sup>17</sup>:*

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (5)$$

---

<sup>14</sup> Paul Wagner, Georg P. Reischl, Gerhard Steiner, Einführung in die Physik (Wien 2014), 202.

<sup>15</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, 568.

<sup>16</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 530.

<sup>17</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 228.

Der erste Hauptsatz ermöglicht die Veränderung der inneren Energie eines Systems quantitativ zu definieren. Zudem wird die innere Energie als Zustandsgröße festgelegt, welche erhalten ist und von den oben genannten Zustandsgrößen bestimmt wird.<sup>18</sup> Bei der zugeführten Wärme  $\Delta Q$  und Arbeit  $\Delta W$  hingegen handelt es sich um Grenzflächenkonzepte, welche nicht als Änderungen von Zustandsgrößen definiert werden können. Mit der Definition eines Perpetuum mobile 1. Art, einer ohne Minderung ihrer inneren Energie oder von außen zugebrachter Energie arbeitenden Maschine, kann der erste Hauptsatz auch so formuliert werden:

*Es gibt kein Perpetuum mobile 1. Art.*<sup>19</sup>

## 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Wie der erste Hauptsatz der Thermodynamik ist auch der zweite ein reiner Erfahrungssatz, welcher durch die intensive Beschäftigung mit Wärmekraftmaschinen gefunden wurde. Er trifft Aussagen über die Begrenztheit der Umwandlung von Wärme in Arbeit oder anders gesagt, der Irreversibilität von nicht idealisierten thermischen Vorgängen.<sup>20</sup> Ein Beispiel für diese Tatsache ist, dass Wasser in einem Glas nicht plötzlich zu kochen beginnt, während sich die Tischplatte, auf der sich dieses befindet, spontan abkühlt. Eine mögliche Formulierung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, bezeichnet als Kelvin'sche Aussage, lautet:

*Es gibt keine thermodynamische Zustandsänderung, deren einzige Wirkung darin besteht, dass einem Wärmespeicher Wärme entzogen und vollständig in mechanische Arbeit umgesetzt wird.*<sup>21</sup>

Im Zusammenhang mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kommt neben den bereits bekannten Zustandsgrößen eine weitere ins Spiel, die sogenannte Entropie. Diese wird als Maß für die Unordnung eines Systems herangezogen und ähnlich wie bei der potentiellen Energie sind die Änderungen derselben von Interesse.<sup>22</sup> Mit der Entropie lässt sich der zweite Hauptsatz der Thermodynamik auch wie folgt schreiben:

*Bei allen natürlichen, mit endlicher Geschwindigkeit ablaufenden Vorgängen in einem abgeschlossenen System nimmt die Entropie zu.*<sup>23</sup>

---

<sup>18</sup> Lüders, Pohl, Pohls Einführung. Band 1, 395.

<sup>19</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 228f.

<sup>20</sup> Lüders, Pohl, Pohls Einführung. Band 1, 505-507.

<sup>21</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 233.

<sup>22</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 614.

<sup>23</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, 567.

Auch hier kann wieder durch die Definition einer periodisch arbeitenden Maschine, deren einzige Funktion darin besteht, einem Wärmereservoir Wärme zu entnehmen und diese vollständig in mechanische Arbeit umzusetzen, einem sogenannten Perpetuum mobile 2. Art, der zweite Hauptsatz wie folgt umformuliert werden:

*Es gibt kein Perpetuum mobile 2. Art.*<sup>24</sup>

### 3. Hauptsatz der Thermodynamik

Mit dem dritten Hauptsatz der Thermodynamik wird der mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik lediglich auf eine willkürliche Konstante festgelegten Entropie ein Fixpunkt zugeordnet:

*Die Entropie eines Systems am absoluten Nullpunkt ist eine universelle Konstante, deren Wert mit Null festgelegt wird.*<sup>25</sup>

Des Weiteren geht mit der Festlegung dieses Fixpunktes folgende Formulierung des Hauptsatzes einher:

*Es ist nicht möglich, mittels eines noch so idealisierten Prozesses, die Temperatur eines Systems in einer endlichen Anzahl von Schritten auf den absoluten Nullpunkt herabzusenken.*<sup>26</sup>

#### 2.1.5 Wärmetransportvorgänge

Im folgenden Abschnitt werden die drei Formen der Wärmeübertragung, nämlich die Wärmeleitung, die Konvektion und die Wärmestrahlung, vorgestellt. Diese werden zwar im Weiteren separat behandelt, treten jedoch bei Wärmeübertragungen häufig zu unterschiedlichen Anteilen gleichzeitig auf.<sup>27</sup> Da sie den zentralen Aspekt der Arbeit darstellt, wird auf die Wärmeleitung ein besonderes Augenmerk gelegt.

#### Die Wärmeleitung

Der Wärme- beziehungsweise Energietransport, welcher als Wärmeleitung bezeichnet wird, findet im Inneren von Materialien statt. Verantwortlich dafür sind Mechanismen wie beispielsweise elastische Wellen und Elektronen in Festkörpern oder Molekülbewegungen und -stöße in Flüssigkeiten und Gasen. Anders als zum Beispiel bei der Konvektion ist der Prozess der Wärmeleitung nicht mit einem makroskopischen Materialtransport verbunden. Ausgehend von

---

<sup>24</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 233.

<sup>25</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 239.

<sup>26</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 623.

<sup>27</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 632.

der die Wärmeleitung auslösenden Temperaturdifferenz kann zwischen zwei Arten der Wärmeleitung unterschieden werden: Die stationäre Wärmeleitung liegt bei einer zeitlich konstanten Temperaturdifferenz vor. Bei der nichtstationären Wärmeleitung ist diese zeitliche Konstanz nicht gegeben.<sup>28</sup>

Als Beispiel für die stationäre Wärmeleitung nehme man einen Stab mit konstanter Querschnittsfläche  $A$ . Wird nun ein Ende des Stabes konstant auf Temperatur  $T_1$ , das andere konstant auf Temperatur  $T_2$  gehalten und es gilt  $T_1 > T_2$ , dann wird Energie in Form von Wärme vom wärmeren zum kälteren Ende geleitet. Es stellt sich nach einiger Zeit ein stationärer Zustand ein und die gleichmäßige Änderung der Temperatur pro Längeneinheit  $\frac{\Delta T}{\Delta x}$  wird als Temperaturgradient bezeichnet. Der sogenannte Wärmestrom  $I$  beschreibt die übertragene Wärmemenge pro Zeit  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  und es konnte experimentell festgestellt werden, dass dieser proportional zum Temperaturgradienten und zur Querschnittsfläche ist:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (6)$$

Die in Gleichung (6) auftretende Proportionalitätskonstante  $\lambda$  ist materialabhängig, wird als Wärmeleitfähigkeit bezeichnet und hat die Dimension  $\frac{W}{m \cdot K}$ .<sup>29</sup>

Für die nichtstationäre Wärmeleitung betrachtet man erneut den Stab aus dem vorherigen Beispiel und hält diesen auf einer konstanten Temperatur. Nun wird ein Ende des Stabes möglichst schnell auf die Temperatur  $T_1$  erhöht und die so entlang des Stabes auftretenden Temperaturverteilungen gemessen. Es zeigt sich, dass der Abstand zwischen dem Ort einer bestimmten Temperatur und der Eintrittsstelle proportional zur Wurzel aus der Zeit wächst. Die Differenzialgleichung, auf deren Herleitung hier verzichtet wird und mit der die nichtstationäre Wärmeleitung beschrieben werden kann, lautet<sup>30</sup>:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\lambda}{\rho \cdot c} \cdot \Delta T \quad (7)$$

<sup>28</sup> Lüders, Pohl, Pohls Einführung. Band 1, 470-474.

<sup>29</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 632.

<sup>30</sup> Lüders, Pohl, Pohls Einführung. Band 1, S. 474.

Bei  $\Delta$  handelt es sich um den sogenannten Laplace-Operator, bei  $\rho$  um die Dichte und  $c$  ist die spezifische Wärmekapazität des jeweiligen Materials. Der Faktor  $\frac{\lambda}{\rho \cdot c}$  wird als Temperaturleitfähigkeit bezeichnet und hat die Einheit  $\frac{m^2}{s}$ .<sup>31</sup>

	Wärmeleitfähigkeit $\left[\frac{W}{mK}\right]$	Temperaturleitfähigkeit $\left[\frac{mm^2}{s}\right]$ <sup>32</sup>
Eisen	81	22,8
Aluminium	237	98,8
Kupfer	399	117
Granit	2,9	1,18
Asphalt	0,70	0,36
Luft	0,026	20
Wasser	0,6	0,14
Fensterglas	0,87	0,50
Tannenholz	0,14	0,12
Polyethylen	0,35	0,17

Tabelle 1: Werte für die Wärme- und Temperaturleitfähigkeit ausgewählter Stoffe bei 20°C.<sup>33</sup>

In Tabelle 1 sind die Wärme- und Temperaturleitfähigkeitswerte verschiedener Stoffe aufgelistet, um deren Materialabhängigkeit zu zeigen. Beide Werte spielen eine wichtige Rolle beim subjektiven Temperaturempfinden des Menschen.

## Die Konvektion

Neben der Wärmeleitung tritt bei Fluiden auch eine zweite Form des Wärmetransportes auf: Die mit Materialtransport verbundene Konvektion. Konvektionsströmungen werden durch lokale Temperatur- und damit verbundene Dichteunterschiede, sowie durch den dadurch ausgelösten Auftrieb verursacht. Die so auftretenden Wärmestromdichten können die der Wärmeleitung bei weitem übersteigen. Die mathematische Beschreibung dieser Vorgänge ist meist hochkompliziert und von vielen Faktoren abhängig.<sup>34</sup> Die Konvektion spielt bei vielen globalen Phänomenen wie beispielsweise den Meeresströmungen oder der atmosphärischen Zirkulation,

<sup>31</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 221.

<sup>32</sup> Temperaturleitfähigkeit hier zur besseren Übersicht in  $mm^2/s$  angegeben.

<sup>33</sup> Wikipedia-Artikel zur Temperaturleitfähigkeit, online unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturleitf%C3%A4higkeit>, (15.12.2019).

<sup>34</sup> Wagner, Reischl, Steiner, Einführung in die Physik, 222.



aber auch in alltäglichen Situationen wie zum Beispiel bei der Isolation von Fensterscheiben eine wichtige Rolle.<sup>35</sup>

## Die Wärmestrahlung

Bei der dritten Form von Wärmetransport handelt es sich um eine elektromagnetische Strahlung, die von allen Körpern abgegeben wird. Bei alltäglichen Temperaturen ist die Wärmestrahlung für den Menschen nicht sichtbar, da der Großteil der Strahlung im Infrarotbereich liegt. Erst intensive Infrarotstrahlung kann vom menschlichen Körper wahrgenommen werden. Bei sehr hohen Temperaturen, wie beispielsweise bei glühendem Eisen, strahlen Körper erkennbar sichtbares Licht ab. Die abgestrahlte Wärmeleistung  $P_S$  eines Körpers mit der Temperatur  $T$  wird wie folgt definiert:

$$P_S = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4 \quad (8)$$

Bei  $\sigma$  handelt es sich um die Stefan-Boltzmann-Konstante,  $A$  ist die Oberfläche des Körpers und  $\varepsilon$  der sogenannte Emissionsgrad, eine Materialkonstante, welche die Abstrahlung des jeweiligen Körper in Relation mit einem idealen Wärmestrahler, einem sogenannten schwarzen Körper, setzt.<sup>36</sup>

## 2.2 Schülervorstellungen in der Physikdidaktik

Im folgenden Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen zu Schülervorstellungen dargestellt. Dazu wird vorerst der Begriff selbst definiert, es werden die Ursachen für die Entstehung von Schülervorstellungen dargelegt und ein kurzer Abriss über die dahingehende Forschung wird gegeben. Anschließend werden noch die Theorien zum Conceptual Change und mögliche Umgangsstrategien im Umgang mit Schülervorstellungen vorgestellt. Im zweiten Teil dieses Kapitels wird noch spezifisch auf die Schülervorstellungen in der Wärmelehre eingegangen und Unterrichtskonzepte und empirische Studien werden beschrieben.

---

<sup>35</sup> Tipler, Mosca, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure, 638.

<sup>36</sup> Roth, Stahl, Mechanik und Wärmelehre, S. 556.

## 2.2.1 Was sind Schülervorstellungen?

Horst Schecker und Reinders Duit schreiben:

*„Schülervorstellungen beschreiben Dispositionen, d. h. Tendenzen von Schülerinnen und Schülern, physikalische Begriffe in einer bestimmten Weise zu interpretieren oder Phänomene in einer bestimmten Weise zu beschreiben, die sich von der fachphysikalischen Darstellung unterscheidet.“<sup>37</sup>*

Der Begriff „Schülervorstellungen“ kann verschiedene Ausmaße beziehungsweise Abstraktionsniveaus annehmen. So kann es sich dabei um Vorstellungen ganzer Kulturen aufgrund deren Sozialisation oder nur um die Vorstellung einzelner Schülerinnen und Schüler handeln. Auch von ihrem inhaltlichen Umfang können Schülervorstellungen von einzelnen Phänomenen bis hin zu komplexen und vernetzten Vorstellungsgeflechten reichen.<sup>38</sup> Manche Forscherinnen und Forscher bezweifeln sogar die Existenz von Schülervorstellungen und gehen stattdessen davon aus, dass diese spontan entstehen, wenn eine Schülerin oder ein Schüler zu einer fachlichen Frage Stellung beziehen muss. Neben dem heute gängigen Begriff „Schülervorstellungen“ (im Englischen beispielsweise *students' ideas* oder *students' conceptions*) existieren in der Forschung weitere Begrifflichkeiten wie zum Beispiel „Fehlvorstellungen“ (*misconceptions*) - wird jedoch aufgrund ihres wertenden Beiklangs heutzutage kaum noch verwendet -, „Alltagsvorstellungen“, „Präkonzepte“ oder „Vorverständnis“. Die Präfixe „Vor“ und „Prä“ stehen dabei für die kognitive Voraussetzung, die Schülerinnen und Schüler bei der Hinwendung zu einer neuen Thematik besitzen.<sup>39</sup>

## 2.2.2 Woher kommen Schülervorstellungen?

Vorstellungen im Sinne von im Menschen verankerten, bedeutungsverleihenden Konzepten können verschiedenste Ursprünge haben. Eine besonders wichtige Quelle für Schülervorstellungen ist die Sprache, genauer gesagt die Alltagssprache. So werden die Schülerinnen und Schüler schon vor ihrem Physikunterricht mit Erklärungen wie *„In einer Batterie wird Elektrizität gespeichert und an die Verbraucher verteilt“* oder *„Der hat sehr viel Kraft“* konfrontiert. Die so entstehenden Vorstellungen zeigen sich als besonders hartnäckig, da Sprache eine zentrale Rolle in unserem Leben einnimmt und zudem weitreichenden und sehr langsam

---

<sup>37</sup> Horst Schecker, Reinders Duit, Schülervorstellungen und Physiklernen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 9f.

<sup>38</sup> Rita Wodzinski, Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 2011) 23.

<sup>39</sup> Schecker, Duit, Schülervorstellungen und Physiklernen, 10-12.

ablaufenden Entwicklungs- und Veränderungsprozessen unterliegt. Zum Thema „Alltagssprache und Physik“ sind noch zwei weitere Aspekte von Bedeutung: Zum einen enthalten alltägliche Aussagen oft veraltete Erklärungsmuster, so zum Beispiel „*Die Sonne geht auf*“, zum anderen haben physikalische Begrifflichkeiten häufig andere Bedeutungen als ihre alltagssprachlichen Pendants.<sup>40</sup>

Ebenfalls wichtige Quellen für die Entwicklung von Schülervorstellungen sind sinnliche Erfahrungen. Schon von frühester Kindheit an werden physikalische Abläufe im alltäglichen Leben durch erfahrungsbasierte und bewährte Ursache-Wirkungszusammenhänge erklärt, welche im Weiteren auf andere Situationen umgemünzt und durch zunehmende Anwendung verfestigt werden. Besonders augenscheinlich wird dies in vielen Bereichen der Mechanik sichtbar durch die Zuschreibung von „*Intention*“ oder „*Aktivität und Passivität*“.<sup>41</sup>

Ein weiterer Ursprung für Schülervorstellungen können Wahrnehmungsmuster sein, wie beispielsweise grafische Veranschaulichungen in verschiedensten Medien. Die Darstellung von Atomen oder Elektronen als Kugeln oder die Einzeichnung von magnetischen Feldlinien haben als Einstiegsmodelle durchaus ihre Berechtigung, können sich jedoch ohne fachliche Analyse beziehungsweise durch Einbettung in fachlich inkorrekten Vorstellungen und Interpretationen verfestigen.<sup>42</sup>

Neben diesen zumeist vorunterrichtlichen Ursachen für Schülervorstellungen darf auch die Rolle des vorangegangenen Unterrichts nicht unterschätzt werden.<sup>43</sup>

### 2.2.3 Fachdidaktische Forschung zu Schülervorstellungen

Erste Forschungsarbeiten zum Thema Schülervorstellungen wurden in den 1970er Jahren durchgeführt. Diese beschäftigten sich großteils mit der Erhebung von Schülervorstellungen zu zentralen Begriffen und Prinzipien aus den Naturwissenschaften. Im darauffolgenden Jahrzehnt wechselte das Hauptaugenmerk auf die Suche nach Methoden dafür, Schülervorstellungen auf wissenschaftliche Vorstellungen hinzuleiten, sogenannte Konzeptwechselansätze. In den 1990er Jahren intensivierte sich die Auseinandersetzung mit Lernprozessen und diese zeigte deren Komplexität sowie den großen Einfluss sozialer Gruppen und bereitgestellter Materialien auf den Lernprozess. Des Weiteren nahmen auch Untersuchungen hinsichtlich

---

<sup>40</sup> Walter Jung, Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 32011) 17f.

<sup>41</sup> Wodzinski, Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, 25.

<sup>42</sup> Schecker, Duit, Schülervorstellungen und Physiklernen, 14.

<sup>43</sup> Reinders Duit, Alltagsvorstellungen berücksichtigen. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 32011) 3.

adäquater Lehrkräfteausbildung zu. Neuere Studien legen ihren Fokus auf die Implementierung der entwickelten Konzeptwechselstrategien in den regulären Unterricht.<sup>44</sup>

In der Forschung zu Schülervorstellungen kommt ein großes Spektrum an Datenerhebungsverfahren zum Einsatz. Die verbreitetsten Verfahren sind schriftliche Test, wobei diese häufig in Form von Multiple-Choice beziehungsweise bei zusätzlicher schriftlicher Begründung als zweistufiges Verfahren gestaltet werden. Ist noch wenig über die Schülervorstellungen zu einer bestimmten Thematik bekannt, eignen sich Aufgaben mit offenem Antwortformat oder sogenannte Wortassoziationstests. Neben diesen schriftlichen Testformen bieten mündliche Verfahren gute Möglichkeiten zur Erforschung neuer Themengebiete, da sie offene und lange Antworten und somit einen besonders tiefen Einblick ermöglichen. Meist finden solche mündlichen Verfahren in Form von Einzelinterviews statt, welche mitgeschnitten, anschließend transkribiert und schlussendlich interpretiert werden. Bei jungen Schülerinnen und Schülern werden die Interviewfragen zum leichteren Verständnis oft mit Bildmaterial, Skizzen oder dem Vorzeigen von etwaigen Experimenten erweitert. Ein weiteres mündliches Verfahren sind Wortprotokolle, welche aus Mitschnitten von Unterrichtsgesprächen hergestellt und anschließend analysiert werden.<sup>45</sup>

#### 2.2.4 Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht

Für den Großteil an Studien zu Schülervorstellungen ist der Konstruktivismus eine zentrale theoretische Grundannahme. In diesem wird davon ausgegangen, dass es sich beim Lernen um keinen passiven Prozess handelt, sondern Wissen aktiv konstruiert werden muss. Aufgenommene Sinneseindrücke haben an sich keine Bedeutung, stattdessen wird diese vom Subjekt selbst erzeugt. Bei dieser Bedeutungsverleihung können im Subjekt bereits verankerte Vorstellungen eine große Rolle spielen. Die Sichtweise des Konstruktivismus hat zur Folge, dass Lehrende Wissen nicht einfach so weitergeben können, sondern Schülerinnen und Schüler lediglich zur selbständigen Konstruktion anregen und die dafür notwendige Lernumgebung schaffen können.<sup>46</sup>

Für das Lernen von Naturwissenschaften hat sich in der konstruktivistischen Forschung die Theorie des Conceptual Change etabliert. Ausgangspunkt hierbei ist, dass Schülerinnen und

---

<sup>44</sup> Reinders Duit, Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Stand der Dinge und Ausblick. In: Rainer Müller, Rita Wodźinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 2011) 271.

<sup>45</sup> Horst Schecker, Reinders Duit, Schülervorstellungen und Physiklernen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 15-18.

<sup>46</sup> Ulrich Gebhard, Dietmar Höttecke, Markus Rehm, Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch (Wiesbaden 2017) 155f.

Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht eine neue Sichtweise erlernen und dies einen Wechsel von alltagsgeprägten Konzepten auf wissenschaftlich korrekte Konzepte bedeutet.<sup>47</sup> Die häufig genutzte Übersetzung als Konzeptwechsel sollte dabei vermieden werden, da Conceptual Change nicht nur den Austausch von unzureichenden gegen wissenschaftliche Vorstellungen meint, sondern auch die Erweiterung und Differenzierung des vorhandenen Wissens. Passender wäre es, von Konzeptwandel oder Konzeptveränderung zu sprechen.<sup>48</sup>

Damit ein Conceptual Change eintreten kann, haben George J. Posner et al. vier Bedingungen formuliert:

1. Die Schülerinnen und Schüler müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein (dissatisfaction).
2. Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein (intelligible).
3. Die neue Vorstellung muss einleuchtend und plausibel sein (plausible).
4. Die neue Vorstellung muss die Möglichkeit eines erfolgreichen Forschungsprogramms bieten (fruitful).<sup>49</sup>

Aus der Frage heraus, wie sich Conceptual Change genau vollzieht, haben sich zu Beginn der Forschung mehrere Schulen entwickelt, welche sich heute jedoch bereits stark angenähert haben. Mit Blick auf die später vorgestellten Umgangsstrategien sollen dennoch im Folgenden zwei unterschiedliche Theorien des Conceptual Change vorgestellt werden.<sup>50</sup>

Bei dem ersten Ansatz handelt es sich um die sogenannte „*Framework Theory*“, welche von Stella Vosniadou et al. entwickelt wurde. In diesem wird zwischen sogenannten Präkonzepten und Schülervorstellungen unterschieden. Präkonzepte sind Vorstellungen, welche Kinder aus alltäglichen Erfahrungen in ihrem vorunterrichtlichen Leben sammeln und woraus sie kohärente, wenn auch oberflächliche Erklärungsmodelle entwickeln. Werden diese im Unterricht mit wissenschaftlichen Erklärungsmodellen konfrontiert, findet eine Rekategorisierung statt und die Kinder gliedern diese neuen Informationen in ihr bestehendes Wissenssystem ein. Die

---

<sup>47</sup> Reinders Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Ernst Kircher, Raimund Girwidz, Peter Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (Berlin/Heidelberg 2015) 666.

<sup>48</sup> Kornelia Möller, Lernen von Naturwissenschaft heisst: Konzepte verändern. In: Peter Labudde (Hrsg.), Fachdidaktik Naturwissenschaften. 1.-9. Schuljahr (Stuttgart 2013) 64.

<sup>49</sup> Reinders Duit, Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. In: Zeitschrift für Pädagogik 41, Heft 6 (1995) 914.

<sup>50</sup> Martin Hopf, Thomas Wilhelm, Conceptual Change. Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 29.

so entstehenden synthetischen Vorstellungen und Modelle können bei inadäquater Unterrichtsaufbereitung die Grundlage vieler Schülervorstellungen bilden.<sup>51</sup>

Der zweite Ansatz stammt von Andrea A. DiSessa und wird als „*knowledge in pieces*“ Theorie bezeichnet. Sie besagt, dass Schülerinnen und Schüler sich bei der Erklärung oder Vorhersage physikalischer Phänomene nicht auf ein systemisches Theoriegebäude stützen, sondern stattdessen auf kontextbezogene Wissenselemente. Diese werden als „phenomenological primitives“ oder kurz „p-prims“ bezeichnet. Ein Beispiel für solch eine grundlegende Wissensstruktur, die aus alltäglichen Erfahrungen abgeleitet wurde, ist „Kraft bewegt Objekte“. Häufig werden mehrere dieser nur lose zusammenhängenden „p-prims“ zur Beschreibung verschiedener Aspekte der gleichen physikalischen Situation herangezogen oder kombiniert, was in den als Schülervorstellungen bekannten Erklärungsmustern resultiert.<sup>52</sup>

Um im Sinne des Conceptual Change eine Veränderung oder Weiterentwicklung der Schülervorstellungen zu erreichen, bieten sich den Lehrenden für die Unterrichtsgestaltung zwei unterschiedliche Modelle an. Diese basieren auf der Annahme unterschiedlicher Lernwege, zum einen des kontinuierlichen und zum anderen des diskontinuierlichen.<sup>53</sup>

Das auf einen diskontinuierlichen Lernweg aufbauende Modell geht in seiner Annahme von Schülervorstellungen als vernetztes und stabiles Konstrukt im Sinne der „*framework theory*“ aus. Statt im Unterricht bei einzelnen Wissenselementen anzusetzen, werden grundlegende Annahmen in Angriff genommen. Dies ermöglicht ein sogenannter kognitiver Konflikt, bei dem Schülerinnen und Schüler mit Tatsachen konfrontiert werden, die mit ihren Vorstellungen unvereinbar sind, was eine Unzufriedenheit mit dem eigenen Konzept schafft und den Wunsch nach Korrektur weckt. Vorhersagen von Schülerinnen und Schülern über einen Versuchsausgang bieten eine gute Möglichkeit für einen kognitiven Konflikt, weshalb Experimente eine zentrale Rolle innerhalb dieses Modelles einnehmen.<sup>54</sup>

Das Modell für einen kontinuierlichen Lernweg stützt seine theoretische Grundlage zu Schülervorstellungen mehr auf die von Andrea A. DiSessa ausgearbeitete Annahme von Schülervorstellungen als vielfältige und kontextabhängige Wissensfragmente. Ziel der fachdidaktischen Unterrichtsplanung ist es, den richtigen Umgang mit diesen Wissenselementen zu finden.

---

<sup>51</sup> Stella Vosniadou, Reframing the Classical Approach to Conceptual Change. Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. In: Barry J. Fraser, Campbell J. McRobbie, Kenneth Tobin (Hrsg.), Second International Handbook of Science Education (Dordrecht 2012) 120-124.

<sup>52</sup> Joseph F. Wagner, Transfer in Pieces. In: Cognition and Instruction 24, Issue 1 (2006) 7.

<sup>53</sup> Reinders Duit, Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Reinders Duit, Christoph von Rhöneck (Hrsg.), Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (Kiel 1996) 147f.

<sup>54</sup> Thomas Wilhelm, Horst Schecker, Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 42f.

Eine Möglichkeit bieten sogenannte Aufbaustrategien, welche sich in drei verschiedene Varianten unterscheiden:

1. Die Variante des Umgehens, bei der auf etwaige Schülervorstellungen erst gar nicht eingegangen wird.
2. Die Variante des Anknüpfens, bei der versucht wird, die Schülervorstellungen zu physikalisch korrekten Vorstellungen weiterzuentwickeln beziehungsweise zu verändern.
3. Die Variante des Umdeutens, bei der Schülervorstellungen mithilfe fachlicher Begriffe in wissenschaftliche Konzepte umgeformt werden.

Besonders hilfreich bei Aufbaustrategien sind Analogien, da diese genutzt werden können, um korrekte Vorstellungen und Erkenntnisse auf neue Themenbereiche anzuwenden.<sup>55</sup>

In ihrem Fazit fassen Thomas Wilhelm und Horst Schecker zusammen, dass viele in der Literatur skizzierte Unterrichtsstrategien folgenden fünf Punkten folgen:

1. *„Die Schülerinnen und Schüler machen eigene Erfahrungen mit den Phänomenen, indem sie selbst aktiv experimentieren oder indem sie ein Phänomen gezeigt bekommen beziehungsweise einen Versuchsausgang vorhersagen sollen.*
2. *Im Zusammenhang damit werden entweder bewusst die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aktiviert, weil man einen kognitiven Konflikt dazu anstrebt, oder die Schülervorstellungen werden bewusst umgangen, da man eine Aufbaustrategie verfolgen will.*
3. *Die Lehrkraft bringt die wissenschaftliche Sicht ein, die Schülerinnen und Schüler nicht selbst entdecken können. Ihr Nutzen wird im Unterricht diskutiert.*
4. *Es werden Anwendungen der neuen Sichtweise auf neue Beispiele behandelt, um die neue Sichtweise zu festigen.*
5. *Am Ende gibt es einen kritischen Rückblick auf den durchlaufenen Lernprozess. Dabei werden die Vorstellungen am Anfang, die bekannten Schülervorstellungen entsprechen, und die Vorstellungen am Ende der Lerneinheit, die den physikalischen Vorstellungen entsprechen, miteinander verglichen.“<sup>56</sup>*

---

<sup>55</sup> Wilhelm, Schecker, Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen, 50-53.

<sup>56</sup> Wilhelm, Schecker, Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen, 59.

## 2.2.5 Schülervorstellungen in der Wärmelehre

In der Vergangenheit wurden schon viele verschiedene Untersuchungen, wie beispielsweise von H. Wiesner und D. Stengl, G. Erickson oder E. Engel, zur Erhebung von Schülervorstellungen in der Wärmelehre an Schülerinnen und Schülern verschiedensten Alters durchgeführt.<sup>57</sup> Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über zentrale Schülervorstellungen in der Wärmelehre gegeben.

Viele Schülervorstellungen in diesem Bereich betreffen die beiden Begriffe Temperatur und Wärme. Häufig werden beide Begriffe als Synonyme angesehen, was sich in Aussagen wie „ein Raum sei besonders warm“ oder „enthalte viel Wärme“ widerspiegelt.<sup>58</sup> Es zeigt sich jedoch eine Tendenz, dass Schülerinnen und Schüler Wärme eher mit höheren beziehungsweise angenehmen Temperaturen in Verbindung bringen.<sup>59</sup> Eine ebenfalls sehr hartnäckige Vorstellung ist die von Wärme als einem Stoff, ähnlich wie Dampf, Rauch oder Luft.<sup>60</sup> Damit einher geht auch die Schülervorstellung einer „Kältesubstanz“. Körper mit einer höheren Temperatur enthalten mehr „Wärmestoff“ während Körper mit einer niedrigeren Temperatur mehr „Kältestoff“ enthalten.<sup>61</sup> Kälte und Wärme werden hierbei auch oft als etwas Unterschiedliches gesehen, anstatt sie als entgegengesetzte Richtungen eines Kontinuums zu begreifen.<sup>62</sup> Eine weitere Fehlkonzeption bezüglich Wärme ist, dass sie Gegenstände leichter macht.<sup>63</sup>

Bezüglich des Temperaturbegriffs existiert häufig die Vorstellung, dass diese mit dem Volumen beziehungsweise dem Gewicht eines Körpers zusammenhängt und so beispielsweise ein großer Eiswürfel mehr Zeit zum Schmelzen braucht als ein kleinerer, da dieser eine geringe Temperatur hat. Des Weiteren haben viele Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, Aussagen über die resultierende Temperatur einer Stoffmischung zu treffen. Sie verwenden Additions- und Subtraktionsrechnungen, selbst wenn die beiden gemischten Stoffe die gleiche Temperatur haben.<sup>64</sup> Häufig wird Temperatur auch als der zentrale Beurteilungsaspekt dafür gesehen, wie viel „Wärme“ benötigt wird, um Gegenstände zu erwärmen, zu schmelzen oder zu verdampfen.

---

<sup>57</sup> Hartmut Wiesner, Dagmar Stengl, Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 2011) 83.

<sup>58</sup> Hartmut Wiesner, Horst Schecker, Martin Hopf (Hrsg.), Physikdidaktik kompakt (Freising 2011) 45.

<sup>59</sup> Duit, Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie, 13.

<sup>60</sup> Reinders Duit, Wärmeverstellungen. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 2011) 196.

<sup>61</sup> Wiesner, Schecker, Hopf, Physikdidaktik kompakt, 45.

<sup>62</sup> Shelley Yeo, Marjan Zadnik, Introductory thermal concept evaluation. Assessing students' understanding. In: The Physics Teacher 39, Issue 8 (2001) 498.

<sup>63</sup> Helmut Fischler, Horst Schecker, Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 151.

<sup>64</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 196f.



Ein weiteres Feld für viele Schülervorstellungen bieten Wärmetransportvorgänge. Aufbauend auf die Vorstellung von Wärme als etwas Stoffliches betrachten viele Schülerinnen und Schüler den Wärmetransport innerhalb eines Körpers oder zwischen zwei Körpern als die Bewegung eines „Wärmestoffes“. Dies führt im Weiteren auch dazu, dass Wärme als etwas in einem Körper speicherbares angenommen wird.<sup>65</sup> Existiert die Vorstellung über eine „Kältesubstanz“, sprechen viele Schülerinnen und Schüler bei Vorgängen der Wärmeleitung vermehrt von einer „Kälteleitung“.<sup>66</sup> Das Abkühlen oder Erwärmen eines Körpers wird als „natürlicher“ Vorgang gesehen, welcher keiner weiteren Erklärung bedarf. Die stattfindenden Interaktionen, beispielsweise mit der umgebenden Luft, werden nicht in die Erklärung des Vorgangs eingebracht.<sup>67</sup> Große Schwierigkeiten bereitet auch die Konstanz der Temperatur bei Schmelz- und Siedevorgängen, da die Vorstellung vorherrscht, dass jede Wärmezufuhr zu einer Temperaturerhöhung führe.<sup>68</sup> Auch das Konzept des thermischen Gleichgewichts ist bei vielen Schülerinnen und Schülern nicht konsistent und so werden verschiedenen Gegenständen, auch wenn sich diese über längere Zeit in einem Raum mit konstanter Temperatur befinden oder in direktem Kontakt zueinander stehen, unterschiedliche Temperaturen zugeordnet.<sup>69</sup> Häufig wird das thermische Gleichgewicht auch asymmetrisch gesehen. So kühlt ein heißer Löffel im kalten Wasser ab, das Wasser jedoch erwärmt sich nicht.<sup>70</sup> Das Teilchenkonzept wird von Schülerinnen und Schülern kaum von selbst aus verwendet, um Wärmeerscheinungen zu erklären.<sup>71</sup> Wird dieses Konzept dennoch akzeptiert, werden den Teilchen häufig makroskopische Eigenschaften zugeschrieben. Beispiele dafür sind: „Wenn die Teilchen aneinander reiben, entsteht Wärme“ oder „Diese haben die Eigenschaft, warm zu sein“.<sup>72</sup>

Ein Phänomen, das sich auf Alltagserfahrungen und inkonsistente Vorstellungen bei zentralen Konzepten der Wärmelehre zurückführen lässt, ist die Zuschreibung thermodynamischer Eigenschaften zu verschiedenen Stoffen. So wird Metallen zugeschrieben, dass diese „kalt“ sind, während andere Stoffe, wie beispielsweise Holz oder Plastik, „warm“ sind.<sup>73</sup> Anderen Materialien, wie Wolle oder Daunenfedern, wird neben einer Temperatur auch die aktive Fähigkeit zugeschrieben, Gegenstände zu erwärmen.<sup>74</sup> Yeo und Zadnik haben bei ihren Untersuchungen zudem festgestellt, dass Schülerinnen und Schüler Metallen die Fähigkeit zusprechen, Wärme

<sup>65</sup> Fischler, Schecker, Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme, 149f.

<sup>66</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 197.

<sup>67</sup> Duit, Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie, 13.

<sup>68</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 197.

<sup>69</sup> Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen, 672.

<sup>70</sup> Wiesner, Schecker, Hopf, Physikdidaktik kompakt, 45.

<sup>71</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 196.

<sup>72</sup> Duit, Alltagsvorstellungen und Physik lernen, 671f.

<sup>73</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 197.

<sup>74</sup> Wiesner, Schecker, Hopf, Physikdidaktik kompakt, 45.

und Kälte anzuziehen, zu halten und zu intensivieren und dass Materialien existieren, welche resistenter gegen Erwärmung sind.<sup>75</sup>

## 2.2.6 Unterrichtskonzepte in der Wärmelehre

In der Literatur finden sich verschiedene Unterrichtskonzepte, deren Ziel es ist, aufbauend auf die vielseitige fachdidaktische Forschung neue Ansätze für die Vermittlung von physikalischen Inhalten im Physikunterricht zu schaffen. Im folgenden Abschnitt werden zwei Beispiele für solche Unterrichtskonzepte in der Wärmelehre näher vorgestellt. Zum einen der sogenannte Karlsruher Physikkurs und zum anderen das Münchner Unterrichtskonzept.

### Der Karlsruher Physikkurs

Die Entwicklung des Karlsruher Physikkurses begann im Jahre 1988 unter der Führung von Friedrich Herrmann von der Universität Karlsruhe. Unterstützt wurde dieser dabei von verschiedenen Doktoranden beziehungsweise anderen wissenschaftlichen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe am Institut für Didaktik der Physik.<sup>76</sup> Es existieren mehrere Schulbücher für die Unterstufe, Sekundarstufe I und II, sowie Hochschulsripten, welche auf dem Karlsruher Physikkurs beruhen und gratis auf der Physikdidaktik-Homepage der Universität Karlsruhe als Dateien beziehbar sind.<sup>77</sup> Der Karlsruher Physikkurs ist in der Fachwelt nicht unumstritten. So schreibt Starauschek, dass der damit verfolgte Ansatz aus einer konstruktivistischen Perspektive keine Verbesserung des Physikunterrichts ermöglicht. Dennoch zeigt, wie weiter unten ausgeführt, zumindest der Unterricht in der Wärmelehre nach dem Karlsruher Physikkurs Potential.<sup>78</sup>

Grundlage des Karlsruher Physikkurses ist, dass zur Beschreibung aller Themen im Physikunterricht mit dem Oberbegriff des „Stoffartigen“ eingesetzt wird. Diesem „Stoffartigen“ kann eine Menge zugeordnet werden, es kann entstehen, verschwinden oder ist unveränderbar und tritt entweder unsichtbar oder sichtbar in Erscheinung. Beispiele hierfür sind die Masse, die elektrische Ladung oder für die Wärmelehre die Entropie. Diese „Stoffe“ können, angetrieben durch die Differenz sogenannter intensiver Partnergrößen, wie zum Beispiel ein Temperaturunterschied, durch den Raum fließen. Dieses Strom-Antrieb-Konzept lässt sich auf alle Teilgebiete der Physik übertragen, diese damit mit einer ähnlichen Struktur beschreiben und somit

---

<sup>75</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

<sup>76</sup> Karlsruher Institut für Technologie, Die Entwickler des KPK, online unter <http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/Strategien/autoren.html>, (08.11.2019).

<sup>77</sup> Karlsruher Institut für Technologie, Material zum KPK, online unter [http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/kpk\\_material.html](http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/kpk_material.html), (08.11.2019).

<sup>78</sup> Erich Starauschek, Ergebnisse einer Evaluationsstudie zum Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 8 (2002) 7.

vertikal vernetzen.<sup>79</sup> Im folgenden Abschnitt wird kurz dargelegt, wie das Kapitel Wärmelehre nach dem Karlsruher Physikkurs aufgebaut ist.

Wie in den anderen Kapiteln des Karlsruher Physikkurses beginnt die Wärmelehre mit der Einführung des „Stoffartigen“, in diesem Fall der Entropie. Hierbei soll die intuitive Verbindung zwischen dem Begriff Entropie und dem umgangssprachlich verwendeten Begriff Wärme beziehungsweise Wärmemenge angeregt werden. Des Weiteren wird der Entropie eine eigene Einheit zugeordnet, das sogenannte Carnot oder kurz CT, wobei ein CT einem  $JK^{-1}$  entspricht. Weiters wird definiert, dass Entropie in Prozessen, die eine Art „Reibung“ darstellen, wie beispielsweise mechanische Reibung, elektrische „Reibung“ an einem Widerstand oder chemische „Reibung“ bei einem Reaktionsprozess erzeugt, jedoch nicht zerstört werden kann. Entropie fließt von einem Körper höherer Temperatur zu einem Körper niedrigerer Temperatur, was wiederum einen „Reibungsprozess“ darstellt und somit neue Entropie entstehen lässt. Um diesem Prozess entgegenzuwirken, benötigt man eine „Entropiepumpe“, wobei es sich hierbei um eine Wärmepumpe handelt.<sup>80</sup>

Der Karlsruher Physikkurs wurde schon mehrfach empirisch evaluiert. Ein Beispiel dafür ist die von Erich Staraschek 1998 durchgeführte Treatment-Kontrollgruppen-Untersuchung an einer gymnasialen Sekundarstufe I, bei der die Versuchsgruppe nach dem Karlsruher Physikkurs und die Kontrollgruppe nach einem konventionellen Unterrichtskonzept unterrichtet wurden. Das Kapitel Wärmelehre wurde an Schülerinnen und Schülern der neunten Schulstufe mithilfe eines aus 16 Items bestehenden Tests untersucht. Dieser behandelte Temperaturlausgleichsprozesse, die Wärmeleitung sowie Phasenübergänge. Die Analyse der gewonnenen Daten zeigte, dass der Karlsruher Physikkurs lediglich beim Kapitel Wärmelehre zu einem besseren Verständnis der Physik führte als der konventionelle Physikunterricht und mehr Potential besitzt, Konzeptwechselprozesse bei Schülerinnen und Schülern einzuleiten.<sup>81</sup>

### **Das Münchner Unterrichtskonzept**

Das Münchner Unterrichtskonzept, welches die mechanische Energie und die Wärmelehre behandelt, wurde von Martin Bader in Zusammenarbeit mit Hartmut Wiesner für seine 2001 vorgelegte Dissertation an der Ludwig-Maximilian-Universität München nach detaillierten

---

<sup>79</sup> Staraschek, Ergebnisse einer Evaluationsstudie, 9.

<sup>80</sup> Friedrich Hermann, The Karlsruhe Physics Course. In: European Journal of Physics 21, Number 1 (2000) 56.

<sup>81</sup> Staraschek, Ergebnisse einer Evaluationsstudie, 8-19.

didaktischen Analysen entwickelt. Zentrale Ziele, die Bader damit für die Behandlung der Wärmelehre im Physikunterricht verfolgte, waren:

1. Die Themenkreise „mechanische Energie“ und „Wärmelehre“ besser miteinander zu verbinden.
2. Die beiden ersten Hauptsätze der Thermodynamik als strukturgebende Einheiten des Physikunterrichts darzustellen.
3. Die aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen aktiv zu vermeiden.
4. Schülerinnen verstärkt in den Physikunterricht durch Einbeziehung biologischer Beispiele und der Reduktion technischer Beispiele einzubinden.<sup>82</sup>

Im Folgenden wird nun ein Überblick über das Münchner Unterrichtskonzept gegeben bei gleichzeitigem Vergleich mit einem konventionellen Unterrichtskonzept.

Der Einstieg in das Kapitel Wärmelehre erfolgt mit der Definition der inneren Energie und zwar wie bereits erwähnt durch die Anbindung an die zuvor behandelte mechanische Energie. Dazu wird ein Versuch gezeigt, in dem mechanische Energie aufgrund von Reibung in innere Energie umgewandelt wird. Da der Energieerhaltungssatz gilt, den die Schülerinnen und Schüler bereits kennengelernt haben, können diese erkennen, dass es sich bei der inneren Energie ebenfalls um eine Form von Energie handelt. Anschließend folgt das Thema Temperaturmessung, welches mit dem nullten Hauptsatz der Thermodynamik beginnt, anschließend verschiedene Thermometerarten vorstellt und für das Verstehen der Kelvin-Temperaturskala mit einer kurzen mikroskopischen Betrachtung der inneren Energie abschließt. In den meisten konventionellen Unterrichtskonzepten wird mit der Temperaturmessung in die Wärmelehre eingestiegen und die innere Energie wird zu einem späteren Zeitpunkt mit dem Begriff der Wärme eingebracht. Als Nächstes erfolgt im Münchner Unterrichtskonzept die Herleitung für die Formel der Änderung der inneren Energie auf thermische Art, was traditionell mit einem Kurbelversuch geschieht. Die Probleme vieler Schülerinnen und Schüler mit diesem traditionellen Versuch liegen darin begründet, dass die Änderung hierbei nicht durch mechanische Energie, sondern durch einen biochemischen Prozess herbeigeführt wird. Bei dem neu konzipierten Versuch, einem zentralen Element des Münchener Unterrichtskonzeptes, wird die direkte Umwandlung durch Reibung gezeigt, indem eine Schnur verbunden mit einem Massestück teilweise um ein Thermometer gewickelt wird. In der Folge gleitet das Massestück langsam nach unten; die am Thermometer gleitende Schnur erzeugt Reibungswärme. Die Proportionalität

---

<sup>82</sup> Martin Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges. Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre (Diss. Ludwig-Maximilians-Universität München 2001) 3f.

zwischen der Änderung der inneren Energie und der Masse des Thermometers wird in einem darauffolgenden Gedankenversuch hergeleitet.<sup>83</sup>

Im nächsten großen Abschnitt wird die Änderung der inneren Energie genauer behandelt. Dazu wird mithilfe des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik gezeigt, dass sich der Wert der inneren Energie durch Arbeit und Wärme ändern lässt und deutlich gemacht, dass es sich bei Arbeit und Wärme um keine Energieform handelt. Nachdem die drei Wärmetransportformen vorgestellt wurden, wird aufbauend auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik die Reversibilität beziehungsweise Irreversibilität von Vorgängen besprochen. Diese letzte Thematik wird in herkömmlichen Unterrichtskonzepten meist zu einem späteren Zeitpunkt in Zusammenhang mit Wärmekraftmaschinen behandelt. Die Stoffbearbeitung zu den Aggregatzuständen erfolgt im Münchner Konzept gleich wie im herkömmlichen Unterricht.<sup>84</sup>

In den letzten beiden Kapiteln liegt das Hauptaugenmerk auf der technischen Nutzung der inneren Energie. Vorerst wird dafür, mit Rückbezug auf den ersten Hauptsatz der Thermodynamik, das ideale Gasgesetz, welches in konventionellen Konzepten bereits zu Beginn eingeführt wird, hergeleitet. Im Anschluss werden durch Heranziehen des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik Wärmekraftmaschinen, deren Wirkungsgrad sowie der Begriff Energieentwertung aufgeschlüsselt.<sup>85</sup>

Als Teil seiner Datenerhebung führte Martin Bader einen Lernerfolgstest durch. Dafür wurden eine Versuchsgruppe, welche mit dem Münchner Konzept unterrichtet wurde, und eine Kontrollgruppe, welche konventionell unterrichtet wurde, geschaffen. Sowohl die Versuchs- als auch die Kontrollgruppe besuchten zum Zeitpunkt der Erhebung die 9. Klasse eines mathematisch naturwissenschaftlichen Gymnasiums in Bayern. Die Analyse der so gesammelten Daten ergab, dass der Lernerfolg der Versuchsgruppe bei der Unterrichtseinheit „Wärmelehre“ 2,45-mal höher ausfiel als jener der Kontrollgruppe. Interessante Ergebnisse lieferte auch die Analyse der geschlechtsspezifischen Unterschiede. So zeigten die Schülerinnen der Versuchsgruppe durchschnittlich bessere Ergebnisse als ihre Mitschüler, während die Schülerinnen der Kontrollgruppe signifikant schlechter abschnitten als ihre Mitschüler.<sup>86</sup>

---

<sup>83</sup> Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges, 42-45.

<sup>84</sup> Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges, 43-45.

<sup>85</sup> Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges, 44f.

<sup>86</sup> Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges, 225f.

Vergleicht man nun den Karlsruher Physikkurs mit dem Münchner Unterrichtskonzept, fällt ein klarer Unterschied auf. Während beim Karlsruher Physikkurs durch die Umstrukturierung der Sachstruktur eine einheitliche Begriffsbildung geschaffen und somit der Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler beschleunigt werden soll, stehen bei den Umstrukturierungen innerhalb des Münchner Unterrichtskonzeptes ein Konzeptverständnis, das gezielte Andocken, die Vermeidung von Schülervorstellungen sowie die bessere Einbindung von Schülerinnen in den Physikunterricht im Vordergrund.

### **Weitere Beispiele für Unterrichtskonzepte**

Joachim Schlichting und Udo Backhaus haben ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I entwickelt, welches den Begriff der Energieentwertung als ein qualitatives Äquivalent zur Entropie einführt. Dies soll in weitere Folge den Umgang mit dem für Schülerinnen und Schüler schwer fassbaren Konzept der Energieerhaltung erleichtern.<sup>87</sup> Ein weiteres alternatives Unterrichtskonzept wurde von Marília F. Thomaz et al. im Zuge einer empirischen Studie entwickelt. Dieses setzt sich aus den fünf Stufen „Awareness, Interest, Evaluation, Trial und Adpotion“ zusammen und soll Schülerinnen und Schülern bei der Adaption neuer Konzepte unterstützen.<sup>88</sup>

## **2.2.7 Studien zu Schülervorstellungen in der Wärmelehre**

In der Literatur finden sich einige empirische Studien zu Schülervorstellungen in der Wärmelehre, welche im Zuge fachdidaktischer Forschungsarbeiten durchgeführt wurden. Ziel dieser Studien sind neben der Aufdeckung von Schülervorstellungen die Entwicklung oder Weiterentwicklung sowohl quantitativer als auch qualitativer Erhebungsinstrumente. Um die allgemeine Methodik solcher Studien zu zeigen, sollen im Folgenden vier davon genauer vorgestellt werden.

### **Thermal Concept Evaluation**

Der *Thermal Concept Evaluation* Test (kurz TCE-Test) wurde von Shelley Yeo und Marjan Zadnik, welche beide an der Curtin University of Technology tätig sind, zusammengestellt. Die ungefähr 30 Minuten dauernde Testung wurde gestaltet, um ein breites Spektrum an Schülervorstellungen in der Wärmelehre von 15- bis 18-jährigen Schülerinnen und Schülern

---

<sup>87</sup> Hans-Joachim Schlichting, Energieentwertung. Ein qualitativer Zugang zur Irreversibilität. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 49, Heft 2 (2000) 6.

<sup>88</sup> Marília F. Thomaz, I. M. Malaquias, M.C. Valente, M. J. Antunes, An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. In: Physics Education 30, Issue 1 (1995) 19-22.

abzudecken. Zu Beginn der Testentwicklung wurden verschiedenste die Wärmelehre betreffende Schülervorstellungen gesammelt und in die vier Kategorien „Wärme, Temperatur, Wärmeübertragung/Temperaturänderung und thermische Eigenschaften von Materialien“ eingeteilt. Im weiteren Verlauf wurden 32 Multiple-Choice-Fragen geschaffen, wobei diese teilweise mehrere Kategorien miteinander verbanden. Später wurde der Test auf 26 Fragen gekürzt und auch an dieser Version wurden über die Jahre noch kleinere Modifikationen vorgenommen.<sup>89</sup>

Die Fragen beschreiben Situationen, in denen „alltägliche“- beziehungsweise „Schulklassen“-Physik eine Rolle spielt, zum Beispiel indem Diskussionen zwischen Schülerinnen und Schülern entweder Zuhause oder in der Schulcafeteria stattfinden, alltägliche Objekte eine wichtige Rolle einnehmen oder die Antworten auf die Fragen Meinungen der diskutierenden Schülerinnen und Schüler repräsentieren, da die Forscherinnen und Forscher davon ausgehen, dass die Schülerinnen und Schüler so ihrer eigenen Vorstellung folgend antworten. Das Anforderungsniveau bezüglich der Lesekompetenz wurde niedrig gehalten und zudem wurde auf Diagramme oder sonstige grafische Darstellungen verzichtet, um Fehlinterpretationen und Missverständnisse zu vermeiden.<sup>90</sup>

Das erste Mal wurde der Test mit 478 Schülerinnen und Schüler beziehungsweise Studentinnen und Studenten aus Westaustralien durchgeführt. Diese besuchten neun verschiedene Einrichtungen und zur Zeit der Befragung eine der vier aufeinanderfolgenden, im australischen als „year (grade) level“ 10-13 bezeichneten, Schulstufen. Die Schülerinnen und Schüler der 10. Stufe waren in Wissenschafts-Klassen (science classes) und hatten noch keine spezifische Auseinandersetzung mit den Konzepten der Wärmelehre. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 11. Stufe besuchten alle Physik-Klassen und hatten zuvor ein sechswöchiges Erarbeitungsprogramm, welches Themen wie (spezifische und latente) Wärme, Temperatur und Wärmetransportvorgänge behandelte, durchgearbeitet. Die Schülerinnen und Schüler aus der 12. Stufe besuchten Physik-Klassen und viele von ihnen hatten auch Chemieunterricht, welcher auch thermodynamische Inhalte behandelte. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 13. Stufe hatten bereits zwei Jahre Physik-Klassen oder äquivalente Kurse besucht und studierten nun im ersten oder zweiten Semester Mathematische Physik. Die Testung wurde später als Post-Test noch in weiteren Klassen aus der 13. Stufe durchgeführt, nachdem diese Einleitungskurse in Thermodynamik abgelegt hatten. Ein Vergleich der verschiedenen Stufen zeigte: Je

---

<sup>89</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 497.

<sup>90</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 497f.

länger die Auseinandersetzung mit Thermodynamik andauerte, umso mehr Schülervorstellungen wurden durch korrekte Erklärungen ersetzt.<sup>91</sup>

Die Test-Reliabilität wurde mithilfe der Split-Half-Methode (Testhalbierung) bestimmt, in weiterer Folge mit der Spearman-Brown-Formel korrigiert und ergab einen Wert von 0,81, was einer guten Reliabilität entspricht. Die Validität des Erhebungsinstruments wurde auf verschiedene Arten abgesichert. Zum einen gaben erfahrene Vortragende aus dem Bereich der Angewandten Physik Feedback zur Korrektheit der physikalischen Situationen und der Sachgemäßheit der richtigen Antwort. Zum anderen wurden Interviews mit Schülerinnen und Schülern bezüglich deren Interpretation der Fragen sowie Antwortverhalten durchgeführt. Die Schwierigkeitsindex, also wie viele Personen der Stichprobe das Item gelöst haben, und der Diskriminationsindex, welcher feststellt, inwiefern die Frage zwischen leistungsstarken und leistungsschwachen Personen unterscheidet, wurden für jede Frage bestimmt.

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz der TCE-Testung, bei der diese auch wieder Veränderungen unterlag, ist eine 2012 durchgeführte Erhebung mit 515 koreanischen High School Schülerinnen und Schülern.<sup>92</sup>

### **Thermodynamic Concept Survey**

Der *Thermodynamic Concept Survey* Fragebogen (kurz TCS-Test) wurde von Pornrat Wattanakasiwich und Preeda Taleab von der Chiang Mai University und Manjula Devi Sharma und Ian D. Johnston von der University of Sydney entwickelt und deckt die Themen Wärme und Temperatur, das ideale Gasgesetz, den ersten Hauptsatz der Thermodynamik und thermodynamische Prozesse ab. Das Erhebungsinstrument durchlief eine lange Entwicklung, beginnend mit der Erstellung von 40 Multiple-Choice-Fragen, aufbauend auf Interviews und vorhergehenden Studien. Diese wurden anschließend zweimal von jeweils drei thailändischen Physik-Experten ins Thailändische übersetzt und auf Inhaltsvalidität überprüft. Nach der Überprüfung durch Physik-Absolventen auf Lesbarkeit und Angemessenheit wurden fünf Fragen verworfen und im Weiteren von thailändischen Physik-Studentinnen und -Studenten im ersten und zweiten Studienjahr, welche bereits an Thermodynamik-Kursen teilgenommen hatten, ausgefüllt. Im darauffolgenden Jahr wurde der Fragebogen, überprüft durch eine Gruppe australischer Physik-Experten, wieder ins Englische übersetzt und in zwei Teile separiert. Während

---

<sup>91</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 499.

<sup>92</sup> Hye-Eun Chu, David F. Treagust, Shelley Yeo, Marjan Zadnik, Evaluation of Students' Understanding of Thermal Concepts in Everyday Contexts. In: International Journal of Science Education 34, Issue 10 (2012) 1513.



Studentinnen und Studenten aus dem zweiten Studienjahr beide Teile der Testung absolvierten, wurde den erstsemestrigen Studierenden lediglich der erste Teil vorgelegt.<sup>93</sup>

Der finale Fragebogen kann in drei Abschnitte gegliedert werden. Die Fragen im ersten Abschnitt behandeln Temperatur und Wärmetransport und wurden von einem Großteil der Studentinnen und Studenten korrekt beantwortet. Im nächsten Abschnitt wird das ideale Gasgesetz in Form von isobaren und adiabatischen Zustandsänderungen bearbeitet. Hierbei traten mehr Probleme unter den Studierenden auf und es wurden deren Verständnisschwierigkeiten hinsichtlich der Größen Druck und Temperatur sowie deren Wechselwirkung offengelegt. Die letzten Fragen setzen sich mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik auseinander. Studentinnen und Studenten zeigten markante Verständnislücken bezüglich des Arbeitsbegriffs sowie Schwierigkeiten dabei, den Wärmetransport zwischen einem System und dessen Umwelt zu erklären.<sup>94</sup>

Die Validität des Fragebogens wurde sowohl mithilfe einer Inhaltsvaliditäts- als auch einer Konstruktvaliditätsprüfung festgestellt. Die Inhaltsvalidität wurde zum einen von den thailändischen Experten mittels des sogenannten Item Objective Congruence (IOC) Indexes, welcher bei einer aufsteigenden Bewertungsskala von 1 bis 5 für alle Fragen Ergebnisse besser als Grad 4 lieferte, zum anderen von den australischen Experten durch Einsatz der sogenannten Delphi-Methode evaluiert. Die Konstruktvalidität wurde mithilfe eines Kontrastgruppenvergleichs zwischen einer Expertengruppe aus Studierenden im zweiten Jahr und einer Anfängergruppe aus erstsemestrigen Studierenden überprüft. Für die Itemanalyse wurde die Schwierigkeitsindex, welche für die meisten Fragen im Bereich zwischen 0,3 und 0,8 lag, der Diskriminationsindex, welcher im Mittel bei 0,3 lag, und die Trennschärfe, welche mittels punktbiserialer Korrelation bestimmt wurde und im Mittel bei 0,27 lag, berechnet.<sup>95</sup>

In einem 2017 erschienenen Artikel präsentierten Pablo Barniol und Genaro Zavala von der Tecnológico de Monterrey einen Modifikationsansatz für den TCS-Test, da dieser ihrer Meinung nach aus zwei Gründen Schülervorstellungen nur schwer feststellbar mache. Einerseits hätten die Fragen oft zu wenige Antwortmöglichkeiten beziehungsweise seien diese häufig nur in folgender Form: erhöhen, verringern und gleichbleiben. Andererseits hätten viele Fragen Designprobleme wie zum Beispiel eine mangelnde Situationsbeschreibung. Im Zuge dieser

---

<sup>93</sup> Pornrat Wattanakasiwich, Preeda Taleab, Manjula Devi Sharma, and Ian D. Johnston, Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics. In: International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education 21, Issue 1 (2013) 29-32.

<sup>94</sup> Wattanakasiwich, Taleab, Sharma, Johnston, Conceptual Survey in Thermodynamics, 39-42.

<sup>95</sup> Wattanakasiwich, Taleab, Sharma, Johnston, Conceptual Survey in Thermodynamics, 34-37.

Untersuchung haben die beiden Autoren bereits vier der Fragen modifiziert und planen dies noch für weitere elf Items.<sup>96</sup>

### Untersuchungen von Meltzer

David E. Meltzer et al. von der Iowa State University führten von 1999 bis 2002 eine Untersuchung an Studentinnen und Studenten bezüglich ihrer Vorstellungen zu Wärme, Arbeit und dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik durch. Die Datensammlung fand auf drei Arten statt.<sup>97</sup>

Zuerst wurde ein schriftlicher Test mit offenem Antwortformat, bezeichnet als „Diagnostische Fragen“, durchgeführt. Die insgesamt 653 Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren Studierende dreier verschiedener Jahrgänge, welche sich in Einführungskurse für Physik an der Iowa State University eingeschrieben hatten. Der Test unterlag innerhalb des Erhebungszeitraumes kleineren Veränderungen, die Ausgangssituation blieb jedoch die gleiche. So wurden den Studierenden drei Fragen bezogen auf ein p-v-Diagramm, innerhalb dessen ein Ideales Gas zwei verschiedene Zustandsänderungen durchläuft, gestellt.<sup>98</sup>

Den zweiten Abschnitt der Erhebung stellte eine einzige Multiple-Choice-Frage dar, welche 407 Studierenden während ihrer Abschlussprüfung für die oben genannten Einführungskurse gestellt wurde.<sup>99</sup> Die Frage lehnte sich in ausformulierter Weise eng an die Situation aus dem ersten Erhebungsabschnitt an.<sup>100</sup>

Als Abschluss der Erhebung wurden einstündige Einzelinterviews mit 32 Studierenden aus dem erneut stattfindenden Einführungskurs aufgezeichnet. Zusätzlich zu den drei „Diagnostischen Fragen“ wurden acht weitere Fragen, bezogen auf zwei Kreisprozesse eines Idealen Gases innerhalb eines Zylinders, hinzugefügt.<sup>101</sup>

Aus der Analyse der gesammelten Daten schlossen Meltzer et al., dass eine der zentralen Schwierigkeiten und Ursprung physikalisch unpassender Vorstellung die Tatsache ist, dass sowohl Wärmetransport als auch Arbeit und innere Energie Formen der gleichen fundamentalen Größe, nämlich der Energie sind und dass alle die gleiche Einheit besitzen. Viele Studierende verstanden nicht, wieso eine Unterscheidung zwischen diesen drei Größen vorgenommen

---

<sup>96</sup> Wattanakasiwich, Taleab, Sharma, Johnston, Conceptual Survey in Thermodynamics, 48-51.

<sup>97</sup> David E. Meltzer, Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. In: American Journal of Physics 72, Issue 11 (2004) 1432f.

<sup>98</sup> Meltzer, Investigation, 1433f.

<sup>99</sup> Meltzer, Investigation, 1433.

<sup>100</sup> Meltzer, Investigation, 1442.

<sup>101</sup> Meltzer, Investigation, 1434.

werden muss oder waren der Meinung, dass diese Unterscheidung keine signifikante Bedeutung habe. Bezüglich der Reliabilität zeigte sich laut den Forschenden, dass der aus den gesammelten Daten festgestellte Wissensstand möglicherweise nicht ganz repräsentativ für den Wissensstand der Grundgesamtheit ist.<sup>102</sup>

### Untersuchungen von Kautz

In einer Langzeitstudie untersuchte die Physics Education Group der University of Washington die Fähigkeit von über 1000 Studierenden das ideale Gasgesetz zu interpretieren und anzuwenden. Die erste Erhebung konzentrierte sich dabei auf die Größen Druck, Volumen und Temperatur sowie auf deren Beziehung zueinander durch das ideale Gasgesetz aus einer makroskopischen Sichtweise (part I), während die zweite Erhebung von einer mikroskopischen Sichtweise ausging (part II).<sup>103</sup>

Als Vorbereitung auf die erste Erhebung wurden mit 45 Studierenden von der Universität Washington Einzelinterviews durchgeführt. Diese Studierenden hatten bereits Physik-Kurse durchlaufen und zeigten alle überdurchschnittliche Leistungen. Die Aufgabe bestand darin, zu erklären, was mit Luft innerhalb einer versiegelten Fahrradluftpumpe passiert, wenn diese schnell zusammengedrückt wird. Die großen Schwierigkeiten vieler Studierenden damit, den Sachverhalt richtig darzustellen, motivierte die Forscherinnen und Forscher tiefer in die Thematik einzusteigen und zur Ausformulierung von drei Problemstellungen. Diese heißen *vertical-syringe problem*, *three-cylinder problem* und *insulated-cylinder problem*. Sie zielen alle auf eine makroskopische Erklärung der Veränderung von Druck, Temperatur und Volumen innerhalb eines als Ideales Gas angenommen Stoffes ab.<sup>104</sup>

Die Analyse der Daten zeigte, dass viele Studierende Probleme haben, die makroskopischen Größen Druck, Temperatur und Volumen innerhalb eines idealen Gases zu interpretieren. Die eingeschränkte Fähigkeit, das ideale Gasgesetz auf physikalische Situationen anzuwenden, fußt laut den Studienautorinnen und Studienautoren auf Schwierigkeiten mit mechanischen Prinzipien. Ausschlaggebend für viele der Problematiken mit den makroskopischen Größen sind tiefgreifende Missverständnisse bezüglich mikroskopischer Modelle und Prozesse.<sup>105</sup>

---

<sup>102</sup> Meltzer, Investigation, 1441f.

<sup>103</sup> Christian H. Kautz, Paula R. L. Heron, Michael E. Loverude, Lillian C. McDermott, Student understanding of the ideal gas law. Part I: A macroscopic perspective. In: American Journal of Physics 73, Issue 11 (2005) 1055.

<sup>104</sup> Kautz, Heron, Loverude, McDermott, A macroscopic perspective, 1055-1057.

<sup>105</sup> Kautz, Heron, Loverude, McDermott, A macroscopic perspective, 1062.

Als Vorbereitung auf die zweite Erhebung wurden in zwei Phasen Einzelinterviews mit einer ungenannten Anzahl an Studierenden durchgeführt. Ziel beider Interviews war, die Vorstellungen der Studierenden zu mikroskopischen Prozessen innerhalb eines Idealen Gases zu eruieren. Auch hier war die Vielzahl an Erklärungsnotständen unter den Studierenden der Anstoß zur Entwicklung von drei Fragestellungen, welche sich mit dem idealen Gasgesetz aus einer mikroskopischen Betrachtungsweise beschäftigen. Bezeichnet wurden diese als *isobaric expansion or compression problems*, welche sich aus zwei Aufgaben namens *kinetic-energy task* und *change-in-momentum and particle-flux task* zusammensetzt, als *rebounding- particle task* und als *two-tanks task*.<sup>106</sup>

Wie schon in der ersten Erhebung zeigte sich, dass viele falsche Vorstellungen über das Verhalten von Idealen Gasen seitens der Studierenden auf inkorrekte oder unvollständige mikroskopische Modelle zurückzuführen waren. Häufig wurden diese Modelle auch auf Situationen bezogen, in denen diese keine Rolle spielen.<sup>107</sup>

### Weitere Erhebungsinstrumente

In der Literatur finden sich noch weitere Fragebögen zur Wärmelehre, wie beispielsweise das von Ronald L. Miller und seinem Team entwickelte *Thermal and Transport Concept Inventory (TTCI)*<sup>108</sup>, das von Michael Prince, Margot Vigeant und Katharyn Nottis entwickelte *Heat and Energy Concept Inventory (HECI)*<sup>109</sup> oder das von Almahdi Ali Alwan entwickelte *Heat and Temperature Concepts Questionnaire (HTCQ)*<sup>110</sup>. Zwei Beispiele für Erhebungsinstrumente aus dem deutschsprachigen Raum sind die von Einhaus auf Aufgaben aus der Literatur aufbauende Testung zum Verständnis der Wärmelehre und der Thermodynamik, sowie die von Starauscheck zusammengestellten zwölf Aufgaben über Grundvorstellungen vieler Konzepte aus der Wärmelehre.<sup>111</sup>

<sup>106</sup> Christian H. Kautz, Paula R. L. Heron, Peter S. Shaffer, Lillian C. McDermott, Student understanding of the ideal gas law. Part II: A microscopic perspective. In: American Journal of Physics 73, Issue 11 (2005) 1064ff.

<sup>107</sup> Kautz, Heron, Shaffer, McDermott, A microscopic perspective, 1069ff.

<sup>108</sup> Ronald L. Miller, Ruth A. Streveler, Dazhi Yang, Aidsa I. Santiago Román, Identifying and repairing student misconceptions in thermal and transport science. Concept inventories and schema training studies. In: Chemical Engineering Education 45, Number 3 (2011) 202-210.

<sup>109</sup> Michael Prince, Margot Vigeant, Kathryn Nottis, Development of the Heat and Energy Concept Inventory. Preliminary Results on the Prevalence and Persistence of Engineering Students' Misconceptions. In: Journal of Engineering Education 101, Issue 3 (2013) 412-438.

<sup>110</sup> Almahdi Ali Alwan, Misconception of heat and temperature Among physics students. In: Procedia Social and Behavioral Sciences 12 (2011) 600-614.

<sup>111</sup> Horst Schecker, Reinders Duit, Schülervorstellungen zu Energie und Wärmekraftmaschinen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 178.

## 2.3 Einbettung im Lehrplan

In diesem Kapitel wird kurz die Einbettung der Thematik „Wärmelehre“ in den Lehrplan der AHS-Unterstufe und der NMS aufgeschlüsselt. Nachdem diese Lehrpläne ident sind, werden die folgenden Ausführungen in der Einzahl verhandelt.

Der Lehrplan Physik ist aus verschiedenen Modulen aufgebaut, deren Gewichtung, Abfolge und Kombination der Lehrkraft überlassen ist. Mithilfe von physikalischen Modellen und zentralen physikalischen Begriffen sollen die Schülerinnen und Schüler, ausgehend von konkreten Beobachtungen und Alltagserfahrungen, zu übergeordneten Begrifflichkeiten und allgemeinen Einsichten geführt werden.<sup>112</sup>

### 2. Klasse

In dem Modul *„Alle Körper bestehen aus Teilchen“*, welches den Schülerinnen und Schülern das Teilchenmodell und dessen Erklärungsansätze zu physikalischen Phänomenen näherbringen soll, werden erste Aspekte der Thematik „Wärmelehre“ behandelt und zwar wie folgt:

- *„Grundlegende Zusammenhänge zwischen dem Teilchenaufbau und grundlegenden Wärmephänomenen verstehen; Temperatur, Wärme, Wärmemenge und Wärmedehnung“*<sup>113</sup>

### 3. Klasse

In der 3. Klasse folgt die in der Unterstufe intensivste Auseinandersetzung mit der Wärmelehre. Dieser ist das gesamte Modul *„Unser Leben im „Wärmebad““* gewidmet. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler ein tiefgreifenderes Verständnis bezüglich thermodynamischer Vorgänge gewinnen. Folgende Aspekte werden im Lehrplan für dieses Modul aufgelistet:

- *„Die Alltagsbegriffe „Wärme“ und „Kälte“ als Bewegungsenergie der Aufbauteilchen der Körper sowie den Unterschied zwischen „Wärme“ und „Temperatur“ verstehen*
- *modellartig verschiedene Formen des Wärmetransportes und wichtige Folgerungen erklären können; Wärmeleitung, Wärmeströmung, Wärmestrahlung*
- *die Bedeutung der Wärmeenergie für Lebewesen in ihrer Umwelt erkennen*

<sup>112</sup> Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS), Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 14.01.2020, online unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, (14.01.2020).

<sup>113</sup> RIS, Lehrpläne AHS, online unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, (14.01.2020).

- *die Bedeutung der Wärmeenergie im wirtschaftlichen und ökologischen Zusammenhang sehen*
- *Zustandsänderungen und dabei auftretende Energieumsetzungen mit Hilfe des Teilchenmodells erklären können*
- *Einsichten in globale und lokale Wettervorgänge und Klimaerscheinungen gewinnen (Jahreszeit, Wasserkreislauf auf der Erde, Meeresströmungen, Windsysteme)“<sup>114</sup>*

#### **4. Kasse**

Die Thematik „Wärmelehre“ wird in der 4. Klasse per se nicht behandelt, kann jedoch auf Betreiben der Lehrkraft, speziell hinsichtlich des Energieaspekts, in Module wie „*Elektrizität bestimmt unser Leben*“ oder „*Das radioaktive Verhalten von Materie*“ eingebaut werden.<sup>115</sup>

---

<sup>114</sup> RIS, Lehrpläne AHS, online unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, (14.01.2020).

<sup>115</sup> RIS, Lehrpläne AHS, online unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, (14.01.2020).

### 3 Forschungsfragen und Forschungsdesign

Im folgenden Abschnitt werden die Forschungsfragen vorgestellt und im Weiteren wird genauer darauf eingegangen, wie diese beantwortet werden. Dazu werden die Erhebungsmethode, ihre Besonderheiten sowie Vor- und Nachteile und anschließend der Fragebogen selbst, die darin enthaltenen Fragen, sowie die zentralen Konzepte und Schülervorstellungen dargestellt. Abschließend werden die aufgestellten Hypothesen, die Auswertungsmethoden und -instrumente sowie die genaue Vorgehensweise, welche zur Beantwortung der Forschungsfragen führen soll, beschrieben.

1. Welche bereits aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen lassen sich innerhalb der an der Erhebung teilnehmenden Schülerinnen und Schüler sowie genauer in den jeweiligen Schulstufen und Schulen finden?

Um festzustellen, welche Schülervorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern auftreten, wird deren Antwortverhalten auf die neun Multiple-Choice-Fragen analysiert.

2. Findet sich eine Korrelation zwischen den Fragen zur persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Gesamtergebnis?

Mittels Korrelationstestung wird überprüft, ob die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Physikunterricht sowie dessen Inhalten Einfluss auf deren Gesamtergebnis hat.

3. Lassen sich geschlechts-, alters-, schultyp- oder bundeslandspezifische Unterschiede bezüglich des Gesamtergebnisses und der persönlichen Einstellung feststellen?

Mithilfe von Hypothesentestungen wird untersucht, ob bezüglich einem der genannten Faktoren ein signifikanter Unterschied feststellbar ist und anschließend versucht, mögliche Erklärungsansätze zu finden.

4. Inwieweit lassen sich Zusammenhänge zwischen der Ausbildung beziehungsweise den Unterrichtsansätzen der Lehrkräfte und den Ergebnissen aus der Fragebogentestung feststellen?

Durch Gegenüberstellung der Antworten der Lehrkräfte auf ihren Fragebogen und den Ergebnissen der von ihnen unterrichteten Klassen werden Rückschlüsse gezogen, welche Faktoren möglicherweise Einfluss auf die Leistung und die persönliche Einstellung der Schülerinnen und Schüler haben.

5. Sind die aus der Literatur entnommenen Fragestellungen für die Untersuchung der betreffenden Altersgruppen geeignet?

Aus den Ergebnissen der Berechnung des Schwierigkeitsindex sowie des Diskriminationsindex für die neun Multiple-Choice-Fragen kann, durch Rückbezug auf die in der Literatur festgelegten Normen, festgestellt werden, ob die Fragen geeignet sind für die betreffende Altersgruppe oder teilweise verändert beziehungsweise entfernt werden müssen.

## 3.1 Erhebungsinstrument

In diesem Kapitel wird das für die vorliegende Arbeit eingesetzte Erhebungsinstrument vorgestellt. Dazu wird vorerst auf die Besonderheiten sowie Vor- und Nachteile des Fragebogens als schriftliche Befragungsmethode eingegangen. Anschließend werden der Fragebogen selbst und die darin enthaltenen Items genauer vorgestellt. Zuletzt folgt ein kurzer Abriss über die zur Auswertung der Daten und Beantwortung der Fragestellungen genutzten Instrumente und Methoden.

### 3.1.1 Allgemeines

Die Befragungsmethode ist die dominierende Form der Datenerhebung in der empirischen Sozialforschung. Ziel ist die Erfassung von verbalen oder numerischen Aussagen der Befragungsteilnehmerinnen und –teilnehmer bezüglich ausgewählter Aspekte ihres Erlebens, ihrer Vorstellungen oder Ähnliches in schriftlicher Form. In der vorliegenden Arbeit wurden die Daten mithilfe einer quantitativen Befragungsmethode in Form eines schriftlich auszufüllenden standardisierten Fragebogens erhoben. Die Vorteile einer Untersuchung mittels Fragebogen sind, dass innerhalb kurzer Zeit mit wenig personellem und finanziellem Aufwand eine große Anzahl an Personen zu einer Vielzahl an Merkmalen befragt werden kann. Des Weiteren wird die Methode von vielen Teilnehmerinnen und Teilnehmern als besonders anonym und diskret wahrgenommen, wodurch heikle Themen wie beispielsweise Schülervorstellungen besser erhoben werden können. Die Methodik ist jedoch auch mit Nachteilen verbunden. So sind Lese- und Schreibkompetenzen seitens der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gefordert und zudem sind diese beim Ausfüllen des Fragebogens auf sich alleine gestellt. Darüber hinaus sind keine umfangreichen und komplexen Antworten erwartbar und hängt deren Qualität zudem stark von der Qualität des Fragebogens ab.<sup>116</sup>

---

<sup>116</sup> Nicola Döring, Jürgen Bortz, Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (Berlin 52016) 398f.



Nach der Festlegung des Themas sowie der konkreten Ausformulierung der themenspezifischen Forschungsfragen ist die Konstruktion der Fragebogenitems vorzunehmen. Vor Beginn dieser Konstruktion wird überprüft, ob es zur behandelten Thematik bereits existierende Untersuchungsinstrumente gibt. Passende Fragen beziehungsweise Items sollten jedoch nicht unreflektiert übernommen werden, da sich Probleme bezüglich Objektivität, Reliabilität und Validität ergeben und diese sich als unbrauchbar herausstellen könnten.<sup>117</sup> Ein weiterer Schritt vor der Konstruktion ist der Tatsache geschuldet, dass es sich bei theoretischen Begriffen um Konstrukte handelt, welche nicht direkt beobachtbar oder erfahrbare sind. Der Vorgang, diese in eine Form zu bringen, in der sie empirisch fassbar und überprüfbar sind, wird als Operationalisierung bezeichnet. Einem theoretischen Begriff werden hierbei schrittweise erfassbare, zu beobachtende oder zu erfragende Indikatoren zugeordnet. Während dies bei manchen Begriffen relativ einfach ist, müssen komplexere Zusammenhänge häufig aufwendig erarbeitet werden. Zudem gibt es bezüglich der Operationalisierung kein Schema, welches für alle Forschungsvorhaben gültig ist.<sup>118</sup>

Bei der Verbalisierung von Fragen und Antwortkategorien für einen Fragebogen sind einige Regeln zu beachten. Zentral hierbei ist, dass die Fragen nicht zu lange und komplex sowie die darin enthaltenen Begriffe einfach und eindeutig sein sollten. Des Weiteren sollten hypothetische oder suggestive Fragen, doppelte Stimuli, Verneinungen und Unterstellungen vermieden werden.<sup>119</sup> Eine weitere wichtige Entscheidung bei der Fragenkonstruktion ist die Wahl des Antwortformates. Werden die Antworten von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern selbst formuliert, handelt es sich um ein sogenanntes freies Antwortformat, worunter beispielsweise Kurzaufsatzaufgaben oder Ergänzungsaufgaben fallen. Einsatz findet dieses Format häufig im schulisch-pädagogischen Bereich, bei der Erfassung von Kreativität oder „projektiven Verfahren“. Bei einem gebundenen Antwortformat werden der Probandin oder dem Probanden mehrere vorgefertigte Antwortalternativen angeboten. Zwei wichtige Vertreter dieses Typus sind:

1. Auswahlaufgaben, bei denen unterschiedliche Antwortalternativen, mit einem oder mehreren Distraktoren (inhaltlich falschen Antworten) vorgegeben werden und die richtige Antwort identifiziert werden muss.

---

<sup>117</sup> Elisabeth Raab-Seiner, Michael Benesch, Der Fragebogen. Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung (Wien 2018) 49-52.

<sup>118</sup> Jürgen Raiithel, Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs (Wiesbaden 2008) 35-39.

<sup>119</sup> Rolf Porst, Fragebogen. Ein Arbeitsbuch (Wiesbaden 2008) 99f.

2. Beurteilungsaufgaben, bei denen mittels einer Skala, zum Beispiel einer numerischen oder verbalen Ratingskala, der Grad der Zustimmung oder Ablehnung zu einer vorgelegten Aussage bestimmt wird.

Vorteile dieses Antwortformats sind die leichte und schnelle Auswertbarkeit, es ist keine nachträgliche Kodierung notwendig und die Auswertungsobjektivität ist meist höher als bei einem freien Antwortformat. Als dritte Möglichkeit lässt sich auch eine Kombination der beiden ersten Antwortformate realisieren und so deren jeweilige Vorteile nutzbar machen.<sup>120</sup>

Ist die Fragenkonstruktion abgeschlossen, kann mit dem Aufbau des Fragebogens begonnen werden. Dieser sollte dabei einer gewissen Dramaturgie folgen. In einer Einleitung werden eine kurze Darstellung der verantwortlichen Person, die Gründe für die Erhebung, eine Zusicherung der Anonymität und weitere für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wichtige Informationen angeführt.<sup>121</sup> Nach den sozio-demographischen Fragen werden für den tatsächlichen Einstieg in den Fragebogen einfache, vom Wissen der Befragten unabhängige, Fakten- oder Einstellungsfragen gestellt. Werden mit dem Erhebungsinstrument verschiedene Themen behandelt, sind die Fragen aus dem Hauptteil in Blöcke zu gliedern. Die zentralen Aspekte werden im Mittelteil platziert und gegen Ende des Fragebogens sollte der Schwierigkeitsgrad sinken. Abschließend wird auf der letzten Seite des Fragebogens den Teilnehmerinnen und Teilnehmern noch gedankt.<sup>122</sup>

### 3.1.2 Der Fragebogen

Der für diese Arbeit als Erhebungsinstrument eingesetzte Fragebogen setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Der erste Teil besteht aus fünf Beurteilungsfragen, bei denen die Schülerinnen und Schüler mithilfe einer verbalen Ratingskala, welche in sechs Stufen von „Trifft voll zu“ bis „Trifft gar nicht zu“ reicht, ihre persönliche Einstellung zum Physikunterricht und zu dessen Inhalten angeben können. Die fünf Fragen lauten:

1. Ich lerne für den Physikunterricht, um eine gute Note zu bekommen.
2. Ich lerne für den Physikunterricht, weil mich die Inhalte interessieren.
3. Im Unterricht fällt es mir schwer, den Inhalten zu folgen.
4. Ich freue mich auf die Physikstunde.

---

<sup>120</sup> Ewa Jonkisz, Helfried Moosbrugger, Holger Brandt, Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In: Helfried Moosbrugger Augustin Kelava (Hrsg.), Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (Berlin/Heidelberg 2012) 39-55.

<sup>121</sup> Raab-Seiner, Benesch, Der Fragebogen, 54.

<sup>122</sup> Jennifer Klöckner, Jürgen Friedrichs, Gesamtgestaltung des Fragebogens. In: Nina Baur, Jörg Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (Wiesbaden 2014) 676f.

## 5. Ich finde Physik ist ein wichtiges Unterrichtsfach.

Diese Fragen werden im Weiteren als „*Persönliche Einstellung*“ zusammengefasst.

Im zweiten Teil werden neun Auswahlaufgaben in Form von Multiple-Choice-Fragen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten gestellt. Jede der Fragen hat eine richtige Antwort, während die drei Distraktoren verschiedenste Schülervorstellungen ansprechen. Zentrale Vorstellungen, die mit diesen Fragen angesprochen werden, betreffen die thermischen Eigenschaften von Stoffen, den Wärmebegriff sowie Wärmetransportvorgänge. Als Grundlage für acht der neun Fragen wurden Items aus dem von Yeo und Zadnik entwickelten Thermal Concept Evaluation (TCE) Fragebogen entnommen und leichten Veränderungen unterzogen. Die Fragen aus dem zweiten Teil des Fragebogens werden im Folgenden genauer aufgeschlüsselt:

### Frage 1

Item 1 wurde in leicht abgeänderter Form aus dem Erhebungsinstrument von Yeo und Zadnik entnommen.<sup>123</sup> Mit der Fragestellung werden das thermische Gleichgewicht sowie Schülervorstellungen zu thermischen Eigenschaften von Stoffen behandelt. Die richtige Antwort stellt b) dar, da sowohl die Flasche als auch die Limonade aufgrund des thermischen Gleichgewichts die gleiche Temperatur wie die Limonade aus der Dose beziehungsweise innerhalb des Kühlschranks haben. Die drei Distraktoren deuten auf Schwierigkeiten bei der Anwendung des Konzepts hin. So wird bei den Antworten a) und c) das Konzept des thermischen Gleichgewichts bei der Limonade und der Flasche korrekt angewandt, jedoch der Kühlschrank ignoriert, während das Konzept bei Antwort d) komplett vernachlässigt wird. Antwort c) kann des Weiteren noch auf die Vorstellung hindeuten, dass das Metall der Dose die Kälte besser absorbieren kann als das Plastik der Flasche.<sup>124</sup>

---

#### Frage 1:

Daniel gibt eine Limonadendose und eine Plastikflasche mit Limonade in den Kühlschrank. Am nächsten Tag holt er beide heraus und misst die Temperatur in der Limonadendose. Die Temperatur beträgt 6°C. Welche Temperatur haben die Plastikflasche und die darin enthaltene Limonade höchstwahrscheinlich?

- a) Beide unter 6°C.
  - b) Beide 6°C.
  - c) Beide über 6°C.
  - d) Die Plastikflasche und die Limonade haben eine unterschiedliche Temperatur.
- 

---

<sup>123</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 502.

<sup>124</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

## Frage 2

Das zweite Item schließt an die Situation aus dem vorherigen Item an und seine Grundstruktur wurde ebenfalls aus dem Fragebogen von Yeo und Zadnik übernommen.<sup>125</sup> Zentral hierbei sind Vorstellungen bezüglich Wärmetransportvorgängen und die Schwierigkeiten bezüglich der Begrifflichkeiten „Wärme“ und „Kälte“. Antwort c), nach der die Wärme von der Tischplatte, dem Körper höherer Temperatur, auf die Dose, dem Körper niedrigerer Temperatur, übertragen wurde, folgt dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und stellt die korrekte Erklärung der Situation dar. Die Distraktoren a) und d) stützen ihre Erklärungen auf die Vorstellung eines dem tatsächlichen Vorgang entgegengesetzten Ablaufes, wobei bei a) zusätzlich noch der aus physikalischer Sicht falsche Begriff „Kälte“ vorkommt. In Distraktor b) wird die Schülervorstellung, nachdem das Fehlen fühlbarer Wärme das Fehlen jeglicher Energie bedeutet, aufgegriffen.<sup>126</sup>

---

### Frage 2:

Ein paar Minuten später nimmt Timo die Limonadendose vom Tisch und bemerkt, dass sich die Stelle wo die Dose gestanden ist, kälter anfühlt als der Rest des Tisches. Warum?

- a) Kälte wurde von der Dose auf den Tisch übertragen.
  - b) An der Tischstelle unter der Dose ist keine Energie mehr.
  - c) Wärme wurde vom Tisch auf die Dose übertragen.
  - d) Die Dose hat die Wärme unter sich verdrängt.
- 

## Frage 3

Bei Item 3 handelt es sich um das Item 13 des Fragebogens von Yeo und Zadnik, welches für die vorliegende Arbeit leicht abgeändert wurde.<sup>127</sup> In dieser Fragestellung werden, wie im vorherigen Item, die Konzepte Wärmetransportvorgänge und Temperaturänderungen sowie die Begriffe „Wärme“ und „Kälte“ behandelt. Distraktor c) vertritt hierbei die Vorstellung vieler Schülerinnen und Schüler, dass heiße Dinge von Natur aus abkühlen. Distraktor a) behandelt die falsche Annahme, dass die Größe Temperatur übertragbar sei. In Distraktor b) wird der Ablauf der Wärmeübertragung gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik verkehrt beschrieben und zudem die Schülervorstellung zur Existenz von „Kälte“ vertreten. Der

---

<sup>125</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 502.

<sup>126</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

<sup>127</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 503.

Vorgang in Antwort d), bei dem die Temperatur des Eies aufgrund der Übertragung von Energie in Form von Wärme sinkt, während die des Wassers steigt, beschreibt die Situation richtig.<sup>128</sup>

---

**Frage 3:**

Lisa kocht sich ein Ei. Um es abzukühlen, gibt sie es in eine Schüssel mit kaltem Wasser. Welche der folgenden Antworten erklärt den Abkühlungsprozess?

- a) Die Temperatur vom Ei wird auf das Wasser übertragen.
  - b) Kälte wandert vom Wasser in das Ei.
  - c) Heiße Dinge kühlen von Natur aus ab.
  - d) Das Ei gibt Energie an das Wasser ab.
- 

**Frage 4**

Item 4 stammt, in leicht abgeänderter Form aus dem Fragebogen von Yeo und Zadnik<sup>129</sup> und behandelt die thermischen Eigenschaften von Materialien sowie den Temperaturbegriff. Antwort b) stellt aufgrund des Konzeptes des thermischen Gleichgewichts die richtige Antwort dar. Distraktor a) unterstützt die Schülervorstellung, dass Temperatur eine Eigenschaft eines bestimmten Materials oder Objektes ist. Antwort c) ist der Vorstellung geschuldet, dass die Temperatur eines Körpers von makroskopischen Eigenschaften wie der Größe oder der Masse abhängt. Die Erklärung in Distraktor d) bezieht sich auf die Schülervorstellung, dass Metalle „Wärme“ und „Kälte“ anziehen, halten, verstärken und absorbieren könnten.<sup>130</sup>

---

**Frage 4:**

Jan meint, dass er nicht gerne auf den Metallstühlen sitzt, weil sie kälter als die Stühle aus Plastik sind. Welche der folgenden Antworten erklärt die Situation?

- a) Metallsessel sind kälter, weil Metall immer kälter als Plastik ist.
  - b) Metallsessel sind nicht kälter, sie haben dieselbe Temperatur wie die Plastiksessel.
  - c) Metallsessel sind nicht kälter, sie fühlen sich nur so an, weil sie schwerer sind.
  - d) Metallsessel sind kälter, weil sie weniger Wärme beinhalten als Plastik.
- 

---

<sup>128</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

<sup>129</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 503.

<sup>130</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

## Frage 5

Dieses Item wurde, mit kleinen Veränderungen, dem Fragebogen von Yeo und Zadnik entnommen.<sup>131</sup> Zentrale Konzepte sind hierbei die thermischen Eigenschaften von Materialien sowie Wärmetransportvorgänge. Antwort a), welche das „sich kälter anfühlen“ des Metalls auf dessen gute Wärmeleitung zurückführt, stellt die korrekte Erklärung für die Situation dar. Bei d) wird die Situation zwar ebenfalls auf die Leitfähigkeit des Metalls zurückgeführt, jedoch in einer verkehrt ablaufenden Form erklärt. In den beiden Distraktoren b) und c) werden Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler über die thermischen Eigenschaften von Holz aktiviert. So einerseits, dass dieses von Natur aus wärmer als Metall ist und andererseits, dass dieses mehr Wärme enthält als das Metall.<sup>132</sup>

---

### Frage 5:

Tanja nimmt ein Lineal aus Holz und eines aus Metall in die Hand. Sie sagt, dass sich das Lineal aus Metall kälter anfühlt. Welcher der folgenden Erklärungen stimmst du zu?

- a) Metall leitet die Energie schneller aus ihrer Hand als Holz.
  - b) Holz ist von Natur aus wärmer als Metall.
  - c) Das Holzlineal enthält mehr Wärme als das Metalllineal.
  - d) Kälte wird vom Metall schneller auf die Hand abgegeben.
- 

## Frage 6

Item 6 beruht in seiner Grundstruktur auf dem Fragebogenitem 23 von Yeo und Zadnik.<sup>133</sup> Die dabei vorgenommenen Veränderungen wurden aus der Arbeit von Patrick Schiefer entnommen.<sup>134</sup> Distraktor d) vertritt die Vorstellung, dass Wärme etwas Speicherbares ist, während bei Distraktor b) die weit verbreitete Annahme, dass Materialien wie Wolle die Eigenschaft besitzen, warm zu sein beziehungsweise Dinge von sich aus zu erwärmen, vertreten wird. Antwort a) enthält den fachlich inkorrekten Begriff „Kälte“. Die korrekte Auswahlmöglichkeit ist c), welche die isolierende Funktion eines Pullovers aus Wolle richtig beschreibt.<sup>135</sup>

---

<sup>131</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 503.

<sup>132</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

<sup>133</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 504.

<sup>134</sup> Patrick Schiefer, Eine empirische Studie zur Untersuchung und Aufdeckung von Schülervorstellungen in der Wärmelehre (Dipl. Universität Wien 2018) 50.

<sup>135</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

---

**Frage 6:**

Warum tragen wir bei kaltem Wetter einen Pullover aus Wolle?

- a) Um die Kälte draußen zu halten.
  - b) Weil Wolle warm ist.
  - c) Um Wärmeverlust zu vermeiden.
  - d) Um Wärme zu speichern.
- 

**Frage 7**

Die in Item 7 beschriebene Situation wurde in abgeänderter Form aus dem Fragebogen von Yeo und Zadnik übernommen.<sup>136</sup> Zentrale Konzepte in dieser Frage sind das thermische Gleichgewicht und die thermischen Eigenschaften von Materialien. Antwort d), bei der sowohl der Holzstiel als auch das Eis die gleiche, im Gefrierfach vorherrschende Temperatur, angenommen haben, ist die korrekte Antwort. In den drei Distraktoren a), b) und c) wird das Konzept des thermischen Gleichgewichts ignoriert. Zudem finden sich in allen drei Distraktoren zu den thermischen Eigenschaften von Holz, welches weniger kalt werden würde und mehr Wärme aufnehmen könne, und Eis, welches nach einer ebenfalls problematischen Wärme-Kälte-Vorstellung mehr Kälte beinhaltet.<sup>137</sup>

---

**Frage 7:**

Alexandra nimmt ein Eis am Stiel aus dem Gefrierfach und meint, dass der Holzstiel eine höhere Temperatur als das Eis hat. Kreuze die richtige Antwort an.

- a) Der Holzstiel wird nicht so kalt wie das Eis.
  - b) Das Eis enthält mehr Kälte als der Holzstiel.
  - c) Der Holzstiel enthält mehr Wärme als das Eis.
  - d) Holzstiel und Eis haben die gleiche Temperatur.
- 

**Frage 8**

Item 8 wurde in leicht abgeänderter Form aus dem Erhebungsinstrument von Yeo und Zadnik entnommen.<sup>138</sup> Antwort d) ist die korrekte Antwort, da keine der gegebenen Möglichkeiten die Situation richtig beschreibt. Die Distraktoren a), b) und c) beinhalten erneut Vorstellungen über die thermodynamischen Eigenschaften von Materialien. So wird in a) impliziert, dass Wolle

---

<sup>136</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 504.

<sup>137</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

<sup>138</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 504.

eine „warmmachende“ Eigenschaft besitzt und diese lediglich zu dünn ist. In Auswahlmöglichkeit b) und c) wird die Schülervorstellung vertreten, dass das Material, aus dem die Puppen bestehen, schwer zu erwärmen sei beziehungsweise Wärme nicht gut halten könne.<sup>139</sup>

---

**Frage 8:**

Katharina sagt, dass sie ihre Puppen immer zudeckt, diese sich aber nie aufwärmen. Warum?

- a) Weil die Decke zu dünn ist.
  - b) Weil die Puppen die Wärme nicht gut halten können.
  - c) Weil die Puppen lange brauchen, um warm zu werden.
  - d) Alle Antworten sind falsch.
- 

**Frage 9**

Item 9 behandelt das Thema Wärmetransportvorgänge, genauer gesagt den Ablauf der Wärmeleitung innerhalb eines Metalls. Als Auswahlmöglichkeiten werden verschiedene Ablaufvarianten vorgeschlagen. Antwort d), welche einen von der Quelle ausgehenden Temperaturanstiegsverlauf beschreibt, ist die korrekte Antwort. In Distraktor a) wird die Vorstellung einer instantanen Wärmeleitung geweckt, während bei Antwort c) der Ablauf der Wärmeleitung verkehrt dargestellt wird und in Distraktor b) der Vorgang an sich nicht erkannt wird.

---

**Frage 9:**

Sieh dir den Versuch auf dem linken Bild genau an. Dort siehst du eine Metallstange, an der mit Wachs Murmeln befestigt sind. Kreuze an was passiert, wenn die Kerze angezündet wird (rechtes Bild).

- a) Alle Murmeln fallen gleichzeitig herunter.
- b) Es passiert nichts.
- c) Die äußeren Murmeln fallen zuerst herunter.
- d) Die inneren Murmeln fallen zuerst herunter.

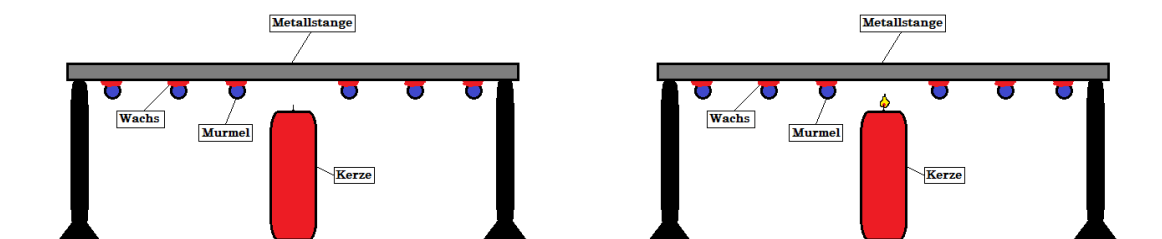


Abbildung 1: Versuchsanordnung zu Frage 9 Quelle: Eigene Darstellung

---

<sup>139</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.



## 3.2 Auswertungsmethoden zur Datenanalyse

Die statistische Auswertung der aus der Erhebung gewonnenen Daten erfolgte mit der Software IBM SPSS Statistics 25.

### Forschungsfrage 1

Um festzustellen, welche aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen sich innerhalb der Stichprobe finden lassen, werden die Antworten der Schülerinnen und Schüler auf die neun Multiple-Choice-Fragen mithilfe deskriptiver Statistiken in Form von absoluten und prozentuellen Häufigkeiten berechnet und in tabellarischer Form dargestellt. Selbiges wird auch mit den Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus den einzelnen Schulstufen und Schulen durchgeführt, jedoch werden lediglich jene Fragen in Form von Diagrammen aufbereitet, in denen sich das Antwortverhalten signifikant von der Gesamtstichprobe unterscheidet. Die daraus erhaltenen Ergebnisse werden anschließend vor dem Literaturhintergrund analysiert und so die am häufigsten auftretenden Schülervorstellungen herausgearbeitet.

### Forschungsfrage 2

Vor der Hypothesentestung werden die allgemeinen Tendenzen der Stichprobe bezüglich der fünf Fragen zur persönlichen Einstellung dargelegt. Dazu werden diese mithilfe deskriptiver Statistiken in Form von absoluten und prozentuellen Häufigkeiten berechnet und in tabellarischer Form dargestellt. Um herauszufinden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Antwortverhalten zu den Fragen der persönlichen Einstellungen und dem Gesamtergebnis aus den neun Multiple-Choice-Fragen gibt, wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H0: Es gibt keine Korrelation zwischen der persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Gesamtergebnis.
- H1: Es gibt eine Korrelation zwischen der persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Gesamtergebnis.

Die Hypothesentestung erfolgt in SPSS durch die Berechnung der Pearson-Korrelation  $r$ . Voraussetzungen dafür sind laut Field ein linearer Zusammenhang sowie die Normalverteilung der untersuchten Variablen. Wird gegen eine dieser Voraussetzungen verstoßen, erfolgt die Berechnung mit dem Rangkorrelationskoeffizienten  $r_s$  nach Spearman.<sup>140</sup>

---

<sup>140</sup> Andy Field, *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (Los Angeles/London/New Delhi/Singapore/Washington DC/Melbourne <sup>5</sup>2018) 344.

Im Interpretationsteil wird anschließend versucht, eine Erklärung für das Beibehalten der Nullhypothese  $H_0$  beziehungsweise das Annehmen der Alternativhypothese  $H_1$  zu finden.

### **Forschungsfrage 3**

Bezüglich Forschungsfrage 3 wurden folgende Unterschiedshypothesen aufgestellt:

- $H_0$ : Es gibt keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich des Gesamtergebnisses.  
 $H_1$ : Es gibt geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich des Gesamtergebnisses.
- $H_0$ : Es gibt keine geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der persönlichen Einstellungen.  
 $H_1$ : Es gibt geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der persönlichen Einstellungen.

Die Hypothesentestung für Forschungsfrage 3 erfolgt je nach Anzahl der zu vergleichenden Variablen mit einem t-Test für unabhängige Stichproben oder mit der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA). Vor der Testung anhand der ausgewählten Verfahren wurde überprüft, ob die Voraussetzungen für deren Verwendung gegeben sind. Die Voraussetzungen für t-Test und ANOVA sind: Varianzhomogenität der abhängigen Variablen über alle Gruppen, Normalverteilung der abhängigen Variablen innerhalb der Gruppen, Unabhängigkeit der einzelnen Gruppen voneinander und ein metrisches Skalenniveau der abhängigen Variablen.<sup>141,142</sup> Zur Überprüfung der Normalverteilung der Daten wurden der Kolmogorov-Smirnov- und der Shapiro-Wilk-Test herangezogen. Die Homogenität der Varianzen wurde mittels Levene-Tests kontrolliert. Wurde eine der oben genannten Voraussetzungen nicht erfüllt, musste auf nicht-parametrische Verfahren zurückgegriffen werden: im Falle des t-Tests auf den Mann-Whitney-U-Test und im Falle einer ANOVA auf den Kurskal-Wallis-Test.<sup>143</sup> Im Interpretationsteil wird anschließend versucht, eine Erklärung für das Beibehalten der Nullhypothese  $H_0$  beziehungsweise das Annehmen der Alternativhypothese  $H_1$  zu finden.

### **Forschungsfrage 4**

Um festzustellen, ob sich ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der einzelnen Klassen in der Fragebogentestung und der Ausbildung beziehungsweise Unterrichtsmethodik der Lehrkräfte finden lässt, werden das Antwortverhalten bezüglich der fünf Fragen zur persönlichen

---

<sup>141</sup> Field, Discovering statistics, 453f.

<sup>142</sup> Field, Discovering statistics, 534-536.

<sup>143</sup> Field, Discovering statistics, 537.

Einstellung und die prozentuellen Anteile korrekter Antworten auf die neun Multiple-Choice-Fragen mithilfe deskriptiver Statistiken berechnet. Die daraus resultierenden Werte werden in Form von Tabellen und Diagrammen mit den Ergebnissen der jeweiligen Schulstufe verglichen und auf Auffälligkeiten überprüft. Die so gesammelten Ergebnisse werden im Interpretationsteil mit den jeweiligen Angaben der Lehrkräfte auf ihren Fragebogen abgeglichen und so wird versucht die Forschungsfrage zu beantworten.

### **Forschungsfrage 5**

Um festzustellen, inwieweit die aus der Literatur entnommenen Fragebogenitems für die Untersuchung der betreffenden Altersgruppen geeignet sind, wird auf Begriffe der Itemanalyse zurückgegriffen: den Schwierigkeitsindex  $p$  und den Diskriminationsindex  $D$ . Die Berechnung beider Indizes erfolgt händisch und wird für jede der neun Multiple-Choice-Fragen aus dem zweiten Fragebogenabschnitt durchgeführt.

Der Schwierigkeitsindex  $p$ , welcher eine Aussage darüber trifft, wie viele Teilnehmerinnen und Teilnehmer die jeweilige Frage richtig beantwortet haben, wird wie folgt berechnet:

$$p = \frac{R}{N} \quad (9)$$

$R$  steht hierbei für die Anzahl an richtigen Antworten und  $N$  für die Gesamtzahl an gültigen Antworten.<sup>144</sup>

Der Schwierigkeitsindex kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Eine hohe Schwierigkeit des Items geht mit einem geringen numerischen Schwierigkeitsindex einher und vice versa. Sowohl extrem schwierige als auch extrem leichte Fragen sind wenig informativ, weshalb Fragen mit einem Schwierigkeitsindex zwischen 0,2 und 0,8 bevorzugt werden.<sup>145</sup>

Der Diskriminationsindex  $D$  misst, inwieweit eine Frage zwischen Schülerinnen und Schülern mit einem hohen Gesamtergebnis und denjenigen mit einem geringen unterscheiden kann. Dazu müssen innerhalb der Stichprobe zwei Gruppen gebildet werden. Eine besteht aus den 25% der Gesamtstichprobe mit dem höchsten Gesamtergebnis und die andere aus den 25% mit dem geringsten Gesamtergebnis. Der Index wird wie folgt berechnet:

---

<sup>144</sup> Döring, Bortz, Forschungsmethoden und Evaluation, 476.

<sup>145</sup> Döring, Bortz, Forschungsmethoden und Evaluation, 476f.

$$D = \frac{N_H - N_L}{\frac{N}{4}} \quad (10)$$

$N$  steht hierbei für die Gesamtanzahl an gültigen Antworten,  $N_H$  stellt die Anzahl an korrekten Antworten aus der Gruppe mit den höchsten Gesamtergebnissen und  $N_L$  die Anzahl an korrekten Antworten aus der Gruppe mit den niedrigsten Gesamtergebnissen dar.<sup>146</sup>

Der Diskriminationsindex kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen.  $D \geq 0,3$  ist ein häufig angenommener Standard für einen zufriedenstellenden Diskriminationsindex, wobei höhere Werte besser sind.<sup>147</sup>

---

<sup>146</sup> Lin Ding, Robert Beichner, Approaches to data analysis of multiple-choice questions. In: Physics Education Research 5, Issue 2 (2009) 2.

<sup>147</sup> Ding, Beichner, Approaches to data analysis, 2.

## 4 Durchführung der empirischen Untersuchung

Im folgenden Kapitel wird im ersten Abschnitt kurz erläutert, welche Schritte bis hin zur Auswertung der gesammelten Daten gesetzt werden mussten. Im zweiten Abschnitt wird die Stichprobenzusammensetzung vorgestellt.

### 4.1 Ablauf der Untersuchung

Die Betreuungszusage seitens Frau Urban-Woldron erfolgte Mitte Jänner 2019, daraufhin wurde bis Februar ein erstes Konzept für die Arbeit und die dafür vorgesehene Datenerhebung ausgearbeitet. Mitte März fand eine erste Kontaktaufnahme via E-Mail mit sechs Schulen, jeweils einer NMS und einer AHS aus den Bundesländern Wien, Niederösterreich und Oberösterreich, statt. Nach mehreren telefonischen Gesprächen stimmte jedoch lediglich eine der sechs Schulen einer Erhebung zu und so folgten noch weitere Kontaktaufnahmen mit anderen Schulen. Anfang April hatten vier Schulen, eine AHS sowie NMS aus Oberösterreich und jeweils eine NMS aus Wien und Niederösterreich, einer Fragebogenuntersuchung zugestimmt und nach einer Rücksprache mit der Betreuerin wurde beschlossen, es bei dieser Anzahl zu belassen. Während dieser Wochen fand die Zusammen- und Fertigstellung des bereits vorgestellten Fragebogens an die Schülerinnen und Schüler sowie des Fragebogens an die Lehrkräfte, welcher im Anhang einsehbar ist, statt.

Um eine Erlaubnis für die Durchführung einer empirischen Datenerhebung an einer Schule zu erhalten, sind in den Bundesländern unterschiedliche Schritte zu setzen. Während in Niederösterreich und Oberösterreich ein Antrag, welcher unter anderem eine Projektbeschreibung, den eingesetzten Fragebogen, eine Bestätigung der Universität beinhalten muss, an die jeweilige Bildungsdirektion gestellt werden musste, liegt die Entscheidungsbefugnis über die Teilnahme an einer empirischen Erhebung in Wien bei den Schulpartnern, also dem Schulforum beziehungsweise dem Schulgemeinschaftsausschuss, der betreffenden Schule.

Die Antragstellung an alle drei Bundesländer erfolgte Mitte April. Die Übergabe der ausgedruckten Fragebögen, Gespräche und die notwendigen Instruktionen für die Lehrkräfte und Direktoren konnten aufgrund der raschen Bestätigung seitens der Wiener NMS und der oberösterreichischen Bildungsdirektion schon wenige Tage nach der Antragstellung stattfinden. Die Bestätigung des Antrags durch die Bildungsdirektion Niederösterreichs erfolgte erst

Anfang Juni, woraufhin die Übergabe der Fragebögen sowie der notwendigen Instruktionen aufgrund des nahenden Schuljahresendes noch am selben Tag erfolgte.

Bis Ende Juni konnten die ausgefüllten Fragebögen aus allen teilnehmenden Schulen wieder eingesammelt und die Einspeisung und Auswertung der Daten in SPSS konnte begonnen werden.

## 4.2 Stichprobenzusammensetzung

Im folgenden Abschnitt wird nun die Stichprobe allgemein sowie im Detail deren Zusammensetzung bezüglich der Bundesländer beziehungsweise Schultypen vorgestellt. Des Weiteren werden auch die Schulen und die Antworten der Lehrkräfte, sofern diese den an sie gerichteten Fragebogen ausgefüllt haben, kurz beschrieben. Berechnet wurden diese Zusammensetzungen mithilfe deskriptiver Häufigkeitsanalysen.

### Allgemein

An der empirischen Erhebung, die mittels Fragebogen für diese Arbeit durchgeführt wurde, nahmen insgesamt 200 Schülerinnen (50,5%) und Schüler (49,5%) aus drei NMS und einer AHS in Wien, Niederösterreich und Oberösterreich teil. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer befanden sich zurzeit der Befragung in der 2., 3. oder 4. Klasse Sekundarstufe I und waren im Alter von 11 bis 16 Jahren beziehungsweise durchschnittlich  $13 \pm 1$  Jahren. 36,5% der Befragten stammten aus den 2. Klassen, 31,5% aus den 3. Klassen und 32,0% aus den 4. Klassen (vgl. siehe Abbildung 2).

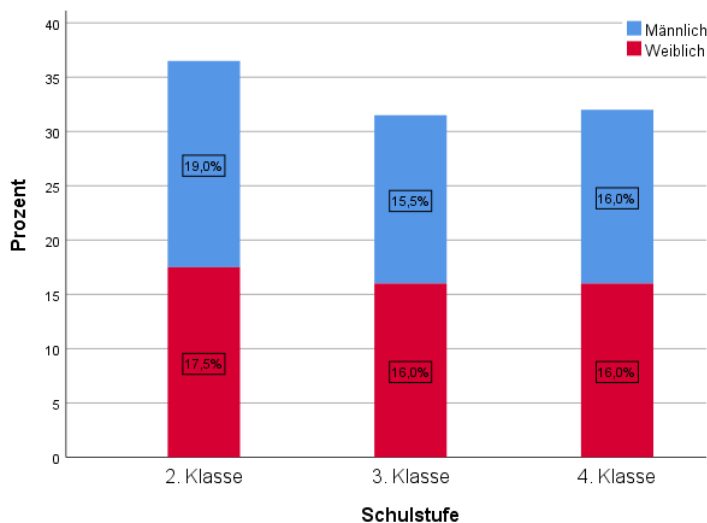


Abbildung 2: Prozentuelle Anteile der drei Schulstufen an der Gesamtstichprobe sowie Verhältnis Schülerinnen und Schüler

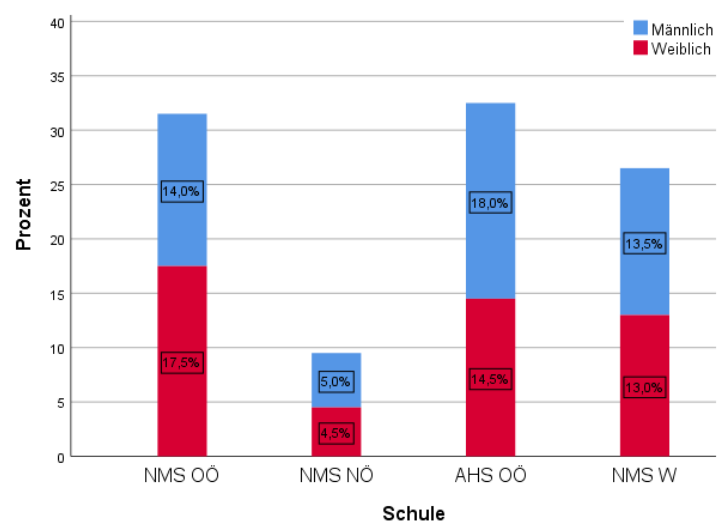


Abbildung 3: Prozentuelle Anteile der vier Schulen an der Gesamtstichprobe sowie Verhältnis Schülerinnen und Schüler

## NMS Wien

Die NMS W hat einen naturkundlich-technischen Schwerpunkt. Nach den Informationen auf der Schulhomepage besuchen 351 Schülerinnen und Schüler die Schule (Stand vom 15.01.2018), welche 36 Muttersprachen sprechen und von vier verschiedenen Kontinenten stammen. Das LehrerInnen-Team setzt sich aus insgesamt 49 Personen zusammen. Die Schülerinnen und Schüler der NMS W machen 26,5% der gesamten Stichprobe aus (siehe Abbildung 3).

Aus der 2. Klasse nahmen 6 Schülerinnen und 11 Schüler an der Befragung teil. Das Durchschnittsalter liegt bei  $12,3 \pm 0,8$  Jahren.

Die Lehrkraft der 2. Klasse NMS W ist seit 19 Jahren tätig und wurde in der Kirchlich Pädagogischen Hochschule Wien/Krems ausgebildet. Während dieser Ausbildung wurden die Thematik „Schülervorstellungen“ oder daran anknüpfende Themen nicht behandelt. Was das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler betrifft, gab die Lehrkraft an, in dieser Schulstufe keine Aspekte aus der Wärmelehre behandelt zu haben. In der ersten Schulstufe hat die Klasse die Aggregatzustände und Übergänge sowie den Begriff „Temperatur“ kennengelernt. Ihre methodische Vorgangsweise beschreibt die Lehrkraft als handlungsorientierten Physikunterricht, in dem Versuche und besonders Schülerversuche im Vordergrund stehen („Learning by doing“), aus denen die Schülerinnen und Schüler Gesetzmäßigkeiten und eigene Erkenntnisse ableiten sollen. In einer Randnotiz gibt die Lehrkraft den Hinweis: *„Bei 9 der 28 Schülerinnen und Schülern handelt es sich um außerordentliche Schülerinnen und Schüler, welche nur sehr wenig Deutsch sprechen.“*

In der 3. Klasse füllten 9 Schülerinnen und 7 Schüler den Fragebogen aus. Das Durchschnittsalter in der Klasse liegt bei  $13,4 \pm 0,9$  Jahren.

Die Lehrkraft der 3. Klasse NMS W unterrichtet seit 24 Jahren und während ihrer gesamten Ausbildung wurden weder „Schülervorstellungen“ noch daran andockende Themen in irgendeiner Form behandelt. Die Wärmelehre wurde mit der befragten Klasse in verschiedenen Aspekten, wie beispielsweise Thermometer, Wetter, Wärmeausdehnung von Gasen, Feuer machen, Versuchen mit dem Bunsenbrenner und so weiter bereits behandelt. Die Lehrkraft setzt bei der methodischen Vorgangsweise auf „Learning by doing“. Die Kinder sollen anhand von Versuchen die Naturwissenschaften begreifen und ein forschendes Lernen steht im Vordergrund.

In der 4. Klasse nahmen 11 Schülerinnen und 9 Schüler bei der Datenerhebung teil. Das Durchschnittsalter der Teilnehmerinnen und Teilnehmer beträgt  $13,9 \pm 0,7$  Jahre.

Die Lehrkraft der 4. Klasse NMS W ist seit zehn Jahren tätig und wurde an der Pädagogischen Hochschule Wien ausgebildet. Wie bei den beiden anderen Lehrkräften in dieser Schule wurde auch in der Ausbildung dieser Lehrkraft das Thema „Schülervorstellungen“ nicht behandelt. Die Thematik Wärmelehre wurde mit der befragten Klasse bereits ausgiebig erarbeitet. So haben diese Temperaturskalen und Thermometer kennengelernt und die Aggregatzustände sowie deren Übergänge und das Ausdehnungsverhalten fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe behandelt. Zudem wurden die drei Formen des Wärmetransports (Wärmeleitung, -strömung und -strahlung) und elektrisch-thermische Zusammenhänge erarbeitet. Der handlungsorientierte Unterricht steht auch bei dieser Lehrkraft im Zentrum. Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand selbst durchgeführter Versuche die Lernziele erarbeiten. Wichtig ist dabei ein grundsätzliches Verständnis naturwissenschaftlicher Phänomene und Zusammenhänge, während Formeln, Berechnungen und wissenschaftliche Begriffe als unwichtig angesehen werden.

## **NMS NÖ**

Die NMS Niederösterreich hat einen sportlichen Schwerpunkt. Im Schuljahr 2018/2019 besuchten ca. 326 Schülerinnen und Schüler in insgesamt 18 Klassen die Schule. Das LehrerInnen-Team setzt sich aus insgesamt 46 Personen zusammen. Die Schülerinnen und Schüler der NMS Niederösterreich machen lediglich 9,5% der Gesamtteilnehmer aus (vgl. Abbildung 3).

In der 2. Klasse füllten 1 Schülerin und 7 Schüler den Fragebogen aus. Das Durchschnittsalter in der Klasse liegt bei  $12,1 \pm 0,6$  Jahren.

Die Lehrkraft der 2. Klasse NMS Niederösterreich, welche zudem auch die befragte 4. Schulstufe unterrichtet, arbeitet seit zwei Jahren und studierte an der Kirchlich Pädagogischen Hochschule Wien/Krems. Während der Ausbildung wurden Schülervorstellungen in Form eines Skriptums behandelt, welches einerseits einen theoretischen Hintergrund lieferte und andererseits diesen mit Versuchen untermauerte. Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zur Wärmelehre ist gering, da lediglich die Wärmeausdehnung von der Lehrkraft durchgenommen wurde. Methodisch richtet sich die Lehrkraft nach ihrer eigenen akademischen Ausbildung. So werden zuerst mithilfe eines Skriptums die Grundlagen der jeweiligen Thematik übermittelt und anschließend mittels Freiarbeit beziehungsweise praktischen Versuchen vertieft.



In der 3. Klasse machten 4 Schülerinnen und 1 Schüler bei der Datenerhebung mit. Das Durchschnittsalter der Teilnehmerinnen und Teilnehmer beträgt  $12,6 \pm 0,5$  Jahre.

Die Lehrkraft der 3. Klasse hat den Fragebogen nicht ausgefüllt, wodurch es weder Informationen bezüglich der Ausbildung der Lehrkraft noch zum Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler gibt.

Aus der 4. Klasse nahmen 4 Schülerinnen und 2 Schüler an der Befragung teil. Das Durchschnittsalter liegt bei  $13,8 \pm 0,4$  Jahren.

Wie bereits erwähnt handelt es sich bei der Lehrkraft der 4. Klasse um dieselbe wie in der 2. Klasse. Über das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Wärmelehre konnte die Lehrkraft nichts sagen, da sie die Klasse übernommen und im eigenen Unterricht das Thema noch nicht behandelt hat.

## **NMS OÖ**

Die NMS Oberösterreich hat keinen Schwerpunkt, jedoch wird besonderes Augenmerk auf den Aspekt der Berufsorientierung gelegt. Informationen über die Gesamtzahl der Schülerinnen und Schüler konnten nicht gefunden werden. Das Lehrkorpus setzt sich aus insgesamt 17 Lehrkräften zusammen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der NMS Oberösterreich stellen 31,5% der Grundgesamtheit dar (siehe Abbildung 3). Keine der Lehrkräfte hat den für sie bestimmten Fragebogen ausgefüllt, wodurch es weder Informationen bezüglich der Ausbildung der Lehrkraft noch zum Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler gibt.

In der 2. Klasse machten 17 Schülerinnen und 8 Schüler bei der Datenerhebung mit. Das Durchschnittsalter der Teilnehmerinnen und Teilnehmer beträgt  $12,2 \pm 0,6$  Jahre.

Aus der 3. Klasse nahmen 9 Schülerinnen und 9 Schüler an der Befragung teil. Das Durchschnittsalter liegt bei  $13,4 \pm 0,6$  Jahren.

In der 4. Klasse füllten 9 Schülerinnen und 11 Schüler den Fragebogen aus. Das Durchschnittsalter in der Klasse liegt bei  $14,0 \pm 0,4$  Jahren.

## **AHS OÖ**

Bei der AHS Oberösterreich handelt es sich um eine Privatschule mit einem fremdsprachlichen Schwerpunkt. Im Schuljahr 2018/2019 besuchten ca. 448 Schülerinnen und Schüler in insgesamt 20 Klassen die Schule. Das LehrerInnen-Team setzt sich aus insgesamt 42 Personen

zusammen. Die Schülerinnen und Schüler der AHS ÖO machen 32,5% der gesamten Stichprobe aus (siehe Abbildung 3).

Aus der 2. Klasse nahmen 11 Schülerinnen und 12 Schüler an der Befragung teil. Das Durchschnittsalter liegt bei  $11,7 \pm 0,4$  Jahren.

Die Lehrkraft der 2. Klasse AHS Oberösterreich unterrichtet seit acht Jahren. Schülervorstellungen wurden im Zuge der akademischen Ausbildung dahingehend behandelt, Schwierigkeiten und Fehlvorstellungen seitens der Schülerinnen und Schüler identifizieren zu können. Die Thematik Wärmelehre wurde in der Klasse bisher nur kurz in Form der verschiedenen Temperaturskalen behandelt. Hinsichtlich methodischer Vorgangsweisen wird auf forschendes Lernen sowie experimentelle Ansätze gesetzt.

In der 3. Klasse füllten 10 Schülerinnen und 14 Schüler den Fragebogen aus. Das Durchschnittsalter in der Klasse liegt bei  $12,9 \pm 0,4$  Jahren.

Während der Studienzeit der Lehrkraft wurden Schülervorstellungen in mehreren fachdidaktischen Lehrveranstaltungen angesprochen und besonders intensiv während verschiedenster Praktika (unter anderem Schulversuchspraktikum) behandelt. Zentrale Aspekte der Thematik Wärmelehre wurden in der befragten Klasse bereits durchgenommen. So zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Wärme und Energie, der Unterschied zwischen Wärme und Temperatur, die spezifische Wärmekapazität, die verschiedenen Formen des Wärmetransports sowie Wetterphänomene. Die Lehrkraft setzt im Unterricht auf methodische Vielfalt. Neben Frontalunterricht, der häufig mit PP-Präsentationen unterstützt wird, und Demonstrationsexperimenten erarbeiten sich die Kinder die Inhalte häufig selbständig in Einzel- oder Partnerarbeiten. Auch Schülerexperimente in Gruppen, häufig als Stationenbetrieb gestaltet, werden genutzt. Zum Abschluss einer Einheit oder zur Themenwiederholung kommen auch Programme wie Kahoot, Quizlet und so weiter zum Einsatz.

In der 4. Klasse machten 8 Schülerinnen und 10 Schüler bei der Datenerhebung mit. Das Durchschnittsalter der Teilnehmerinnen und Teilnehmer beträgt  $13,9 \pm 0,5$  Jahre.

Die Lehrkraft der 4. Klasse AHS Oberösterreich unterrichtet seit 16 Jahren und während ihres gesamten Studiums waren weder „Schülervorstellungen“ noch irgendwelche daran anknüpfenden Themen Teil der Ausbildung. Die Thematik Wärmelehre wurde nach Angaben der Lehrkraft in Grundlagen laut Lehrplan vermittelt. Neben dem Frontalunterricht wird der methodische Schwerpunkt auf Versuche und Stationenbetriebe gelegt.

## 5 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse aus den Auswertungen für die fünf Forschungsfragen in schriftlicher, tabellarischer sowie in Form von Diagrammen dargelegt.

### 5.1 Forschungsfrage 1

#### Antwortverhalten Gesamtstichprobe

Im Durchschnitt beantworteten die Schülerinnen und Schüler der gesamten Stichprobe  $3,0 \pm 1,8$  der neun Fragen aus dem zweiten Abschnitt richtig. In Tabelle 2 sind die Häufigkeitsverteilungen bezüglich der Antworten zu den Multiple-Choice-Fragen in Form ganzer Zahlen als auch prozentueller Anteile dargestellt. Bei den fettgedruckten Ergebnissen handelt es sich um die richtige Antwort.

	Antwort a	Antwort b	Antwort c	Antwort d	keine Antwort	gültige Antwort
Frage 1	20 (10,0%)	<b>62 (31,0%)</b>	18 (9,0%)	100 (50,0%)	-	200 (100%)
Frage 2	107 (53,5%)	9 (4,5%)	<b>41 (20,5%)</b>	43 (21,5%)	-	200 (100%)
Frage 3	47 (23,5%)	66 (33,0%)	38 (19,0%)	<b>49 (24,5%)</b>	-	200 (100%)
Frage 4	39 (19,5%)	<b>38 (19,0%)</b>	20 (10,0%)	102 (51,0%)	1 (0,5%)	199 (95,5%)
Frage 5	<b>43 (21,5%)</b>	38 (19,0%)	48 (24,0%)	71 (35,5%)	-	200 (100%)
Frage 6	19 (9,5%)	55 (27,5%)	<b>64 (32,0%)</b>	62 (31,0%)	-	200 (100%)
Frage 7	61 (30,5%)	65 (32,5%)	41 (20,5%)	<b>32 (16,0%)</b>	1 (0,5%)	199 (95,5%)
Frage 8	9 (4,5%)	59 (29,5%)	16 (8,0%)	<b>116 (58,0%)</b>	-	200 (100%)
Frage 9	15 (7,5%)	12 (6,0%)	25 (12,5%)	<b>148 (74,0%)</b>	-	200 (100%)

Tabelle 2: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe in ganzen Zahlen und prozentuellen Anteilen

#### Frage 1

Item 1 wird von allen 200 Schülerinnen und Schülern gültig beantwortet (vgl. Tabelle 2). Sie werden dabei gefragt, welche Temperatur eine Plastikflasche und die darin enthaltene Limonade haben. In der beschriebenen Situation wurde mit einem Thermometer die Temperatur innerhalb einer Limonadendose, welche sich im gleichen Kühlschrank wie die Plastikflasche befand, gemessen und festgestellt, dass diese  $6^{\circ}\text{C}$  beträgt. Insgesamt geben 138 von 200 Schülerinnen und Schüler (das sind 69%) eine falsche Antwort. Dabei sind 100 Schülerinnen und

Schüler (das sind 50%) der Meinung, dass die Limonade in der Plastikflasche und die Limonade in der Dose nicht die gleiche Temperatur haben, während 10% der Testpersonen denken, dass die Limonade in beiden Gefäßen weniger als 6°C hat und 9% der Schülerinnen und Schüler der Ansicht sind, dass die Temperatur der Limonade in beiden Behältern größer als 6°C ist.

### **Frage 2**

In Testitem 2 wird die Situation aus Item 1 fortgesetzt. Die Schülerinnen und Schüler sollen die richtige Erklärung dafür finden, warum sich die Tischstelle, auf der die Limonadendose stand, kälter anfühlt als der Rest des Tisches. 100% der Befragten beantworten diese Frage gültig (vgl. Tabelle 2). 159 der 200 Schülerinnen und Schüler (das sind 79,5%) wählen bei dieser Frage einen Distraktor aus. 53,5% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind davon überzeugt, dass in dieser Situation Kälte von der Dose auf die Tischstelle übertragen wurde, während 21,5% der Schülerinnen und Schüler der Meinung sind, dass die Dose die Wärme unter sich verdrängt hat und lediglich 4,5% denken, dass an der Stelle des Tisches, wo die Dose gestanden ist, keine Energie mehr ist.

### **Frage 3**

Bei Frage 3 sollen die Befragten auswählen, welche der vier Antwortmöglichkeiten den Abkühlungsprozess eines kochenden Eies im kalten Wasser richtig beschreibt. Alle Befragten beantworten das Item gültig (vgl. Tabelle 2). Von diesen geben 151 (das sind 75,5%) eine falsche Antwort. 66 Testpersonen (das sind 33%) gehen davon aus, dass Kälte vom Wasser in das Ei wandert, 23,5% der Schülerinnen und Schüler glauben, dass die Temperatur des Eies auf das Wasser übertragen wurde und 19% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind der Ansicht, dass heiße Dinge von Natur aus auskühlen.

### **Frage 4**

In Frage 4 erklärt Jan, dass er lieber auf Plastikstühlen sitze als auf Metallstühlen, da diese weniger kalt seien. Die Befragten sollen auswählen, welche der vier Antwortmöglichkeiten die Situation richtig beschreibt. 161 Testpersonen (das sind 81%) geben eine falsche Antwort. Dabei sind 102 Schülerinnen und Schüler (das sind 51%) davon überzeugt, dass die Metallstühle kälter sind, weil sie weniger Wärme beinhalten als jene aus Plastik, 10% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind der Meinung, dass die Metallstühle sich kälter anfühlen, da sie schwerer sind als die Plastiksessel und 19,5% gehen davon aus, dass Metallstühle kälter sind, da Metall immer kälter ist als Plastik. 99,5% (vgl. Tabelle 2) der Befragten beantwortete Frage 4 gültig.

### **Frage 5**

Anhand dieser Frage wird eine Erklärung für die Tatsache gesucht, dass sich ein Lineal aus Metall kälter anfühlt als ein Lineal aus Holz. Von den 200 (das sind 100%) Teilnehmerinnen und Teilnehmern, die gültig antworten entscheiden sich 157 (das sind 78,5%) für eine falsche Antwort. Dabei sind 35,5% der Schülerinnen und Schüler davon überzeugt, dass die Kälte vom Metalllineal schneller auf die Hand abgegeben wird, 19% der Testpersonen sind der Meinung, dass Holz von Natur aus ein wärmeres Material ist als Metall und 24% der Befragten gehen davon aus, dass das Holzlineal mehr Wärme enthält als jenes aus Metall.

### **Frage 6**

Bei diesem Item sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine von vier Erklärungsmöglichkeiten dafür auswählen, warum man im Winter einen Pullover aus Wolle trägt. Die Frage wird von allen 200 Schülerinnen und Schülern (vgl. Tabelle 2) gültig beantwortet. Insgesamt geben 136 von 200 Schülerinnen und Schüler (das sind 68%) eine falsche Antwort. Dabei sind 62 Schülerinnen und Schüler (das sind 31%) der Meinung, dass dies dazu dient Wärme, zu speichern, 27,5% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer glauben, dass der Pullover die Kälte draußen halten soll und 9,5% sind davon überzeugt, dass Wolle warm macht.

### **Frage 7**

In Frage 7 ist die Situation gegeben, dass ein Mädchen ein Eis am Stiel aus dem Gefrierschrank nimmt und meint, dass der Holzstiel eine höhere Temperatur hat als das Eis. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer entscheiden, welche der vier Antwortmöglichkeiten die Situation richtig beschreibt. 167 Befragte (das sind 84%) geben auf diese Fragestellung eine falsche Antwort. 20,5% der Schülerinnen und Schüler glauben, dass der Holzstiel mehr Wärme enthält als das Eis, 30,5% der Testpersonen sind der Meinung, dass der Holzstiel nicht so kalt wie das Eis werden kann und 32,5% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind überzeugt, dass das Eis mehr Kälte enthält als der Holzstiel.

### **Frage 8**

Testitem 8 setzt sich mit der Frage auseinander, warum sich zugedeckte Puppen nicht aufwärmen. Diese Frage wird von allen 200 Schülerinnen und Schülern (vgl. Tabelle 2) gültig beantwortet. 42% der Befragten geben eine falsche Antwort. 59 Testpersonen (das sind 29,5%) sind der Ansicht, dass der Grund dafür die Tatsache ist, dass Puppen die Wärme nicht gut halten können, 4,5% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer glauben, dass die zu dünne Decke der

Grund dafür sei und 8% der Befragten geben an, dass Puppen lediglich lange brauchen würden, um warm zu werden.

### **Frage 9**

Hierbei wird, unterstützt durch eine grafische Darstellung, ein Versuch dargestellt, bei dem Murmeln mithilfe von Wachs auf einer Metallstange befestigt wurden und unter dieser Stange eine Kerze platziert wird. Die Befragten sollen auswählen, was ihrer Meinung nach passiert, wenn diese Kerze entzündet wird. 52 Teilnehmerinnen und Teilnehmer (das sind 26%) entscheiden sich bei diesem Item für eine falsche Antwort. 12,5% der Schülerinnen und Schüler sind davon überzeugt, dass die äußeren Murmeln zuerst herunterfallen, 12 Testpersonen (das sind 6%) glauben, dass nichts passieren wird und 7,5% der Befragten sind der Ansicht, dass alle Murmeln gleichzeitig herunterfallen. Die Frage wurde von allen 200 Fragebogenteilnehmerinnen und Fragebogenteilnehmern (vgl. Tabelle 2) gültig beantwortet.

## **Antwortverhalten Schulstufen und Schulen**

Im Folgenden ist das Antwortverhalten der einzelnen Schulstufen sowie Schulen tabellarisch dargestellt. Dabei sind nur jene Fragen aufgelistet, in denen sich das Antwortverhalten merklich vom Antwortverhalten der Gesamtstichprobe unterscheidet.

### **2. Klasse**

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, sind bei Frage 1 in den 2. Klassen 63% der Überzeugung, dass die Limonade in der Plastikflasche und die Limonade in der Dose nicht die gleiche Temperatur haben, während dies in der Gesamtstichprobe nur 50% sind (vgl. Tabelle 2). Gehen in der Gesamtstichprobe bei Frage 3 33% davon aus, dass Kälte vom Wasser in das Ei wandert, gehen in den zweiten Klasse 43,8% davon aus. Bei Frage 5 wählen aus den 2. Klassen, prozentuell gesehen, lediglich halb so viele Befragte wie aus der Gesamtstichprobe die korrekte Antwort. Die Schülerinnen und Schüler der 2. Klassen sind, verglichen mit der Gesamtstichprobe (vgl. Tabelle 2), bei Frage 6 häufiger der Ansicht, dass Wolle warm macht (vgl. Abbildung 4).

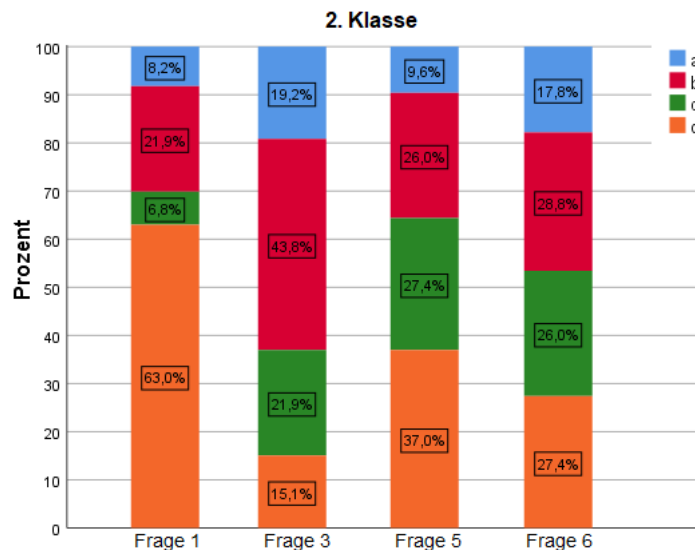


Abbildung 4: Antwortverhalten der 2. Klassen in Prozentanteilen

### 3. Klasse

Wie aus dem Vergleich zwischen Abbildung 5 und Tabelle 2 ersichtlich wird, entscheiden sich in den 3. Klassen bei den Fragen 2, 3 und 4, verglichen mit der Gesamtstichprobe, zirka 10% mehr Schülerinnen und Schüler für die korrekte Antwort.

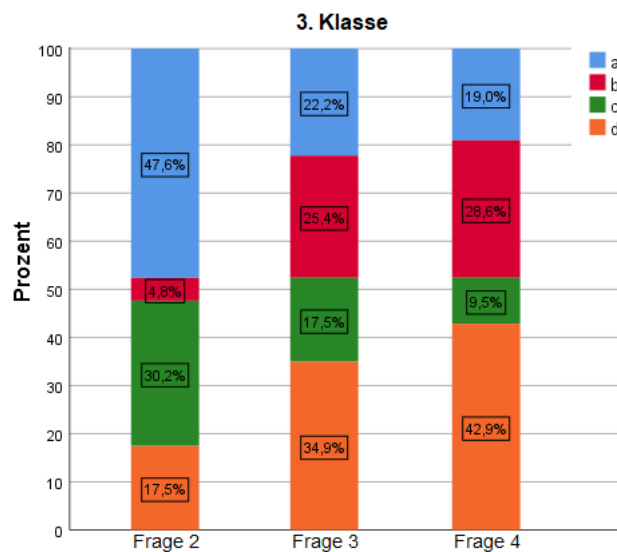
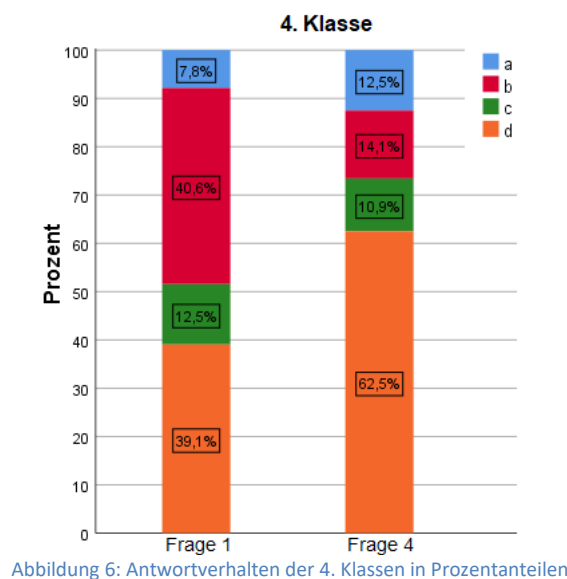


Abbildung 5: Antwortverhalten der 3. Klassen in Prozentanteilen

### 4. Klassen

In den 4. Klassen wählen bei Frage 1 40,6% (vgl. Abbildung 6) die korrekte Antwort, während sich bei der Gesamtstichprobe lediglich 31% (vgl. Tabelle 2) dafür entscheiden. Bei Frage 4 sind 62,5% (vgl. Abbildung 6) der Schülerinnen und Schüler aus den 4. Klassen davon

überzeugt, dass die Metallstühle kälter sind, weil sie weniger Wärme beinhalten als jene aus Plastik. In der Gesamtstichprobe sind lediglich 51% von dieser Auswahlmöglichkeit überzeugt.



## NMS NÖ

Wie aus dem Vergleich von Abbildung 7 und Tabelle 2 hervorgeht, entscheiden sich bei Frage 1 prozentuell gesehen mehr Schülerinnen und Schüler aus der NMS NÖ für die korrekte Antwort als in der Gesamtstichprobe. Bei Frage 2 wählen beinahe 70% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der NMS NÖ die Erklärung, dass Kälte von der Dose auf die Tischstelle übertragen wurde (vgl. Abbildung 7). In der NMS NÖ sind bei Frage 3 rund 20% mehr Befragte als in der Gesamtstichprobe davon überzeugt, dass Kälte vom Wasser in das Ei wandert. Eine ähnliche Tendenz lässt sich bei Frage 4 auch für die Erklärung feststellen, dass die Metallstühle kälter sind, weil sie weniger Wärme beinhalten als jene aus Plastik. Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, sind bei Frage 5 in der NMS NÖ 47,4% der Überzeugung, dass die Kälte vom Metalllineal schneller auf die Hand abgegeben wird, während dies in der Gesamtstichprobe nur 35,5% sind (vgl. Tabelle 2). Die Schülerinnen und Schüler der NMS NÖ sind, verglichen mit der Gesamtstichprobe (vgl. Tabelle 2), bei Frage 6 zu zirka 20% häufiger der Ansicht, dass der Pullover die Kälte draußen halten soll (vgl. Abbildung 7). Bei Frage 7 sind 42,1% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der NMS NÖ der Meinung, dass das Eis mehr Kälte enthält als der Holzstiel, während in der Gesamtstichprobe 32,5% dieser Ansicht sind. Für die Erklärung bei Frage 8, dass Puppen Wärme nicht gut halten können und sich deshalb nicht erwärmen, entscheiden sich, wie aus Abbildung 7 ersichtlich, 42,1% der Befragten aus der NMS NÖ,



während sich in der Gesamtstichprobe lediglich 29,5% (vgl. Tabelle 2) für diese Antwort entscheiden.

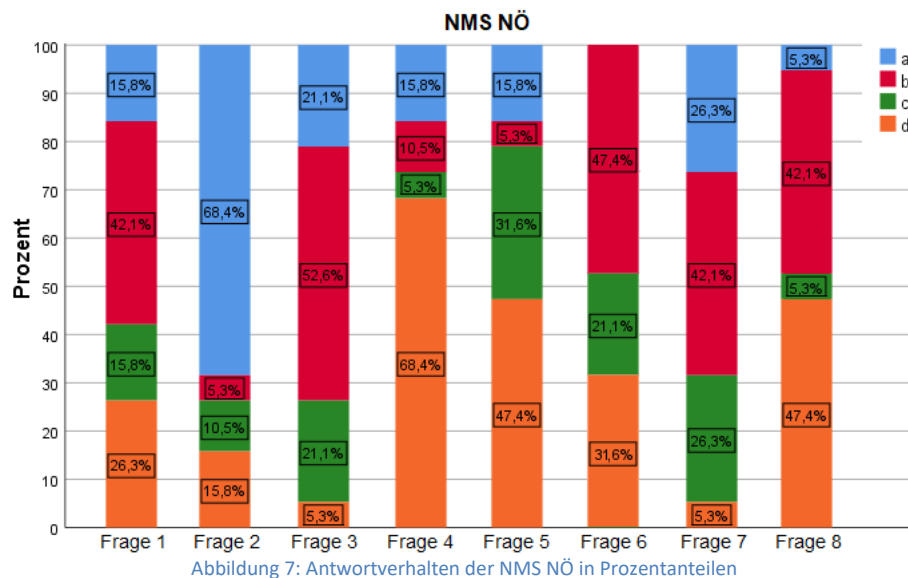
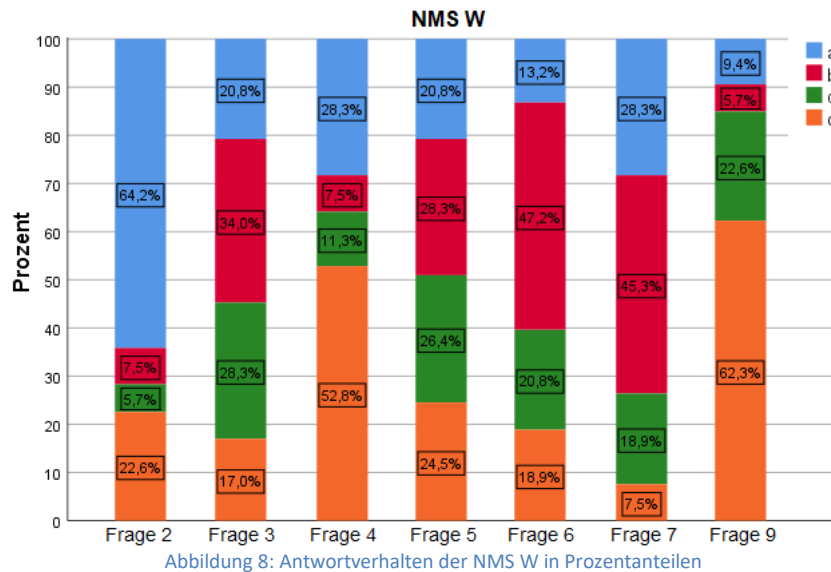


Abbildung 7: Antwortverhalten der NMS NÖ in Prozentanteilen

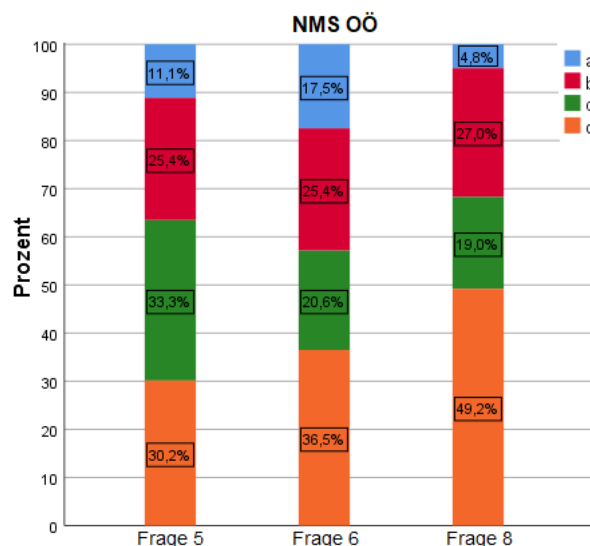
## NMS Wien

Die Schülerinnen und Schüler der NMS W sind, verglichen mit der Gesamtstichprobe (vgl. Tabelle 2), bei Frage 2 häufiger der Ansicht, dass Kälte von der Dose auf die Tischstelle übertragen wurde (vgl. Abbildung 8). Für die Erklärung bei Frage 3, dass heiße Dinge von Natur aus abkühlen entscheiden sich, wie aus Abbildung 8 ersichtlich, 28,3% der Befragten aus der NMS W, während sich in der Gesamtstichprobe lediglich 19% (vgl. Tabelle 2) für diese Antwort entscheiden. Wie aus dem Vergleich von Abbildung 8 und Tabelle 2 hervorgeht, lässt sich eine ähnliche Tendenz bei Frage 4 bezüglich der Erklärung, dass Metallstühle kälter sind, da Metall immer kälter ist als Plastik, finden. 28,3% der Befragten in der NMS W sind bei Frage 5 der Meinung, dass Holz von Natur aus ein wärmeres Material ist als Metall (vgl. Abbildung 8), wogegen sich in der Gesamtstichprobe lediglich 19% für diese Erklärung entschieden. Bei Frage 6 entscheiden sich beinahe die Hälfte der Befragten aus der NMS W für die Antwort, dass der Pullover die Kälte draußen halten soll (vgl. Abbildung 8), während sich in der Gesamtstichprobe ungefähr ein Viertel für diese Erklärungsmöglichkeit entscheidet (vgl. Tabelle 2). Bei Frage 7 sind 45,3% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der NMS NÖ der Ansicht, dass das Eis mehr Kälte enthält als der Holzstiel, während in der Gesamtstichprobe 32,5% dieser Ansicht sind. In der NMS W sind 22,6% der Befragten, das sind beinahe doppelt so viele wie in der Gesamtstichprobe, der Überzeugung, dass bei Frage 9 die Erklärung, dass die äußeren Murmeln zuerst herunterfallen, korrekt ist.



## NMS OÖ

In der NMS OÖ sind bei Frage 5 beinahe 10% (vgl. Abbildung 9 und Tabelle 2) mehr Befragte als in der Gesamtstichprobe davon überzeugt, dass das Holzlineal mehr Wärme enthält als jenes aus Metall. Wie aus Abbildung 9 ersichtlich, sind bei Frage 6 in der NMS OÖ 17,5% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Meinung, dass Wolle warm macht, während dies in der Gesamtstichprobe nur 9,5% sind (vgl. Tabelle 2). Bei Frage 8 sind 19% der Schülerinnen und Schüler aus der NMS OÖ der Ansicht, dass die Puppen lediglich lange brauchen würden, um warm zu werden, während in der Gesamtstichprobe 8% dieser Ansicht sind.



## AHS OÖ

Wie aus dem Vergleich von Abbildung 10 und Tabelle 2 hervorgeht, entscheiden sich die Schülerinnen und Schüler aus der AHS OÖ bei acht der neun Fragen prozentuell gesehen häufiger für die korrekte Antwort als die Gesamtstichprobe. Bei Frage 5 sind 46,2% der Schülerinnen und Schüler der AHS OÖ der Meinung, dass die Kälte vom Metalllineal schneller auf die Hand abgegeben wird (vgl. Abbildung 10), während in der Gesamtstichprobe 35,5% dieser Meinung sind (vgl. Tabelle 2).

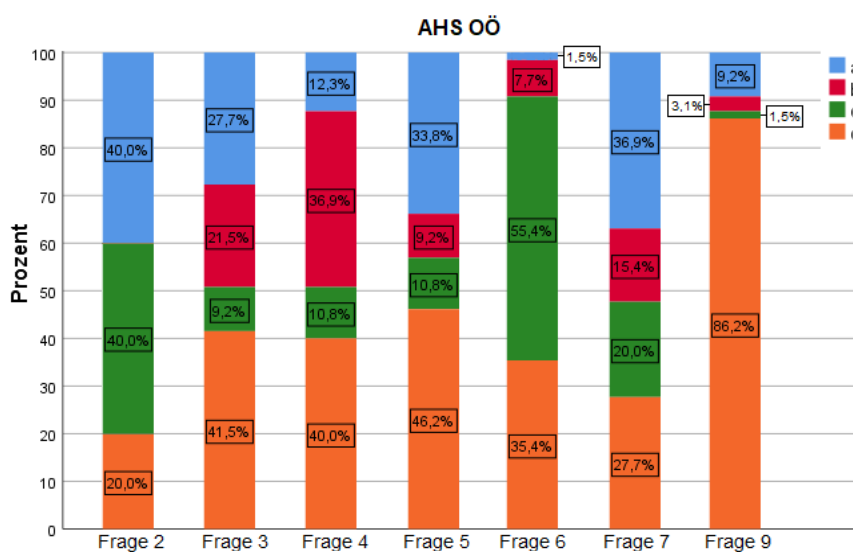


Abbildung 10: Antwortverhalten der AHS OÖ in Prozentanteilen

## 5.2 Forschungsfrage 2

### Persönliche Einstellung

**Frage 1:** Ich lerne für den Physikunterricht, um eine gute Note zu bekommen.

	Trifft gar nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Häufigkeit	13	13	24	38	66	46
Prozent	6,5%	6,5%	12,0%	19,0%	33,0%	23,0%

Tabelle 3: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 1 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile

Wie aus Tabelle 3 ablesbar ist, trifft es für über 70% der befragten Schülerinnen und Schüler zu, dass sie für den Physikunterricht eher lernen, um eine gute Schulnote zu erhalten. Durchschnittlich ergibt sich als Antwort „Trifft eher zu“ mit Tendenz zum „Trifft zu“.

**Frage 2:** Ich lerne für den Physikunterricht, weil mich die Inhalte interessieren.

	Trifft gar nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Häufigkeit	28	17	50	45	37	23
Prozent	14,0%	8,5%	25%	22,5%	18,5%	11,5%

Tabelle 4: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 2 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile

Zirka die Hälfte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geben an, für den Physikunterricht eher zu lernen, weil sie die Inhalte interessieren (vgl. Tabelle 4). Dies führt im Durchschnitt zu den beiden Antworten „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft eher zu“.

**Frage 3:** Im Unterricht fällt es mir schwer, den Inhalten zu folgen.

	Trifft gar nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Häufigkeit	33	56	49	42	14	6
Prozent	16,5%	28,0%	24,5%	21,0%	7,0%	3,0%

Tabelle 5: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 3 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich, geben ein Großteil der Befragten (69%) an, eher keine Schwierigkeiten mit den im Physikunterricht vermittelten Inhalten zu haben. Im Mittel ergibt sich die Antwort „Trifft eher nicht zu“.

**Frage 4:** Ich freue mich auf die Physikstunde.

	Trifft gar nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Häufigkeit	24	25	44	41	41	25
Prozent	12,0%	12,5%	22,0%	20,5%	20,5%	12,5%

Tabelle 6: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 4 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile

Bei Frage 4 geben etwas über die Hälfte der Schülerinnen und Schüler (53,5%) an, dass sie sich eher auf die Physikstunde freuen (vgl. Tabelle 6). Dies führt im Durchschnitt, wie schon bei Frage 2, zu den beiden Antworten „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft eher zu“.

**Frage 5:** Ich finde, Physik ist ein wichtiges Unterrichtsfach.

	Trifft gar nicht zu	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Trifft voll zu
Häufigkeit	13	21	41	50	43	32
Prozent	6,5%	10,5%	20,5%	25,0%	21,5%	16,0%

Tabelle 7: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 5 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile

Wie aus Tabelle 7 ablesbar, trifft die Aussage „Physik ist ein wichtiges Unterrichtsfach“ für die Mehrheit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer (62,5%) zu. Im Mittel ergibt sich daher auch die Antwort „Trifft eher zu“.

### **Korrelation Frage 1 (Noten) und Gesamtergebnis**

Die Normalverteilung der Variablen wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test überprüft. Da beide Verfahren zu signifikanten Ergebnissen kamen ( $p < 0,001$ ), muss von nicht normalverteilten Daten ausgegangen werden. Bei der grafischen Darstellung der Daten mittels Streudiagramm konnte festgestellt werden, dass diese keinem linearen Trend folgen. Aufgrund dieser Verstöße gegen die Bedingungen der Pearson-Korrelation wurde entschieden, stattdessen den Rangkorrelationskoeffizienten  $r_s$  nach Spearman zu berechnen. Dieser lieferte kein signifikantes Ergebnis, weshalb von keiner Korrelation zwischen den beiden Variablen ausgegangen wird.

### **Korrelation Frage 2 (Interesse) und Gesamtergebnis**

Ein signifikantes Ergebnis sowohl im Shapiro-Wilk Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p < 0,001$ ) deutet darauf hin, dass die Variablen nicht normalverteilt sind. Ebenso konnte mithilfe eines Streudiagrammes festgestellt werden, dass die Variablen keinem linearen Trend folgen. Da beide Voraussetzungen für die Pearson-Korrelation nicht erfüllt wurden, musste auf die Spearman-Korrelation zurückgegriffen werden, welche kein signifikantes Ergebnis lieferte. Es wird daher nicht von einer Korrelation ausgegangen.

### **Korrelation Frage 3 (Schwierigkeit) und Gesamtergebnis**

Bei der Überprüfung mittels Streudiagramm konnte kein linearer Trend festgestellt werden. Des Weiteren lieferten auch der Shapiro-Wilk-Test und der Kolmogorov-Smirnov-Test signifikante Ergebnisse, womit die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt ist. Da wieder beide Voraussetzungen nicht erfüllt wurden, musste erneut auf die Spearman-Korrelation zurückgegriffen werden. Diese lieferte ein signifikantes Ergebnis ( $r = -0,199$ ;  $p = 0,005$ ) und zeigt somit, dass Frage 3 (Schwierigkeit) mit dem Gesamtergebnis negativ korreliert. Nach Cohen entspricht ein Zusammenhang dieser Größe einem kleinen Effekt.<sup>148</sup>

### **Korrelation Frage 4 (Vorfreude) und Gesamtergebnis**

Sowohl im Shapiro-Wilk-Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test weisen beide Variablen ein signifikantes Ergebnis auf, womit die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt ist. Bei

---

<sup>148</sup> Jacob Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Hillsdale <sup>2</sup>1988) 79f.

der grafischen Darstellung der Daten mittels Streudiagramm konnte festgestellt werden, dass diese keinem linearen Trend folgen. Aufgrund dieser Verstöße gegen die Bedingungen der Pearson-Korrelation wurde entschieden, stattdessen den Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman zu berechnen. Dieser lieferte kein signifikantes Ergebnis, weshalb von keiner Korrelation zwischen den beiden Variablen ausgegangen wird.

### **Korrelation Frage 5 (Wichtigkeit) und Gesamtergebnis**

Mithilfe eines Streudiagrammes konnte festgestellt werden, dass die Variablen keinem linearen Trend folgen. Signifikante Ergebnisse bei der Shapiro-Wilk- und Kolmoroy-Smirnov-Testung zeigen, dass die Voraussetzung für die Normalverteilung verletzt ist. Da beide Voraussetzungen für die Pearson-Korrelation nicht erfüllt wurden, musste auf die Spearman-Korrelation zurückgegriffen werden, welche keine signifikanten Ergebnisse lieferte. Es ist daher von keiner Korrelation zwischen den beiden Variablen auszugehen.

## **5.3 Forschungsfrage 3**

### **Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern**

#### *Gesamtergebnis*

Die Normalverteilung der Variablen Gesamtergebnis über beide Geschlechter wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test überprüft. Da beide Verfahren zu signifikanten Ergebnissen kamen ( $p < 0,001$ ), muss von nicht normalverteilten Daten ausgegangen werden. Für die Überprüfung der Varianzhomogenität wurde ein Levene-Test durchgeführt, welcher zu einem nicht signifikanten Ergebnis kam ( $p > 0,5$ ), weshalb von homogenen Varianzen ausgegangen werden kann. Obwohl es sich bei den Schülerinnen und Schülern um zwei voneinander unabhängige Gruppen handelt und die resultierenden Daten ein metrisches Skalenniveau aufweisen, muss aufgrund der Nichtnormalverteilung der Daten statt einem t-Test ein Mann-Whitney-U-Test angewendet werden. Dieser lieferte hinsichtlich des Unterschiedes im Gesamtergebnis zwischen Schülerinnen und Schülern kein signifikantes Ergebnis ( $U = 4355,0$ ;  $p = 0,106$ ). Im Mittel erreichten die Schülerinnen ein Gesamtergebnis von  $2,74 \pm 1,6$  und die Schüler von  $3,18 \pm 1,9$ .

#### *Persönliche Einstellung*

Anhand eines nicht signifikanten Levene-Tests ( $p > 0,5$ ) konnte gezeigt werden, dass die Varianzhomogenität für alle fünf Fragen bezüglich der persönlichen Einstellung gegeben ist.

Sowohl im Shapiro-Wilk-Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test weisen jedoch beide Gruppen ein signifikantes Ergebnis auf ( $p < 0,001$ ), womit die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt ist. Da es sich bei Schülerinnen und Schülern um zwei voneinander unabhängige Gruppen handelt und die Daten metrisch sind, sind ansonsten alle Bedingungen erfüllt. Dennoch muss wie bereits zuvor auf den nichtparametrischen U-Test ausgewichen werden. Frage 2 (Interesse) lieferte ein signifikantes Ergebnis ( $U = 3623,5$ ;  $p = 0,001$ ;  $r = -0,24$ ) und es ergab sich ein mittlerer Rang von 114,12 bei den Schülern und 86,60 bei den Schülerinnen. Ein Vergleich der mittleren Ränge zeigt, dass die Schüler mehr Interesse an den Inhalten haben als die Schülerinnen. Bei Frage 4 (Vorfreude) konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied ( $U = 3559,0$ ;  $p = 0,000$ ;  $r = -0,25$ ) festgestellt werden. Die mittleren Ränge, bei den Schülerinnen 85,65 und bei den Schülern 114,76, veranschaulichen, dass die Schülerinnen sich weniger auf die kommende Physikstunde freuen. Zuletzt lieferte noch Frage 5 (Wichtigkeit) ein signifikantes Ergebnis ( $U = 3369,5$ ;  $p = 0,000$ ;  $r = -0,28$ ) bei mittleren Rängen von 84,04 seitens der Schülerinnen und 116,64 seitens der Schüler. Dies lässt den Schluss zu, dass die Schüler dem Fach Physik mehr Wichtigkeit zuschreiben als die Schülerinnen. Gemäß den Richtlinien zur Interpretation von Effektstärken nach Cohen entspricht  $r$ , welches bei den drei signifikanten Ergebnissen zwischen 0,24 und 0,28 liegt, einem Effekt kleiner bis mittlerer Größe.<sup>149</sup> Die Fragen 1 (Note) und Frage 3 (Schwierigkeit) lieferten keine signifikanten Ergebnisse ( $U = 4455,0$ ;  $p = 0,171$  und  $U = 4969,5$ ;  $p = 0,940$ ), woraus sich schließen lässt, dass bezüglich der Tendenz, für eine gute Note zu lernen und den Schwierigkeiten den Inhalten im Physikunterricht zu folgen, keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden konnten.

## Unterschiede zwischen den Schulstufen

### *Gesamtergebnis*

Ein signifikantes Ergebnis sowohl im Shapiro-Wilk Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p < 0,001$ ) deutet darauf hin, dass die Variable Gesamtergebnis innerhalb der Schulstufen nicht normalverteilt ist. Trotz der Betätigung einer Varianzhomogenität durch einen nicht signifikanten Levene-Test ( $p > 0,5$ ) musste anstatt einer ANOVA auf ein nicht parametrisches Verfahren, den sogenannten Kurskal-Wallis-Test, umgestiegen werden. Dieser sogenannte H-Test lieferte bezüglich des Unterschiedes im Gesamtergebnis zwischen den Schulklassen ein signifikantes Ergebnis ( $H = 11,126$ ;  $p = 0,004$ ;  $\eta^2 = 0,05$ ;  $d = 0,44$ ). Die Berechnung der mittleren Ränge ergab für die 2. Klasse 84,07, für die 3. Klasse 115,83 und für die 4. Klasse 104,15.

---

<sup>149</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79f.

Ein Vergleich dieser mittleren Ränge zeigt, dass die 3. Klassen die besten Gesamtergebnisse unter den Schulstufen erreichten, gefolgt von den 4. Klassen und abschließend den 2. Klassen. Ausgehend von den beiden Kenngrößen Eta-Quadrat  $\eta^2$  und Cohens d, entspricht dies nach Cohen einer Effektstärke kleiner bis mittlerer Größe.<sup>150</sup> Die Mittelwerte des Gesamtergebnisses betragen bei den Schülerinnen und Schülern der 2. Klasse  $2,38 \pm 1,27$ , der 3. Klasse  $3,54 \pm 2,16$  und der 4. Klasse  $3,05 \pm 1,69$ , was die zuvor getroffene Aussage stützt.

### *Persönliche Einstellung*

Signifikante Ergebnisse im Shapiro-Wilk- und Kolmogorov-Smirnov-Test zeigen, dass die Ergebnisse aus den fünf Fragen zur persönlichen Einstellung innerhalb keiner der Schulstufen normalverteilt sind. Die Berechnungen durch den Levene-Test lieferten unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Varianzhomogenität. Da jedoch bereits die Voraussetzung der Normalverteilung nicht gegeben ist, erfolgte die Berechnung erneut mit dem Kruskal-Wallis-Test. Dieser lieferte lediglich für Frage 1 (Noten) ein signifikantes Ergebnis ( $H = 13,827$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,06$ ;  $d = 0,505$ ). Bezüglich der mittleren Ränge ergab der H-Test folgendes Ergebnis: 2. Klasse (108,16), 3. Klasse (113,29) und 4. Klasse (79,18). Da der mittlere Rang der 4. Klasse mit 79,18 weitaus geringer als jener der beiden anderen Schulstufen ist, scheint die Tendenz für eine gute Schulnote zu lernen bei den Schülerinnen und Schülern der 4. Klasse weitaus geringer ausgeprägt zu sein. Nach den Interpretationsrichtlinien von Cohen entspricht ein  $\eta^2$  von 0,06 und ein d von 0,51 einer Effektstärke mittlerer Größe.<sup>151</sup> Die nicht signifikanten Ergebnisse bei Frage 2 (Interesse), Frage 3 (Schwierigkeiten), Frage 4 (Vorfreude) und Frage 5 (Wichtigkeit) zeigen, dass hinsichtlich dieser Aspekte keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Schulstufen erkennbar sind.

## **Unterschiede zwischen den Schultypen**

### *Gesamtergebnis*

Die resultierenden Daten weisen ein metrisches Skalenniveau auf und die beiden Schultypen sind voneinander unabhängige Gruppen. Ein signifikantes Ergebnis des Levene Tests zeigt jedoch, dass die Varianzhomogenität für die Variable Gesamtergebnis nicht gegeben ist. Des Weiteren lieferten auch der Shapiro-Wilk-Test und der Kolmogorov-Smirnov-Test für beide Schultypen signifikante Ergebnisse, womit die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt ist. Es muss daher erneut auf den nicht parametrischen U-Test zurückgegriffen werden. Dieser

---

<sup>150</sup> Cohen, Statistical power analysis, 81f.

<sup>151</sup> Cohen, Statistical power analysis, 81f.



lieferte ein signifikantes Ergebnis ( $U = 2071,0$ ;  $p = 0,000$ ;  $r = 0,44$ ) bei mittleren Rängen von 136,14 für die AHS und 83,34 für die NMS. Da der mittlere Rang der Schülerinnen und Schüler aus der AHS höher ist, schnitten diese besser ab als die Schülerinnen und Schüler der NMS. Bei einem  $r$  von 0,44 kann hierbei nach Cohen von einer mittleren bis großen Effektstärke ausgegangen werden.<sup>152</sup> Die Mittelwerte des Gesamtergebnisses lagen bei den Schülerinnen und Schülern der NMS bei  $2,38 \pm 1,21$  und bei den Schülerinnen und Schülern der AHS bei  $4,17 \pm 2,1$ .

### *Persönliche Einstellung*

Anhand eines nicht signifikanten Levene-Tests ( $p > 0,5$ ) für die Fragen 1 und 3-5 konnte gezeigt werden, dass die Varianzhomogenität für diese vier Fragen bezüglich der persönlichen Einstellung gegeben ist. Sowohl im Shapiro-Wilk-Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test weisen jedoch beide Gruppen ein signifikantes Ergebnis auf ( $p < 0,001$ ), womit die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt ist. Laut Field können bei großen Stichproben einzelne Voraussetzungsverletzungen vernachlässigt werden, weshalb trotz nicht normalverteilter Daten ein t-Test für die Fragen 1 und 3-5 angewendet werden kann.<sup>153</sup> Für Frage 2 sowie zur Absicherung der Ergebnisse aus dem t-Test, wird ein Mann-Whitney-U-Test verwendet. Sowohl der t-Test ( $t(198) = 2,72$ ;  $p = 0,007$ ;  $d = 0,41$ ) als auch der U-Test ( $U = 3387,0$ ;  $p = 0,007$ ;  $r = -0,19$ ), bei mittleren Rängen von 107,91 für die AHS und 85,11 für die NMS, lieferten lediglich bei Frage 3 (Schwierigkeiten) ein signifikantes Ergebnis. Der höhere mittlere Rang bei den Schülerinnen und Schülern der AHS zeigt, dass diese sich in größerem Ausmaß dahingehend einschätzen, dem Unterricht besser folgen zu können als die Schülerinnen und Schüler der NMS. Nach Cohen entsprechen sowohl ein  $d$  von 0,4 als auch ein  $r$  von 0,19 einem kleinen Effekt.<sup>154</sup>

## **2.Klasse**

### *Gesamtergebnis*

Die Normalverteilung der Variablen Gesamtergebnis über die 2. Klasse der AHS und NMS wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test überprüft. Beide Verfahren kamen bezüglich der beiden Gruppen zu unterschiedlichen Ergebnissen: Während bei der 2. Klasse AHS von normalverteilten Daten ausgegangen werden kann, ist dies für die 2. Klasse

---

<sup>152</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79f.

<sup>153</sup> Field, Discovering statistics, 233-236.

<sup>154</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79-83.

NMS nicht der Fall. Für die Überprüfung der Varianzhomogenität wurde ein Levene-Test durchgeführt, welcher zu einem signifikanten Ergebnis kam, weshalb von nicht homogenen Varianzen ausgegangen werden kann. Obwohl es sich bei den Schulstufen um zwei voneinander unabhängige Gruppen handelt und die resultierenden Daten ein metrisches Skalenniveau aufweisen, muss aufgrund der nicht normalverteilten Daten sowie der fehlenden Varianzhomogenität statt einem t-Test ein Mann-Whitney-U-Test angewendet werden. Dieser lieferte hinsichtlich des Unterschiedes im Gesamtergebnis zwischen den 2. Klassen AHS und NMS ein signifikantes Ergebnis ( $U = 391,5$ ;  $p = 0,023$ ;  $r = -0,26$ ). Die Berechnung der mittleren Ränge ergab für die AHS 44,98 und für die NNS 33,33. Ein Vergleich der beiden zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse AHS im Durchschnitt ein höheres Gesamtergebnis erreicht haben. Gemäß den Richtlinien zur Interpretation von Effektstärken nach Cohen entspricht  $r$  einem Effekt kleiner bis mittlerer Größe.<sup>155</sup> Im Mittel erreichte die 2. Klasse AHS ein Gesamtergebnis von  $2,87 \pm 1,5$  und die Schülerinnen und Schüler der 2. Klassen NMS ein Gesamtergebnis von  $2,16 \pm 1,1$ .

### *Persönliche Einstellung*

Signifikante Ergebnisse bei der Shapiro-Wilk- und Kolmoroy-Smirnov-Testung zeigen, dass die Voraussetzung für die Normalverteilung verletzt ist. Die Varianzhomogenität dagegen ist aufgrund eines nicht signifikanten Levene-Tests gegeben. Wie bereits zuvor wird aufgrund der großen Stichprobe die Voraussetzungsverletzung durch die Normalverteilung vernachlässigt und ein t-Test sowie zur Absicherung der Ergebnisse ein U-Test durchgeführt. Der t-Test lieferte für Frage 2 (Interesse) ein signifikantes Ergebnis ( $t(71) = 3,18$ ;  $p = 0,002$ ;  $d = 0,8$ ). Der U-Test zeigt, neben Frage 2 ( $U = 337,000$ ;  $p = 0,004$ ;  $r = -0,34$ ), auch ein signifikantes Ergebnis für Frage 5 (Wichtigkeit) ( $U = 391,000$ ;  $p = 0,026$ ;  $r = -0,26$ ). Ein Vergleich der mittleren Ränge bei Frage 2, NMS = 41,76 und AHS = 26,65, lässt erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse NMS im Mittel mehr Interesse an den Inhalten der Physikstunde haben als die der AHS. Eine ähnliche Tendenz lässt sich auch bezüglich der Einschätzung der Wichtigkeit des Unterrichtsfaches Physik finden (NMS = 40,68 und AHS = 29,00). Nach Cohen kann bei der t-Testung mit einem  $d$  von 0,8 eine große Effektstärke angenommen werden, während beim U-Test bei Frage 2 mit  $r = 0,34$  von einer mittleren bis großen und bei Frage 5 mit  $r = 0,26$  von einer kleinen bis mittleren Effektstärke gesprochen werden kann.<sup>156</sup>

---

<sup>155</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79f.

<sup>156</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79-83.

### 3.Klasse

#### *Gesamtergebnis*

Die resultierenden Daten zeigen ein metrisches Skalenniveau und die 3. Klassen der NMS und AHS sind voneinander unabhängige Gruppen. Da jedoch aufgrund signifikanter Ergebnisse beim Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test sowie beim Levene-Test weder die Voraussetzung der Normalverteilung der Variable Gesamtergebnis über die 3. Klasse der AHS und NMS noch die Varianzhomogenität gegeben sind, wird für die Berechnungen anstatt eines t-Tests ein U-Test durchgeführt. Dieser lieferte ein signifikantes Ergebnis ( $U = 85,000$ ;  $p = 0,000$ ;  $r = -0,69$ ), bei mittleren Rängen von 47,96 für die AHS und 22,18 für die NMS. Der Vergleich der mittleren Ränge zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse AHS im Mittel ein weitaus besseres Ergebnis im Gesamtergebnis erzielt haben als die der 3. Klasse NMS. Bei einem  $r$  von 0,69 kann hierbei nach Cohen von einer großen Effektstärke ausgegangen werden.<sup>157</sup> Die getroffene Aussage wird durch die Mittelwerte des Gesamtergebnisses, welcher bei den Schülerinnen und Schülern der 3. Klasse NMS  $2,38 \pm 1,29$  und bei den Schülerinnen und Schülern der 3. Klasse AHS  $5,42 \pm 1,95$  betragen, bestätigt.

#### *Persönliche Einstellung*

Wie bereits beim Gesamtergebnis lieferten sowohl der Levene-Test als auch der Shapiro-Wilk-Test und der Kolmogorov-Smirnov-Test signifikante Ergebnisse hinsichtlich der fünf Fragen zur persönlichen Einstellung, wodurch sowohl die Voraussetzung für die Normalverteilung als auch die Varianzhomogenität verletzt sind. Erneut muss statt des t-Tests der nicht parametrische Mann-Whitney-U-Test herangezogen werden. Dieser ergab lediglich für Frage 5 (Wichtigkeit) ein signifikantes Ergebnis ( $U = 315,000$ ;  $p = 0,026$ ;  $r = -0,16$ ). Aus den mittleren Rängen, AHS = 38,38 und NMS = 28,08, geht hervor, dass die Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse AHS das Unterrichtsfach Physik im Durchschnitt als wichtiger empfinden als die Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse NMS. Gemäß den Richtlinien zur Interpretation von Effektstärken nach Cohen entspricht ein  $r$  von 0,16 einer Effektstärke kleiner bis mittlerer Größe.<sup>158</sup>

---

<sup>157</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79f.

<sup>158</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79f.

## 4.Klasse

### *Gesamtergebnis*

Die Voraussetzungsprüfung für die Normalverteilung der Variablen Gesamtergebnis über die 4. Klasse der AHS und NMS mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und Shapiro-Wilk-Test lieferte bezüglich der beiden Gruppen unterschiedliche Ergebnisse. Während bei der 4. Klasse AHS von normalverteilten Daten ausgegangen werden kann, ist dies für die 4. Klasse NMS nicht der Fall. Ein signifikanter Levene-Test zeigt zudem, dass die Varianzhomogenität nicht gegeben ist und daher ein U-Test für die Berechnungen herangezogen werden muss. Bei mittleren Rängen von 42,75 für die AHS und 28,49 für die NMS lieferte dieser bezüglich des Unterschiedes im Gesamtergebnis zwischen den 4. Klassen der NMS und AHS ein signifikantes Ergebnis ( $U = 229,500$ ;  $p = 0,005$ ;  $r = -0,35$ ). Vergleicht man die mittleren Ränge, zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der 4. Klasse AHS im Mittel bessere Ergebnisse im Gesamtergebnis erzielten als die aus der 4. Klasse NMS. Bei einem  $r$  von 0,35 kann man nach Cohen von einer mittleren Effektstärke ausgehen.<sup>159</sup> Dieses Ergebnis spiegeln auch die Mittelwerte der Ergebnisse im Gesamtergebnis wider. Bei den 4. Klassen NMS lag dieser bei  $2,61 \pm 1,26$  und bei der AHS bei  $4,17 \pm 2,15$ .

### *Persönliche Einstellung*

Anhand eines nicht signifikanten Levene-Tests konnte gezeigt werden, dass die Varianzhomogenität für die Fragen 1 und 3-5 bezüglich der persönlichen Einstellung gegeben ist. Sowohl im Shapiro-Wilk-Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test weisen jedoch beide Gruppen ein signifikantes Ergebnis auf, womit die Voraussetzung der Normalverteilung verletzt ist. Bei großen Stichproben können einzelne Voraussetzungsverletzungen vernachlässigt werden, weshalb trotz nicht normalverteilter Daten ein t-Test für die Fragen 1 und 3-5 angewendet werden kann.<sup>160</sup> Für Frage 2 sowie zur Absicherung der Ergebnisse aus dem t-Test wird mit einem Mann-Whitney-U-Test gerechnet. Sowohl der t-Test als auch der U-Test lieferten für Frage 1 (Noten) ein signifikantes Ergebnis ( $t(62) = 4,41$ ;  $p = 0,000$ ;  $d = 1,2$ ) und ( $U = 167,000$ ;  $p = 0,000$ ;  $r = -0,27$ ), mit mittleren Rängen von 37,87 für die AHS und 18,78 für die NMS. Die weitaus höheren mittleren Ränge für die Schülerinnen und Schüler der 4. Klasse AHS lassen den Schluss zu, dass deren Ambition, für den Physikunterricht zu lernen, um eine gute Note zu bekommen, höher ist als die der Schülerinnen und Schüler der NMS. Frage 3 (Schwierigkeit)

---

<sup>159</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79f.

<sup>160</sup> Field, Discovering statistics, 233-236.

lieferte ebenfalls ein signifikantes Ergebnis ( $t(62) = 2,86$ ;  $p = 0,000$ ;  $d = 0,8$  und  $U = 234,500$ ;  $p = 0,006$ ;  $r = -0,20$ ) und es ergab sich ein mittlerer Rang von 36,40 für die AHS und 22,53 für die NMS. Ein Vergleich der mittleren Ränge zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler der 4. Klasse NMS mehr Schwierigkeiten haben den Inhalten des Physikunterrichts zu folgen als die der AHS. Schließlich konnte auch noch bei Frage 4 (Vorfreude) ein signifikantes Ergebnis ( $t(62) = -2,25$ ;  $p = 0,028$ ;  $d = -0,6$  und  $U = 261,000$ ;  $p = 0,021$ ;  $r = -0,16$ ) festgestellt werden. Die mittleren Ränge, bei den Schülerinnen und Schülern der 4. Klasse NMS 29,18 und bei den Schülerinnen und Schülern der 4. Klasse AHS 40,97, veranschaulichen, dass sich die Schülerinnen und Schüler der NMS im Mittel weniger auf die kommende Physikstunde freuen. Gemäß den Richtlinien zur Interpretation von Effektstärken nach Cohen entspricht  $r$ , welches bei den drei signifikanten Ergebnissen zwischen 0,16 und 0,27 liegt, einem Effekt kleiner bis mittlerer Größe. Bei Cohens  $d$ , welches zwischen 0,6 und 1,2 liegt, kann von einer mittleren bis großen Effektstärke gesprochen werden.<sup>161</sup>

## Unterschiede zwischen den Bundesländern

### *Gesamtergebnis*

Ein signifikantes Ergebnis sowohl im Shapiro-Wilk Test als auch im Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p < 0,001$ ) deutet darauf hin, dass die Variable Gesamtergebnis innerhalb der Bundesländer nicht normalverteilt ist. Die Varianzhomogenität wurde durch einen nicht signifikanten Levene-Test bestätigt. Da die einfaktorielle Varianzanalyse ein robustes Verfahren ist, es sich um eine große Stichprobe handelt und alle anderen Voraussetzungen erfüllt sind, kann trotz verletzter Normalverteilungsbedingung eine ANOVA berechnet werden.<sup>162</sup> Trotzdem wurde zur Überprüfung auch noch ein H-Test durchgeführt. Beide Tests lieferten nicht signifikante Ergebnisse ( $F(2; 132) = 0,053$ ;  $p = 0,95$  und  $H = 1,38$ ;  $p = 0,502$ ), woraus sich schließen lässt, dass es hinsichtlich des Gesamtergebnisses keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Bundesländern gibt. Im Mittel erreichten die Schülerinnen und Schüler aus Wien ein Gesamtergebnis von  $2,42 \pm 0,99$ , die Schülerinnen und Schüler aus Niederösterreich einen von  $2,32 \pm 1,16$  und die Schülerinnen und Schüler aus Oberösterreich einen von  $2,37 \pm 1,40$ .

### *Persönliche Einstellung*

Signifikante Ergebnisse in Shapiro-Wilk- und Kolmogorov-Smirnov-Test zeigen, dass die Ergebnisse aus den fünf Fragen zur persönlichen Einstellung innerhalb keinem der Bundesländer

<sup>161</sup> Cohen, Statistical power analysis, 79-83.

<sup>162</sup> Field, Discovering statistics, 233-236.

normalverteilt sind. Die Berechnungen durch den Levene-Test lieferten nicht signifikante Ergebnisse und bestätigten somit die Varianzhomogenität. Aufgrund der gleichen Voraussetzungen erfolgten wie beim Gesamtergebnis eine Berechnung mittels ANOVA und eine Überprüfung mittels H-Test. Diese lieferten beide ein signifikantes Ergebnis für die Frage 2 (Interesse) ( $F(2; 132) = 6,382$ ;  $p = 0,002$ ;  $\eta^2 = 0,09$  und  $H = 11,737$ ;  $p = 0,003$ ;  $d = 0,5$ ) und für die Frage 4 (Vorfriede) ( $F(2; 132) = 11,317$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,15$  und  $H = 20,395$ ;  $p = 0,000$ ;  $d = 0,5$ ).

Um herauszufinden, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden, wurde im Rahmen einer Post-hoc Analyse der Gabriel-Test, welcher bei homogenen Varianzen und unterschiedliche Gruppengrößen Einsatz findet, durchgeführt. Dieser ergab, dass sich die Schülerinnen und Schüler aus Wien und Niederösterreich sowie aus Oberösterreich und Niederösterreich nicht signifikant voneinander unterscheiden ( $p > 0,05$ ). Ein signifikanter Unterschied bei Frage 2 und 4 wurde lediglich zwischen den Schülerinnen und Schüler aus Wien und Oberösterreich festgestellt. Die Mittlere Differenz (I-J) der Mittelwerte für Frage 2 (Interesse) von Schülerinnen und Schüler aus Wien und Oberösterreich liegt bei 0,903, was bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler aus Wien im Durchschnitt mehr Interesse an den Inhalten im Physikunterricht haben als die aus Oberösterreich. Ein ähnliches Ergebnis zeigt auch Frage 4 (Vorfriede), bei der die Mittlere Differenz (I-J) der Mittelwerte von Schülerinnen und Schülern aus Wien und Oberösterreich 1,286 beträgt. Dies lässt den Schluss zu, dass die Wiener Schülerinnen und Schüler mehr Vorfriede auf die kommende Physikstunde empfinden als die oberösterreichischen.

## 5.4 Forschungsfrage 4

### 2. Klasse NMS W

#### *Persönliche Einstellung*

Unterschiede zwischen der 2. Klasse NMS W und den 2. Klassen allgemein lassen sich, wie aus Tabelle 8 ablesbar, bei Frage 2 (Interesse), Frage 3 (Schwierigkeiten) und Frage 4 (Vorfriede) finden. So haben die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse im Durchschnitt mehr Interesse am Lernen der Inhalte im Physikunterricht, es fällt ihnen aber laut eigener Einschätzung schwerer, diesem zu folgen. Des Weiteren haben sie mehr Vorfriede auf die kommende Physikstunde.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	2. Klassen	2. Klasse NMS W
<b>Frage 1</b>	4,4 $\pm$ 1,5	4,6 $\pm$ 1,3	5,0 $\pm$ 1,1
<b>Frage 2</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,8 $\pm$ 1,5	<b>4,7<math>\pm</math>1,0</b>
<b>Frage 3</b>	2,8 $\pm$ 1,3	3,1 $\pm$ 1,4	<b>4,0<math>\pm</math>1,2</b>
<b>Frage 4</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,6 $\pm$ 1,6	<b>4,7<math>\pm</math>1,0</b>
<b>Frage 5</b>	3,9 $\pm$ 1,4	3,8 $\pm$ 1,6	4,2 $\pm$ 1,6

Tabelle 8: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 2. Klassen und 2. Klasse NMS W

### Physikalisches Wissen

Im Durchschnitt erreichen die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse NMS W ein Gesamtergebnis von  $2,4 \pm 0,9$  und liegen somit bis auf die Standardabweichung genau auf dem durchschnittlichen Ergebnis der 2. Klassen allgemein ( $2,4 \pm 1,3$ ). Wie aus Abbildung 11 ersichtlich wird, geben die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse NMS W bei Frage 1 und Frage 8 prozentuell gesehen häufiger eine korrekte Antwort ab. Bei den Fragen 2, 4 und 6 liegen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Klasse unter dem durchschnittlichen Ergebnis der 2. Klassen.

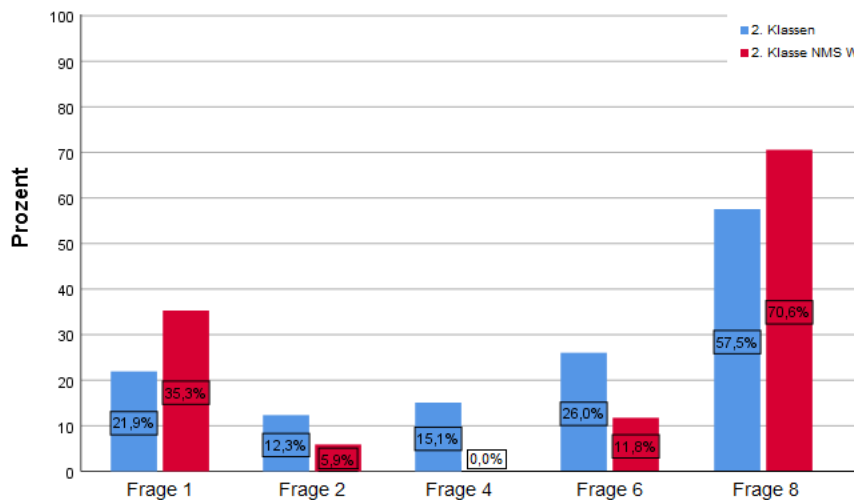


Abbildung 11: Prozentueller Anteil korrekter Antworten– Vergleich 2. Klassen und 2. Klasse NMS W

### 3. Klasse NMS W

#### *Persönliche Einstellung*

Wie aus Tabelle 9 ersichtlich, lässt sich zwischen der 3. Klasse NMS W und den 3. Klassen allgemein lediglich bei Frage 4 (Vorfriede) ein Unterschied feststellen. So zeigen die Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse NMS W mehr Vorfriede auf die kommende Physikstunde.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	3. Klassen	3. Klasse NMS W
<b>Frage 1</b>	4,4 $\pm$ 1,5	4,7 $\pm$ 1,2	5,0 $\pm$ 1,0
<b>Frage 2</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,5 $\pm$ 1,6	3,9 $\pm$ 1,5
<b>Frage 3</b>	2,8 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 1,4
<b>Frage 4</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,5 $\pm$ 1,4	<b>4,3<math>\pm</math>1,5</b>
<b>Frage 5</b>	3,9 $\pm$ 1,4	3,9 $\pm$ 1,3	3,9 $\pm$ 1,1

Tabelle 9: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 3. Klassen und 3. Klasse NMS W

#### *Physikalisches Wissen*

Durchschnittlich erreichen die Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse NMS W im Gesamtergebnis  $2,4 \pm 1,3$  Punkte und liegen damit unter dem durchschnittlichen Ergebnis der 3. Klassen allgemein ( $3,5 \pm 2,1$ ). Wie aus Abbildung 12 ersichtlich wird, beantworteten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 3. Klasse NMS W sieben der neun Fragen zum physikalischen Wissen deutlich seltener korrekt als die 3. Klassen allgemein.

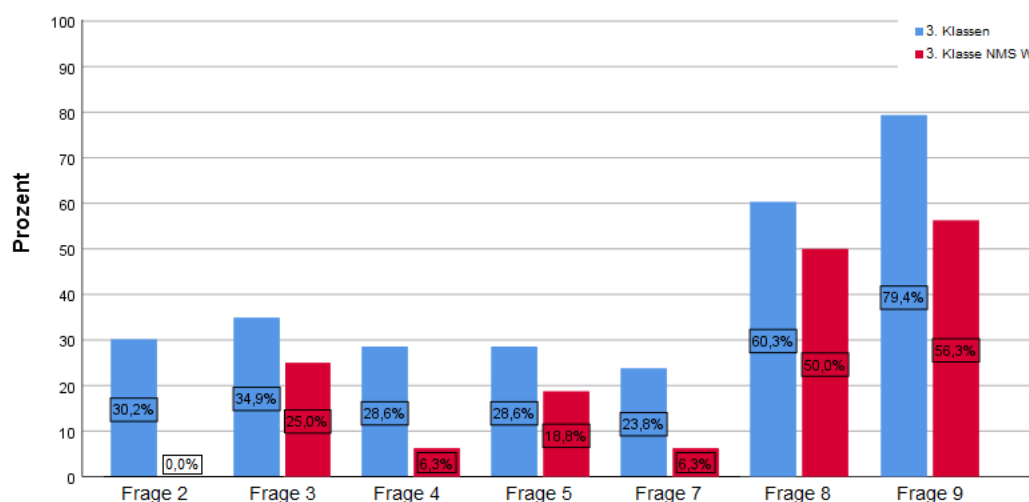


Abbildung 12: Prozentueller Anteil korrekter – Vergleich 3. Klassen und 3. Klasse NMS W



## 4. Klasse NMS W

### *Persönliche Einstellung*

Die persönliche Einstellung der 4. Klasse NMS W weicht bei Frage 2 (Interesse) vom allgemeinen Antwortverhalten der 4. Klassen ab (vgl. Tabelle 10). So haben die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse im Durchschnitt mehr Interesse am Lernen der Inhalte im Physikunterricht.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	4. Klassen	4. Klasse NMS W
Frage 1	4,4 $\pm$ 1,5	3,7 $\pm$ 1,7	3,5 $\pm$ 1,6
Frage 2	3,6 $\pm$ 1,5	3,4 $\pm$ 1,5	<b>4,0<math>\pm</math>1,4</b>
Frage 3	2,8 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 1,2	2,3 $\pm$ 1,0
Frage 4	3,6 $\pm$ 1,5	3,8 $\pm$ 1,6	4,0 $\pm$ 1,7
Frage 5	3,9 $\pm$ 1,4	4,2 $\pm$ 1,4	4,5 $\pm$ 1,5

Tabelle 10: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 4. Klassen und 4. Klasse NMS W

### *Physikalisches Wissen*

Das Gesamtergebnis der 4. Klasse NMS W liegt im Mittel bei  $2,5 \pm 0,8$  Punkten und somit unter dem durchschnittlichen Ergebnis der 4. Klassen allgemein ( $3,1 \pm 1,7$ ). Dies lässt sich auch aus Abbildung 13 nachvollziehen. So antworteten die Schülerinnen und Schüler der 4. Klasse NMS W lediglich bei Frage 8 prozentuell häufiger richtig als die 4. Klassen allgemein und bei Frage 1-3, 6 und 9 deutlich weniger oft.

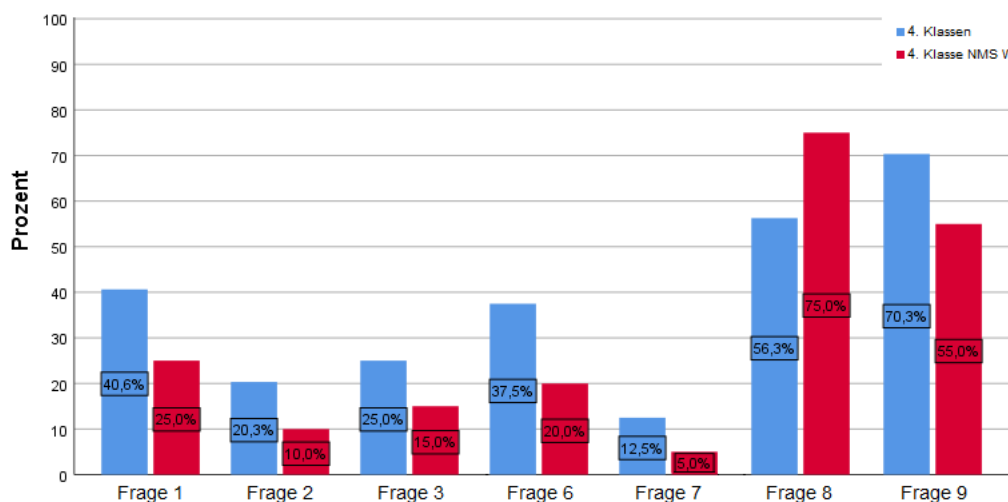


Abbildung 13: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 4. Klassen und 4. Klasse NMS W

## 2. Klasse AHS OÖ

### *Persönliche Einstellung*

Unterschiede zwischen der 2. Klasse AHS OÖ und den 2. Klassen allgemein lassen sich, wie aus Tabelle 11 ablesbar, lediglich bei Frage 2 (Interesse) feststellen. So haben die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse im Durchschnitt weniger Interesse am Lernen der Inhalte im Physikunterricht.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	2. Klassen	2. Klasse AHS OÖ
<b>Frage 1</b>	4,4 $\pm$ 1,5	4,6 $\pm$ 1,3	4,9 $\pm$ 1,1
<b>Frage 2</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,8 $\pm$ 1,5	<b>3,0<math>\pm</math>1,6</b>
<b>Frage 3</b>	2,8 $\pm$ 1,3	3,1 $\pm$ 1,4	3,0 $\pm$ 1,2
<b>Frage 4</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,6 $\pm$ 1,6	3,2 $\pm$ 1,5
<b>Frage 5</b>	3,9 $\pm$ 1,4	3,8 $\pm$ 1,6	3,2 $\pm$ 1,3

Tabelle 11: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 2. Klassen und 2. Klasse AHS OÖ

### *Physikalisches Wissen*

Im Durchschnitt erreichten die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse AHS OÖ  $2,9 \pm 1,5$  Punkte und liegen somit über dem durchschnittlichen Ergebnis der 2. Klassen allgemein ( $2,4 \pm 1,3$ ). Wie aus Abbildung 14 ersichtlich wird, geben die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse AHS OÖ bei Frage 3 und 9 sowie besonders markant bei Frage 4 und 6 prozentuell gesehen häufiger eine korrekte Antwort ab. Bei Frage 1 hingegen lagen deren Ergebnisse unter dem allgemeinen Ergebnis der 2. Klassen.

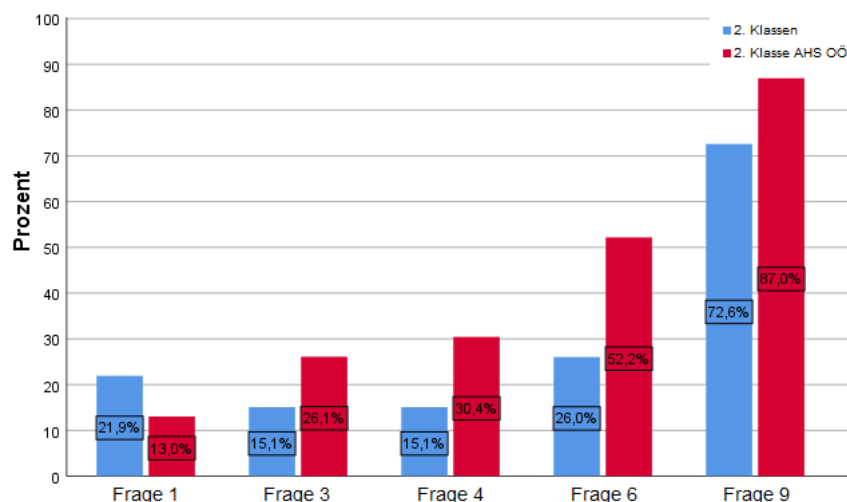


Abbildung 14: Prozentueller Anteil korrekter auf Antworten – Vergleich 2. Klassen und 2. Klasse AHS OÖ

### 3. Klasse AHS OÖ

#### *Persönliche Einstellung*

Wie aus Tabelle 12 ersichtlich, lässt sich zwischen der 3. Klasse AHS OÖ und den 3. Klassen allgemein bei keinem der fünf Fragen zur persönlichen Einstellung eine besondere Abweichung erkennen.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	3. Klassen	3. Klasse AHS OÖ
<b>Frage 1</b>	4,4 $\pm$ 1,5	4,7 $\pm$ 1,2	5,1 $\pm$ 1,0
<b>Frage 2</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,5 $\pm$ 1,6	3,9 $\pm$ 1,5
<b>Frage 3</b>	2,8 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 1,3	2,3 $\pm$ 1,1
<b>Frage 4</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,5 $\pm$ 1,4	3,7 $\pm$ 1,1
<b>Frage 5</b>	3,9 $\pm$ 1,4	3,9 $\pm$ 1,3	4,3 $\pm$ 1,0

Tabelle 12: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 3. Klassen und 3. Klasse AHS OÖ

#### *Physikalisches Wissen*

Durchschnittlich erreichen die Schülerinnen und Schüler der 3. Klasse AHS OÖ im Gesamtergebnis  $5,4 \pm 2,0$  Punkte und liegen damit deutlich über dem durchschnittlichen Ergebnis der 3. Klassen allgemein ( $3,5 \pm 2,1$ ). Dies lässt sich auch an den Ergebnissen aus Abbildung 15 erkennen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der 3. Klasse AHS OÖ antworten auf acht der neun Fragen prozentuell gesehen häufiger korrekt als die 3. Klassen allgemein.

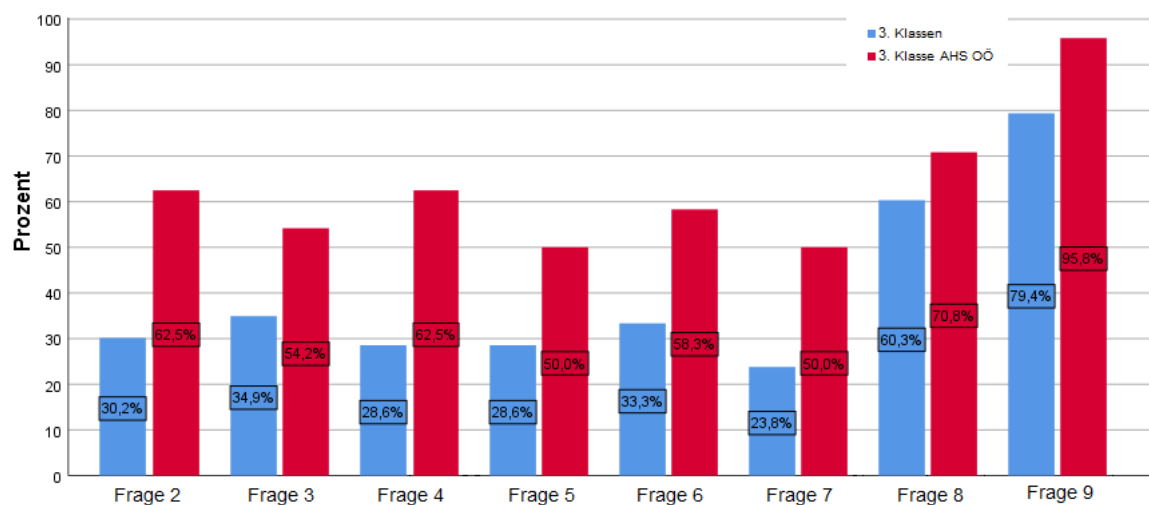


Abbildung 15: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 3. Klassen und 3. Klasse AHS OÖ

## 4. Klasse AHS OÖ

### *Persönliche Einstellung*

Die persönliche Einstellung der 4. Klasse AHS OÖ weicht bei Frage 1 (Note) deutlich vom Antwortverhalten der 4. Klassen ab (vgl. Tabelle 13). Für die Schülerinnen und Schüler der Klasse trifft es im Durchschnitt weniger stark zu, im Physikunterricht für eine gute Note zu lernen als in den 4. Klassen allgemein.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	4. Klassen	4. Klasse AHS OÖ
<b>Frage 1</b>	4,4 $\pm$ 1,5	3,7 $\pm$ 1,7	<b>2,4<math>\pm</math>1,5</b>
<b>Frage 2</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,4 $\pm$ 1,5	3,2 $\pm$ 2,0
<b>Frage 3</b>	2,8 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 1,2	2,0 $\pm$ 1,0
<b>Frage 4</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,8 $\pm$ 1,6	4,4 $\pm$ 1,7
<b>Frage 5</b>	3,9 $\pm$ 1,4	4,2 $\pm$ 1,4	4,4 $\pm$ 1,7

Tabelle 13: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 4. Klassen und 4. Klasse AHS OÖ

### *Physikalisches Wissen*

Das Gesamtergebnis der 4. Klasse AHS OÖ liegt im Mittel bei  $4,2 \pm 2,1$  Punkten und somit über dem durchschnittlichen Ergebnis der 4. Klassen allgemein ( $3,1 \pm 1,7$ ). Die lässt sich auch anhand der prozentuellen Anteile an korrekten Antworten, dargestellt in Abbildung 16, nachvollziehen. Die Schülerinnen und Schüler der 4. Klasse AHS OÖ antworten auf sechs der neun Fragen häufiger korrekt als die 4. Klassen allgemein.

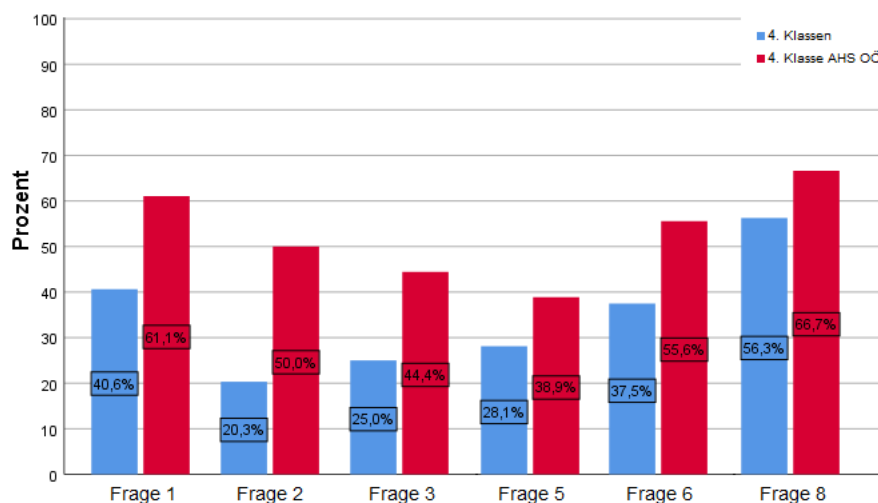


Abbildung 16: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 4. Klassen und 4. Klasse AHS OÖ

## 2. Klasse NMS NÖ:

### *Persönliche Einstellung*

Unterschiede zwischen der 2. Klasse NMS NÖ und den 2. Klassen allgemein lassen sich, wie aus Tabelle 14 ablesbar, in den Fragen 2 (Interesse), Frage 3 (Schwierigkeiten) und Frage 4 (Vorfriede) finden. So haben die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse im Durchschnitt mehr Interesse am Lernen der Inhalte im Physikunterricht, es fällt ihnen aber laut eigener Einschätzung schwerer, diesen zu folgen. Des Weiteren haben sie mehr Vorfriede auf die kommende Physikstunde.

	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	2. Klassen	2. Klasse NMS NÖ
<b>Frage 1</b>	4,4 $\pm$ 1,5	4,6 $\pm$ 1,3	5,0 $\pm$ 1,6
<b>Frage 2</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,8 $\pm$ 1,5	<b>4,9<math>\pm</math>0,9</b>
<b>Frage 3</b>	2,8 $\pm$ 1,3	3,1 $\pm$ 1,4	<b>1,8<math>\pm</math>0,8</b>
<b>Frage 4</b>	3,6 $\pm$ 1,5	3,6 $\pm$ 1,6	<b>4,8<math>\pm</math>1,0</b>
<b>Frage 5</b>	3,9 $\pm$ 1,4	3,8 $\pm$ 1,6	4,5 $\pm$ 1,3

Tabelle 14: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 2. Klassen und 2. Klasse NMS NÖ

### *Physikalisches Wissen*

Im Durchschnitt erreichten die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse NMS NÖ  $2,5 \pm 1,6$  Punkte und liegen somit knapp über dem durchschnittlichen Ergebnis der 2. Klassen allgemein ( $2,4 \pm 1,3$ ). Wie aus Abbildung 17 ersichtlich wird, geben die Schülerinnen und Schüler der 2. Klasse NMS NÖ bei den Fragen 1 und 9 prozentuell gesehen häufiger eine korrekte Antwort ab. Bei den Fragen 3 und 5 lagen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Klasse unter dem Ergebnis der 2. Klassen allgemein.

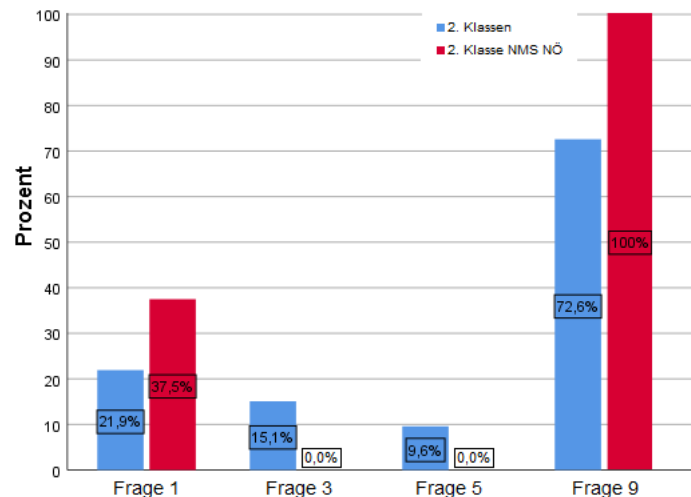


Abbildung 17 Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 2. Klassen und 2. Klasse NMS NÖ

#### 4. Klasse NMS NÖ:

##### *Persönliche Einstellung*

Wie aus Tabelle 9 ersichtlich, lässt sich zwischen der 4. Klasse NMS NÖ und den 4. Klassen allgemein bei Frage 1 (Noten), Frage 3 (Schwierigkeiten), Frage 4 (Vorfreude) und Frage 5 (Wichtigkeit) ein Unterschied feststellen. So geben die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse häufiger an, im Physikunterricht für eine gute Note zu lernen, während sie gleichzeitig mehr Schwierigkeiten mit dessen Inhalten haben. Auch freuen sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 4. Klasse NMS NÖ weniger auf die kommende Physikstunde und sehen das Unterrichtsfach als nicht so wichtig an wie die Schülerinnen und Schüler der 4. Klassen allgemein.

	Mittelwert ± Standardabweichung		
	Gesamte Stichprobe	4. Klassen	4. Klasse NMS NÖ
<b>Frage 1</b>	4,4±1,5	3,7±1,7	<b>5,0±0,6</b>
<b>Frage 2</b>	3,6±1,5	3,4±1,5	2,7±0,5
<b>Frage 3</b>	2,8±1,3	2,7±1,2	<b>3,8±0,8</b>
<b>Frage 4</b>	3,6±1,5	3,8±1,6	<b>2,7±1,0</b>
<b>Frage 5</b>	3,9±1,4	4,2±1,4	<b>3,2±1,0</b>

Tabelle 15: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 4. Klassen und 4. Klasse NMS NÖ

## Physikalisches Wissen

Das Gesamtergebnis der 4. Klasse NMS NÖ liegt im Mittel bei  $2,2 \pm 1,0$  Punkten und somit unter dem durchschnittlichen Ergebnis der 4. Klassen allgemein ( $3,1 \pm 1,7$ ). Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 4. Klasse NMS NÖ antworten bei Frage 1 prozentuell gesehen häufiger korrekt als die 4. Klassen allgemein, während sie bei Frage 2 sowie 7-9 deutlich weniger oft korrekt antworten. (vgl. Abbildung 18).

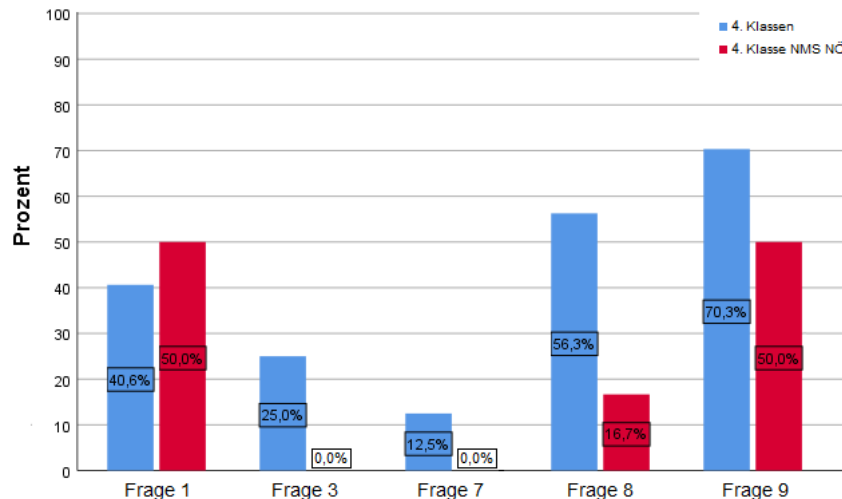


Abbildung 18: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 4. Klassen und 4. Klasse NMS NÖ

## 5.5 Forschungsfrage 5

In Tabelle 16 sind die Ergebnisse der Berechnungen der Schwierigkeitsindex  $p$  sowie des Diskriminationsindex  $D$  für die neun Fragen aus dem zweiten Abschnitt des für diese Arbeit eingesetzten Fragebogens aufgelistet.

	Schwierigkeitsindex $p$	Diskriminationsindex $D$
Frage 1	0,31	0,38
Frage 2	0,21	0,42
Frage 3	0,25	0,50
Frage 4	0,19	0,52
Frage 5	0,22	0,44
Frage 6	0,32	0,60
Frage 7	0,16	0,44
Frage 8	0,58	0,54
Frage 9	0,74	0,40

Tabelle 16: Schwierigkeitsindex und Diskriminationsindex der Fragen 1

## 6 Interpretation der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse aus der Erhebung interpretiert und vor dem Literaturhintergrund analysiert, um die fünf aufgestellten Forschungsfragen zu beantworten.

### 6.1 Forschungsfrage 1

**Welche bereits aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen lassen sich innerhalb der an der Erhebung teilnehmenden Schülerinnen und Schüler sowie genauer in den jeweiligen Schulstufen und Schulen finden?**

Die Auswertung der Daten zeigt, dass die am meisten verbreiteten und hartnäckigsten Vorstellungen unter den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern den Begriff „Wärme“ betreffen. Zentral ist hierbei die Vorstellung von Wärme als etwas Stofflichem. Recht deutlich zeigt sich dies im Antwortverhalten auf Frage 4, bei dem 51% (vgl. Tabelle 2) der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Überzeugung waren, dass Metallstühle kälter sind, weil sie weniger Wärme beinhalten als jene aus Plastik. Die sehr hartnäckige Vorstellung eines solchen „Wärmestoffes“ und darüber, dass Körper ein Gemisch aus „Wärme“ und „Kälte“ in sich tragen, das bestimmt, welche Temperatur der Körper hat, findet sich insbesondere in der Primarstufe, jedoch auch noch in der Sekundarstufe I. Als eine mögliche Ursache für diese quasistoffliche Vorstellung und die damit verbundenen Schwierigkeiten mit dem Wärmebegriff kann die physikalische Fachsprache mit Begriffen wie „spezifische Wärmekapazität“ oder „Wärmemenge“ angenommen werden, diese ist somit lehrbedingt.<sup>163</sup> Diese Substanzvorstellung tritt verstärkt in den drei teilnehmenden NMS auf, was sich dadurch zeigt, dass diese häufiger jene Antworten als richtig auswählen, in denen diese quasistoffliche Vorstellung suggeriert wird. Eine interessante Beobachtung dabei ist, dass die verschiedenen Mittelschulen ihre Wärmestoffvorstellung zu unterschiedlichen Ausgangssituationen anwenden, ersichtlich durch einschlägige Antworten bei jeweils verschiedenen Fragen.

Eng mit dieser ersten Schülervorstellung verbunden ist die ebenfalls häufig gefundene Vorstellungen von einer „Kältesubstanz“, welche einen Gegensatz zur „Wärme“ darstellt. Mehr als die Hälfte der Befragten (vgl. Tabelle 2) entscheiden sich bei Frage 2 für die Antwort, dass Kälte von der Dose auf die Tischstelle übertragen wurde. Die häufige Auswahl von Antwort d) bei Frage 5 oder Antwort b) bei Frage 3 lässt zudem die Vermutung zu, dass rund ein Drittel

---

<sup>163</sup> Fischler, Schecker, Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme, 149f.



der Befragten nicht von Wärmeleitung, sondern stattdessen von einem umgekehrten Prozess, von Duit als sogenannte „Kälteleitung“ bezeichnet<sup>164</sup>, ausgehen. Besonders oft findet sich ein Antwortverhalten, welches auf solche Vorstellungen schließen lässt, unter den Schülerinnen und Schülern der NMS NÖ sowie allgemeiner unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus den 2. Klassen. Auch in der NMS W und der AHS OÖ treten solche Vorstellungen verstärkt zutage.

Eine weitere Ansammlung von Schülervorstellungen, die sich in der Analyse der Daten häufig gezeigt hat, betrifft die thermischen Eigenschaften von Stoffen. Zentral sind hierbei die Vorstellungen von Materialien wie Metall oder Eis als „kalte“ Stoffe beziehungsweise Plastik oder Holz als „warme“ Stoffe. Deutlich zeigt sich dies im bereits dargelegten Antwortverhalten zu Frage 4 oder auch darin, dass zirka ein Drittel der Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei Frage 7 Antwort a) (der Holzstiel wird nicht so kalt wie das Eis) ausgewählt haben. Die häufige Auswahl von Antwort b) auf Frage 8 lässt Rückschlüsse darauf zu, dass die von Yeo und Zadnik festgestellte Vorstellung, dass viele Schülerinnen und Schüler der Meinung sind, dass manche Stoffe schwer aufzuwärmen sind, da sie Wärme nicht halten können, auch in dieser Stichprobe zu finden ist.<sup>165</sup> Die Vorstellung einer aktiv wärmenden Eigenschaft, wie beispielsweise von Wolle, konnte in der Gesamtstichprobe nicht festgestellt werden. Lediglich in den 2. Klassen und der NMS OÖ zeigte sich diese Vorstellungen durch die häufigere Auswahl von Antwort a) bei Frage 6. Zurückführen lassen sich diese weitverbreitenden Vorstellungen zu thermischen Eigenschaften von Stoffen auf die Alltagssprache, vereinfachte Deutungen von Alltagserfahrungen wie zum Beispiel das Berühren metallischer Gegenstände oder Ähnlichem und einer fehlenden beziehungsweise inkonsistenten Aufarbeitung im Physikunterricht.<sup>166</sup>

Das Antwortverhalten bei Frage 3, wo rund ein Viertel der Befragten glauben, dass die Temperatur des Eies auf das Wasser übertragen wurde, lässt den Schluss zu, dass auch bezüglich des Temperaturbegriffs Schülervorstellungen existieren. So werden Temperatur und Wärme, wie häufig in der Literatur beschrieben, als Synonyme angesehen. Auch der Umgang mit der Temperatur von Gegenständen bei Mischvorgängen, welcher nach Duit bei Schülerinnen und Schülern bis 13 Jahren zu Schwierigkeiten führt<sup>167</sup>, kann hierbei als problembehaftet angesehen werden.

---

<sup>164</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 197.

<sup>165</sup> Yeo, Zadnik, Introductory thermal concept evaluation, 498.

<sup>166</sup> Fischer, Schecker, Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme, 151.

<sup>167</sup> Duit, Wärmeverstellungen, 197.

Eine Schwierigkeit, welche lediglich in der NMS W nachgewiesen werden konnte, betrifft den Wärmeleitungsvorgang aus Frage 9. Beinahe ein Viertel der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler aus dieser Bildungseinrichtung entscheiden sich dafür, dass die äußeren Murmeln zuerst runter fallen werden. Dies könnte möglicherweise mit konzeptuellen Schwierigkeiten im Hinblick auf die Idee des Wärmetransports zusammenhängen, welche nach Duit etwa im Alter von elf Jahren voll aufgebaut sein sollte.<sup>168</sup>

## 6.2 Forschungsfrage 2

### **Findet sich eine Korrelation zwischen den Fragen zur persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Gesamtergebnis?**

Wie aus der Analyse der ersten beiden Fragen zur persönlichen Einstellung hervorgeht, lernen Schülerinnen und Schüler eher, um eine gute Schulnote zu erhalten, als aus Interesse an den im Unterricht vorgestellten Inhalten. Zurückzuführen könnte dies möglicherweise auf die problematische Gewichtung von Schulnoten innerhalb des österreichischen Bildungssystem sein. Ein Grund für das geringere Interesse an den Inhalten könnte aber auch die Unterrichtsaufbereitung der Lehrkraft oder diese selbst sein. Die Tatsache, dass Schülerinnen und Schüler Physik mehr als ein wichtiges Unterrichtsfach sehen als sich auf die kommende Physikstunde zu freuen, kann seine Ursachen darin haben, dass der Unterrichtsstoff nicht interessant vermittelt wird, problematische Schüler-Lehrer-Beziehungen vorliegen oder dass die Relevanz des theoretischen Wissens um physikalische Vorgänge im täglichen praktischen Leben von Schülerinnen und Schülern nicht gegeben ist oder nicht erkannt wird. Gleichzeitig kann aber trotzdem auch ein allgemeines Interesse an den Inhalten beziehungsweise die Einsicht in die Notwendigkeit des Erlernens dieser Inhalte festgestellt werden, was möglicherweise an dem Bewusstsein liegt, diese Inhalte für eine spätere berufliche Ausbildung zu benötigen. Dass mehr als die Hälfte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer überzeugt ist, keine Schwierigkeiten zu haben, den Inhalten des Physikunterrichts zu folgen, kann durchaus positiv wahrgenommen werden. Wie aus der Korrelationstestung und dem Gesamtergebnis hervorgeht, muss diese Selbsteinschätzung jedoch mit Vorsicht gesehen werden.

- H0: Es gibt keine Korrelation zwischen der persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Gesamtergebnis.

---

<sup>168</sup> Duit, Wärmevorstellungen, 195.

- H1: Es gibt eine Korrelation zwischen der persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Gesamtergebnis.

Die Hypothesentestung bezüglich des Zusammenhanges zwischen dem Antwortverhalten auf die fünf Fragen der persönlichen Einstellung und dem erreichten Gesamtergebnis lieferte lediglich für die Frage 3 (Schwierigkeiten) ein signifikantes Ergebnis. Die so festgestellte Negativkorrelation zeigt den durchaus logischen Zusammenhang, dass Schülerinnen und Schüler, die sich selbst mehr Schwierigkeiten mit den Inhalten im Physikunterricht zuschreiben, im Schnitt ein schlechteres Gesamtergebnis lieferten als diejenigen, welche sich bei dieser Frage besser einschätzen. Abgesehen von der Erwartbarkeit dieser Ergebnisse ist interessant zu sehen, wie gut die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler bezüglich ihrer eigenen Schwierigkeiten und Verständnisprobleme ausgeprägt ist.

Auch die nicht signifikanten Ergebnisse bei der Korrelationstestung lassen interessante Schlüsse zu. So zeigt die persönliche Einstellung bezüglich der vier anderen Fragen, auch wenn es darin um das Interesse an den Inhalten des Physikunterrichts oder die Einschätzung der Wichtigkeit des Faches geht, keinerlei Zusammenhang mit dem erreichten Gesamtergebnis. Die gefundene Korrelation zwischen Frage 3 (Schwierigkeit) und dem Gesamtergebnis zeigt lediglich eine Negativkorrelation, was bedeutet, dass jene Schülerinnen und Schüler, die meinen, keine oder nur wenige Schwierigkeiten mit den Inhalten des Physikunterrichts zu haben, dies nicht mit einem besseren Gesamtergebnis beweisen konnten.

### 6.3 Forschungsfrage 3

**Lassen sich geschlechts-, alters-, schultyp- und bundeslandspezifische Unterschiede bezüglich des Gesamtergebnisses und der persönlichen Einstellung feststellen?**

#### **Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern**

Zu den geschlechtsspezifischen Unterschieden hinsichtlich des Gesamtergebnisses und den fünf Fragen zur persönlichen Einstellung wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H0: Es gibt keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich des Gesamtergebnisses.  
H1: Es gibt geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich des Gesamtergebnisses.
- H0: Es gibt keine geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der persönlichen Einstellungen.

H1: Es gibt geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der persönlichen Einstellungen.

### **Gesamtergebnis**

Aufgrund des nicht signifikanten Ergebnisses konnten keine Unterschiede hinsichtlich des Gesamtergebnisses zwischen den beiden Geschlechtern festgestellt und die Nullhypothese H0 beibehalten werden. Diesem Ergebnis kann die Vermutung zugrunde gelegt werden, dass sich Schülervorstellungen bei Schülerinnen und Schülern im gleichen Maße entwickeln. Des Weiteren könnte es sich, auch wenn es sich nicht wie bei Martin Bader um einen Lernerfolgstest handelt, um eine, seinen Ergebnissen widersprechende, positive Entwicklung bezüglich der Leistungsdifferenz zwischen Schülerinnen und Schüler handeln.<sup>169</sup>

### **Persönliche Einstellung**

Bei den Fragen zur persönlichen Einstellung musste die Nullhypothese H0 für die Frage 2 (Interesse), die Frage 4 (Vorfreude) und die Frage 5 (Wichtigkeit) verworfen werden, während sie für die Fragen 1 (Note) und die Frage 3 (Schwierigkeit) beibehalten werden konnte. Dass Schüler größeres Interesse an den Inhalten des Physikunterrichts zeigen, sich mehr auf diesen freuen und dessen Inhalte wichtiger einschätzen, kann verschiedene Gründe haben. Eine Möglichkeit könnte der häufige Bezug auf technische Anwendungen im Physikunterricht sein. So hat auch Martin Bader festgestellt, dass durch die Einbeziehung von biologischen Sachverhalten eine Motivationssteigerung bei den Schülerinnen erreicht werden kann.<sup>170</sup> Eine ebenso wichtige Rolle könnten soziokulturelle Aspekte spielen. So werden Schülerinnen von wichtigen Identifikationsfiguren wie beispielsweise den Eltern oder den Lehrkräften vielfach eine geringere technische Begabung sowie geringeres Interesse an physikalischen Phänomenen zugeschrieben. Dies kann zum einen zur Folge haben, dass Schülerinnen von den Lehrkräften im Physikunterricht anders behandelt werden, zum anderen kann auch jegliches Interesse an einer physikalisch-technisch orientierten Laufbahn verloren gehen und so ein Desinteresse für den Physikunterricht und dessen Inhalten entstehen.

### **Unterschiede zwischen den Schulstufen**

Die Hypothesen bezüglich der einzelnen Schulstufen hinsichtlich des Gesamtergebnisses und den fünf Fragen zur persönlichen Einstellung lauten:

---

<sup>169</sup> Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges, 226.

<sup>170</sup> Bader, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges, 226.

- H0: Es gibt keine Unterschiede zwischen den Schulstufen bezüglich des Gesamtergebnisses.  
H1: Es gibt Unterschiede zwischen den Schulstufen bezüglich des Gesamtergebnisses.
- H0: Es gibt keine Unterschiede zwischen den Schulstufen hinsichtlich der persönlichen Einstellungen.  
H1: Es gibt Unterschiede zwischen den Schulstufen bezüglich der persönlichen Einstellungen.

### **Gesamtergebnis**

Da die Unterschiedstestung zwischen den Schulstufen ein signifikantes Ergebnis lieferte, wurde die Alternativhypothese H1 angenommen. Die bei den Schulstufen auftretenden Unterschiede im Gesamtergebnis können mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Einbettung der Thematik Wärmelehre in den Lehrplan zurückverfolgt werden. So wurde in der 3. Klasse zum Zeitpunkt der Erhebung, also gegen Ende des Schuljahrs, die Thematik als zentrales Modul des Lehrplans durchgearbeitet, während die Wärmelehre in der 2. Klasse nur in wenigen Aspekten behandelt wurde und in der 4. Klasse die Auseinandersetzung mit dem Thema bereits längere Zeit zurückliegt.

### **Persönliche Einstellung**

Die Nullhypothese H0 konnte für vier der fünf Fragen zur persönlichen Einstellung beibehalten werden. Lediglich bei Frage 1 (Noten) wurde die Alternativhypothese H1 angenommen. Das weitaus geringere Interesse der 4. Klassen daran, im Physikunterricht für eine gute Note zu lernen, könnte seinen Ursprung in einem mit steigender Schulstufe allgemein sinkendem Interesse an Noten beziehungsweise guten Noten haben oder möglicherweise auch an der Tatsache liegen, dass mit beginnender Pubertät andere Lebensbereiche wichtiger werden. Des Weiteren könnte dies bei gleichbleibendem Interesse an den Inhalten des Physikunterrichts auch ein Indiz für steigende Frustration gegenüber dem Beurteilungssystem sein.

### **Unterschiede zwischen den Schultypen**

Im Zuge der Untersuchung der Unterschiede zwischen den beiden Schultypen hinsichtlich des Gesamtergebnisses sowie den Fragen zur persönlichen Einstellung wurde auch ein Vergleich der Schulstufen des jeweiligen Schultyps angestellt. Folgende Hypothesen wurden überprüft:

- H0: Es gibt keine Unterschiede zwischen den Schultypen bezüglich des Gesamtergebnisses.

H1: Es gibt Unterschiede zwischen den Schultypen bezüglich des Gesamtergebnisses.

- H0: Es gibt keine Unterschiede zwischen den Schultypen hinsichtlich der persönlichen Einstellungen.

H1: Es gibt Unterschiede zwischen den Schultypen bezüglich der persönlichen Einstellungen.

- H0: Es gibt keine Unterschiede zwischen den einzelnen Schulklassen der jeweiligen Schultypen in Bezug auf die in den beiden ersten Hypothesen genannten Aspekte.

H1: Es gibt Unterschiede zwischen den einzelnen Schulklassen der jeweiligen Schultypen in Bezug auf die in den beiden ersten Hypothesen genannten Aspekte.

### **Gesamtergebnis**

Bezüglich der Unterschiede des Gesamtergebnisses zwischen den Schultypen wurde aufgrund des signifikanten Ergebnisses die Alternativhypothese H1 angenommen. Das bessere Abschneiden der Schülerinnen und Schüler aus der AHS bestätigt sich auch für jede der drei Schulstufen, wobei der Unterschied in der 3. und 4. Klasse größer ist als noch in der 2. Klasse. Ein möglicher Grund für das vorliegende Ergebnis könnte in der häufig unterschiedlichen Ausbildung der Lehrkräfte zu finden sein. Des Weiteren könnten die Aufnahmevoraussetzungen, welche zumindest für die an der Erhebung teilgenommenen AHS gelten, ausschlaggebend für das bessere Abschneiden sein. So werden von Beginn an lediglich Schülerinnen und Schüler mit guten Leistungen beziehungsweise guter Anpasstheit an das vorherrschende Bildungssystem aufgenommen. Mit dieser Aufnahmehürde geht auch eine Ungleichheit bezüglich des Anteils an Schülerinnen und Schülern mit der Muttersprache Deutsch einher. Diese Tatsache wurde sogar von einer der Lehrkräfte der NMS W hervorgehoben. Ein weiterer Grund für das unterschiedliche Abschneiden könnte in einer unterschiedlich hohen finanziellen Unterstützung für die jeweiligen Schultypen begründet liegen.

### **Persönliche Einstellung**

Bei der Hypothesentestung bezüglich der persönlichen Einstellung kam es zu unterschiedlichen Ergebnissen zwischen dem allgemeinen Vergleich der Schultypen und dem Vergleich der einzelnen Schulstufen. Beim allgemeinen Vergleich wurde für Frage 3 (Schwierigkeiten) die Alternativhypothese H1 angenommen, während sie für die anderen vier Fragen verworfen wurde. Das gesteigerte Vertrauen seitens der Schülerinnen und Schüler der AHS, den Inhalten des Physikunterrichtes folgen zu können, könnte möglicherweise auf das soziale Umfeld der Schülerinnen und Schüler zurückzuführen sein. So erhalten diese vielleicht mehr Bestätigung

hinsichtlich ihrer Fähigkeiten aus dem familiären und schulischen Umfeld als die Schülerinnen und Schüler der NMS.

Die Unterschiede bezüglich der persönlichen Einstellungen gegenüber dem Physikunterricht und dessen Inhalten könnten, da bei der AHS jeweils nur eine Klasse pro Schulstufe an der Erhebung teilgenommen hat, im Falle der Untersuchung der einzelnen Schulstufen besonders stark von den jeweiligen Lehrkräften beziehungsweise deren Unterrichtsgestaltung abhängen.

Bei den 2. Klassen musste die Nullhypothese  $H_0$  aufgrund signifikanter Ergebnisse bei der Frage 2 (Interesse) und bei der Frage 5 (Wichtigkeit) verworfen werden. Das gesteigerte Interesse und die höhere Zuschreibung von Wichtigkeit bezüglich des Unterrichtsfachs Physik seitens der 2. Klassen NMS könnte darin begründet liegen, dass der Schwerpunkt der AHS auf Sprachen liegt und somit die Interessenlage der Schülerinnen und Schüler dieser 2. Klasse eine andere ist. Die NMS W hat dagegen sogar einen naturkundlich-technischen Schwerpunkt. Die Hypothesentestung bei den 3. Klassen lieferte lediglich bei Frage 5 (Wichtigkeit) ein signifikantes Ergebnis, weshalb für diese die Alternativhypothese  $H_0$  angenommen wurde. Dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der 3. Klasse AHS den Inhalten im Physikunterricht mehr Wichtigkeit zuschreiben, könnte in diesem Fall, wie bereits dargelegt, besonders eng mit der Lehrperson zusammenhängen. Die meisten Unterschiede hinsichtlich der persönlichen Einstellung fanden sich bei den 4. Klassen, wo die Alternativhypothese  $H_1$  für die Frage 1 (Noten), die Frage 3 (Schwierigkeit) und die Frage 4 (Vorfreude) angenommen wurde. Das gesteigerte Interesse der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der 4. Klasse AHS daran, im Physikunterricht für eine gute Note zu lernen, könnte darauf zurückzuführen sein, dass in deren sozialen Umfeld eine gute schulische Leistung weitaus mehr geschätzt und gefordert ist als in den 4. Klassen der NMS. Das Ergebnis bezüglich Frage 3, welches dem im allgemeinen Vergleich der Schultypen entspricht, kann auch auf dieselbe Erklärung zurückgeführt werden.

## **Unterschiede zwischen den Bundesländern**

Zu den Unterschieden zwischen den Bundesländern hinsichtlich des Gesamtergebnisses und der fünf Fragen zur persönlichen Einstellung wurden zur besseren Vergleichbarkeit lediglich die Ergebnisse der NMS ausgewertet. Folgende Hypothesen wurden aufgestellt:

- $H_0$ : Es gibt keine Unterschiede zwischen den Bundesländern bezüglich des Gesamtergebnisses.

H1: Es gibt Unterschiede zwischen den Bundesländern bezüglich des Gesamtergebnisses.

- H0: Es gibt keine Unterschiede zwischen den Bundesländern bezüglich der persönlichen Einstellungen.

H1: Es gibt Unterschiede zwischen den Bundesländern bezüglich der persönlichen Einstellungen.

### **Gesamtergebnis**

Aufgrund des nicht signifikanten Ergebnisses konnten keine Unterschiede hinsichtlich des Gesamtergebnisses zwischen den drei Bundesländern festgestellt und die Nullhypothese H0 beibehalten werden. Daraus lässt sich schließen, dass Schülervorstellungen in allen drei NMS in einer ähnlich starken Ausprägung existieren.

### **Persönliche Einstellung**

Die Hypothesentestung lieferte für Frage 2 (Interesse) und Frage 4 (Vorfreude) signifikante Ergebnisse, weshalb die Nullhypothese für diese beiden Fragen verworfen werden musste, während sie für die anderen drei Fragen beibehalten werden konnte. Sowohl das größere Interesse der Schülerinnen und Schüler der NMS W gegenüber den Schülerinnen und Schüler der NMS Oberösterreich bezüglich der Inhalte des Physikunterrichts als auch die größere Vorfreude auf diesen könnte möglicherweise auf die jeweiligen Schwerpunktsetzungen der Schulen zurückzuführen sein. So liegt dieser bei der NMS W auf naturkundlich-technischen Aspekten, wodurch Eltern technisch oder physikalisch interessierter oder begabter Kinder gezielt diese Schule für sie auswählen beziehungsweise Schülerinnen und Schüler von sich aus die Schule besuchen wollen. Zudem wird in der NMS W mit hoher Wahrscheinlichkeit mehr darauf geachtet, die Interessen der Schülerinnen und Schüler an physikalischen Inhalten zu fördern als in der NMS Oberösterreich. Da bei dieser Hypothesentestung lediglich zwei Schulen verglichen werden, darf der Einfluss der Qualität des Unterrichts der jeweiligen Lehrkraft auf die persönliche Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Physikunterricht und dessen Inhalten nicht unterschätzt werden.



## 6.4 Forschungsfrage 4

**Inwieweit lassen sich Zusammenhänge zwischen der Ausbildung beziehungsweise den Unterrichtsansätzen der Lehrkräfte und den Ergebnissen aus der Fragebogentestung feststellen?**

Die Ergebnisse aus den Analysen zu Forschungsfrage 4 lassen den Schluss zu, dass die Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen während der Lehramtsausbildung positive Auswirkungen auf die unterrichteten Klassen hat. So zeigen alle Klassen entsprechend ausgebildeter Lehrkräfte, bis auf eine, welche jedoch von der Lehrkraft erst kürzlich übernommen wurde, überdurchschnittliche Ergebnisse bei den Gesamtergebnissen. Besonders klar zeigte sich dieses überdurchschnittliche Ergebnis in der 3. Klasse AHS OÖ, deren Lehrkraft, geht man nach den Ausführungen des Lehrerfragebogens, die wohl intensivste Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen vorzuweisen hat. Diese Feststellung einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass zwei der drei Lehrkräfte eine AHS Klasse unterrichten und dieses positive Ergebnis somit auch allgemein an der Ausbildung oder auch am Lernverhalten der Schülerinnen und Schüler liegen kann.

Geht man von den Ergebnissen aus, lässt sich feststellen, dass die Unterrichtsmethode sowohl Auswirkungen auf die persönliche Einstellung der Schülerinnen und Schüler als auch auf deren Gesamtergebnis hat. Klassen, welche hauptsächlich nach dem handlungsorientierten Physikunterricht („Learning by doing“), in dem die Schülerinnen und Schüler sich die Inhalte und Zusammenhänge durch selbständiges Versuchen und Experimentieren erarbeiten, unterrichtet werden, erzielen schlechtere Gesamtergebnisse, weisen jedoch mehr Vorfreude und Interesse am Physikunterricht auf. Teilnehmerinnen und Teilnehmer, deren Unterricht neben dieser Methode auch lehrerzentrierte Aspekte wie Frontalunterricht, PP-Präsentationen oder Demonstrationsexperimente beziehungsweise von der Lehrkraft geführte Erarbeitungsschritte aufweist, erreichten durchschnittlich mehr Punkte im Gesamtergebnis, hatten jedoch gleichzeitig weniger Interesse an den Inhalten und Vorfreude auf den Physikunterricht.

Bezüglich der unterschiedlichen Anzahl an Dienstjahren innerhalb der Lehrkräfte lassen sich hinsichtlich der persönlichen Einstellung der Schülerinnen und Schüler keine Unterschiede feststellen. Beim Gesamtergebnis jedoch weisen jene Klassen, die von jüngeren Lehrkräften unterrichtet wurden, durchschnittlich bessere Ergebnisse auf. Dies könnte möglicherweise auf eine verstärkte Einbindung von fachpädagogischen und vermittlungsorientierten Inhalten in die

Lehramtsausbildung zurückzuführen sein oder aber auch durch eine mit höher werdendem Dienstalter sinkende Motivation beziehungsweise wachsende Frustration erklärt werden.

## 6.5 Forschungsfrage 5

**Sind die aus der Literatur entnommenen Fragebogenitems für die Untersuchung der betreffenden Altersgruppen geeignet?**

Die Berechnung des Schwierigkeitsindex  $p$  und des Diskriminationsindex  $D$  zeigt, dass die Fragen 1, 3, 6, 8 und 9 bezüglich ihrer Schwierigkeit und ihrer Fähigkeit, zwischen Schülerinnen und Schülern mit hohem Gesamtergebnis und Schülerinnen und Schülern mit niedrigem Gesamtergebnis zu unterscheiden, als für die untersuchten Altersgruppen angemessen gesehen werden können. Der Diskriminationsindex  $D$  liegt sogar bei allen neun Fragen über dem als akzeptabel angenommenen Minimalwert 0,3. Lediglich Frage 1, welche mit 0,38 den geringsten  $D$ -Wert hat, könnte vor weiteren Erhebungen genauer analysiert werden, um festzustellen, ob möglicherweise Veränderungen an der Frage vorgenommen werden müssen. Die Fragen 4 und 7 können aufgrund des  $p$ -Werts unter 0,2 als zu schwierig für die befragten Altersgruppen eingestuft werden. Diese beiden Fragen sollte für zukünftige Testungen entweder aus dem Fragebogen entfernt oder weiterentwickelt beziehungsweise verändert werden. Der Schwierigkeitsindex der Fragen 2, 3 und 5 liegt zwar noch innerhalb des akzeptablen Intervalls, jedoch bereits nahe am Bereich der zu hohen Schwierigkeit. Für die Weiterentwicklung des Erhebungsinstrumentes empfiehlt sich somit auch, an diesen Fragen Veränderungen vorzunehmen oder diese gar zu entfernen.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Analyse der Ergebnisse für Forschungsfrage 1 deutet darauf hin, dass Schülervorstellungen in allen untersuchten Schulen auftreten und dass derzeitige Unterrichtsstrategien im Verlauf der Sekundarstufe I bei vielen Schülerinnen und Schülern keine tiefgreifenden oder anhaltenden Veränderungen bewirken. Da diese Vorstellungsmuster ein tieferes Verständnis für physikalische Abläufe blockieren und lediglich selten von den Schülerinnen und Schülern selbst aufgegeben werden, muss es ein erklärtes Ziel des Physikunterrichts und der Physiklehrkräfte sein, diese Vorstellungen aufzugreifen und sie beispielsweise mit Hilfe von Conceptual-Change-Strategien umzudeuten, zu ersetzen oder Ähnliches. Bei der Umstrukturierung des Unterrichts kann die Lehrkraft auf theoretische Forschungsmodelle wie den kontinuierlichen oder den diskontinuierlichen Lernweg aufbauen. Des Weiteren können auch, wie im theoretischen Teil dieser Arbeit vorgestellt, bereits ausgearbeitete Unterrichtskonzepte zum Einsatz gebracht werden. Besonders bietet sich für das Kapitel Wärmelehre das von Martin Bader entwickelte Münchner Unterrichtskonzept an. Hierbei werden nicht nur Schülervorstellungen aktiv aufgegriffen und in den Unterrichtsverlauf eingearbeitet, sondern auch der Förderung von Schülerinnen, deren fehlendes Interesse am Physikunterricht aus den Ergebnissen zu Forschungsfrage 3 ersichtlich wird, ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Aber auch dem nicht ganz unumstrittenen Karlsruher Physikkurs wird von Kritikern zumindest bezüglich der Thematik Wärmelehre die aktive Herbeiführung von Konzeptwechselprozessen zugeschrieben, wodurch sich dieser daher für den Einsatz im eigenen Physikunterricht anbietet. Eng verbunden mit dieser allgemeinen Unterrichtskonzeption ist die richtige Methodenauswahl, welche, wie aus Forschungsfrage 4 hervorgeht, sowohl für das physikalische Fachwissen als auch für die persönliche Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Physikunterricht von großer Bedeutung ist. In ihrer Methodenauswahl sollten Lehrkräfte das selbstständige Erarbeiten von physikalischen Konzepten als ein zentrales Element des Unterrichts etablieren, da dieses, wie aus den Ergebnissen der Erhebung hervorgeht, positive Auswirkungen auf die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Physikunterricht haben kann. Weiters zeigt sich jedoch auch, dass eine methodische Vielfalt gegeben sein muss und speziell die Einbettung von Elementen, welche von der Lehrkraft geleitet werden, notwendig ist, da ohne diesen Rahmen die Entstehung beziehungsweise Erhaltung von Schülervorstellungen sowie eine lediglich oberflächliche Aneignung der Konzepte riskiert wird.

Doch nicht nur seitens der Lehrkräfte können beziehungsweise müssen Schritte gesetzt werden. Aus den Forschungsfragen 3 und 4 lassen sich gravierende Unterschiede zwischen den Ergebnissen der NMS und der AHS ersehen, woraus sich weitere Handlungsfelder ergeben. Zum einen müssen universitäre und Hochschuleinrichtungen in die Pflicht genommen werden, die Ausbildung der Lehrkräfte auf eine qualitativ gleichwertige Stufe zu heben und zudem allgemein die Auseinandersetzung mit fachdidaktischen Inhalten, wie beispielsweise Schülervorstellungen oder Vermittlungskompetenzen, zu intensivieren. Zum anderen muss seitens der politischen Entscheidungsträger dafür gesorgt werden, dass einerseits allgemein mehr in die Ausbildung der Lehrkräfte investiert wird und andererseits die derzeitige Diskrepanz zwischen NMS und AHS im Hinblick auf die finanzielle Ausstattung mittels gezielter Investitionen und Maßnahmen aufgelöst wird.

Die Ergebnisse aus dieser Arbeit einschränkend muss erwähnt werden, dass zu Beginn der Arbeit die Teilnahme von sechs Schulen, jeweils einer NMS und einer AHS pro Bundesland, geplant war, dies jedoch aufgrund fehlender Zusagen nicht möglich war. Da schlussendlich nur eine AHS an der Erhebung teilnahm, sollten die Ergebnisse, in denen eine Unterscheidung zwischen AHS und NMS eine Rolle spielt, mit Rücksichtnahme darauf betrachtet und interpretiert werden. Eine weitere Einschränkung betrifft die NMS NÖ, in der aufgrund des Zeitmangels pro Klasse nur wenige Schülerinnen und Schüler an der Umfrage teilnehmen konnten. In diesem Zusammenhang möchte ich alle Personen, die in Zukunft etwaige Erhebungen an Schulen durchführen wollen, auf Folgendes hinweisen: Ein nicht zu unterschätzender Zeitaufwand bei der Vorbereitung einer Erhebung ist die Suche nach teilnahmebereiten Schulen, da eine Vielzahl derartige Anfragen ablehnt und daher Alternativen zu suchen sind. Auch die mit der Anfrage verbundenen bürokratischen Vorgänge gestalten sich in der Regel zeitaufwändig und bedürfen bis zu deren Erledigung häufiger Nachfragen.

Eine letzte Einschränkung betrifft das Antwortverhalten der Lehrkräfte auf deren Fragebogen. Lediglich zwei Lehrkräfte gaben auf die Frage nach der von ihnen besuchten Ausbildungseinrichtung die Einrichtung an, in der sie ihre Ausbildung genossen haben, die anderen führten die Schule an, in der sie nun unterrichten. Wie aus dem im Anhang einzusehenden Lehrerfragebogen ersichtlich wird, kann dies jedoch vermutlich auf die mangelnde Begriffserklärung im Rahmen der Frage zurückgeführt werden.

Mit dieser Arbeit konnte ein kleiner Beitrag zur Erforschung von Schülervorstellungen und weiteren diesbezüglichen Aspekten innerhalb des österreichischen Schulsystems geleistet

werden. Ziel sollte sein, in Zukunft noch zu weiteren Aspekten der Wärmelehre und auch zu anderen Thematiken des Physikunterrichtes Erhebungen, bestenfalls in einem finanziell unterstützen und größer angelegten Projekt, durchzuführen. Die so gesammelten Erkenntnisse wären von zentraler Bedeutung für die zukünftige Ausbildung von Lehrkräften und würden damit die Voraussetzung für einen qualitativ hochwertigeren Physikunterricht für unsere Schülerinnen und Schüler schaffen.

## 8 Literaturverzeichnis

Almahdi Ali *Alwan*, Misconception of heat and temperature Among physics students. In: *Procedia Social and Behavioral Sciences* 12 (2011) 600–614.

Martin *Bader*, Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges. Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre (Diss. Ludwig-Maximilians-Universität München 2001).

Pablo *Barniol*, Genaro *Zavala*, Modifying the Thermodynamic Concept Survey. Preliminary results. In: Lin *Ding*, Adrienne *Traxler*, Ying *Cao* (Hrsg.), 2017 Physics Education Research Conference (2017) 48-51.

Hye-Eun *Chu*, David F. *Treagust*, Shelley *Yeo*, Marjan *Zadnik*, Evaluation of Students' Understanding of Thermal Concepts in Everyday Contexts. In: *International Journal of Science Education* 34, Issue 10 (2012) 1509-1534.

Jacob *Cohen*, Statistical power analysis for the behavioral sciences (Hillsdale <sup>2</sup>1988).

Lin *Ding*, Robert *Beichner*, Approaches to data analysis of multiple-choice questions. In: *Physics Education Research* 5, Issue 2 (2009) 1-17.

Nicola *Döring*, Jürgen *Bortz*, Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (Berlin <sup>5</sup>2016).

Reinders *Duit*, Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. Zu den Ursachen vieler Lernschwierigkeiten. In: *Plus Lucis* 2 (1995) 11-18.

Reinders *Duit*, Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41, Heft 6 (1995) 905-923.

Reinders *Duit*, Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Reinders *Duit*, Christoph von *Rhöneck* (Hrsg.), Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (Kiel 1996) 145-162.

Reinders *Duit*, Alltagsvorstellungen berücksichtigen. In: Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf* (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln <sup>3</sup>2011) 3-7.

Reinders *Duit*, Wärmeevorstellungen. In: Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf* (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln <sup>3</sup>2011) 195-198.

Reinders *Duit*, Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Stand der Dinge und Ausblick. In: Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf* (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln <sup>3</sup>2011) 267-272.

Reinders *Duit*, Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Ernst *Kircher*, Raimund *Girwidz*, Peter *Häußler* (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (Berlin/Heidelberg <sup>3</sup>2015) 657-680.

Andy *Field*, Discovering statistics using IBM SPSS statistics (Los Angeles/London/New Delhi/Singapore/Washington DC/Melbourne <sup>5</sup>2018).

Helmut *Fischler*, Horst *Schecker*, Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In: Horst *Schecker*, Thomas *Wilhelm*, Martin *Hopf*, Reinders *Duit* (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 139-161.

Ulrich *Gebhard*, Dietmar *Höttecke*, Markus *Rehm*, Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch (Wiesbaden 2017).

Friedrich *Hermann*, The Karlsruhe Physics Course. In: European Journal of Physics 21, Number 1 (2000) 49-58.

Martin *Hopf*, Thomas *Wilhelm*, Conceptual Change. Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In: Horst *Schecker*, Thomas *Wilhelm*, Martin *Hopf*, Reinders *Duit* (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 23-37.

Ewa *Jonkisz*, Helfried *Moosbrugger*, Holger *Brandt*, Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In: Helfried *Moosbrugger* Augustin *Kelava* (Hrsg.), Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (Berlin/Heidelberg <sup>2</sup>2012) 27-74.

Walter *Jung*, Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf* (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln <sup>3</sup>2011) 15-19.

Christian H. *Kautz*, Paula R. L. *Heron*, Michael E. *Loverude*, Lillian C. *McDermott*, Student understanding of the ideal gas law. Part I: A macroscopic perspective. In: American Journal of Physics 73, Issue 11 (2005) 1055-1063.

Christian H. *Kautz*, Paula R. L. *Heron*, Peter S. *Shaffer*, Lillian C. *McDermott*, Student understanding of the ideal gas law. Part II: A microscopic perspective. In: American Journal of Physics 73, Issue 11 (2005) 1064-1071.

Jennifer *Klöckner*, Jürgen *Friedrichs*, Gesamtgestaltung des Fragebogens. In: Nina Baur, Jörg Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (Wiesbaden 2014) 675-685.

Klaus *Lüders*, Robert Otto *Pohl* (Hrsg.), Pohls Einführung in die Physik. Band 1: Mechanik, Akustik und Wärmelehre (Berlin/Heidelberg <sup>21</sup>2017).

David E. *Meltzer*, Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. In: American Journal of Physics 72, Issue 11 (2004) 1432-1446.

Ronald L. *Miller*, Ruth A. *Streveler*, Dazhi *Yang*, Aidsa I. *Santiago Román*, Identifying and repairing student misconceptions in thermal and transport science. Concept inventories and schema training studies. In: Chemical Engineering Education 45, Number 3 (2011) 203-210.

Kornelia *Möller*, Lernen von Naturwissenschaft heisst: Konzepte verändern. In: Peter Labudde (Hrsg.), Fachdidaktik Naturwissenschaften. 1.-9. Schuljahr (Stuttgart <sup>2</sup>2013) 57-72.

Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf*, Vorwort der Herausgeber. In: Rainer *Müller*, Rita *Wodzinski*, Martin *Hopf* (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln 32011) VII.

Rolf *Porst*, Fragebogen. Ein Arbeitsbuch (Wiesbaden <sup>4</sup>2008).

Michael *Prince*, Margot *Vigeant*, Kathryn *Nottis*, Development of the Heat and Energy Concept Inventory. Preliminary Results on the Prevalence and Persistence of Engineering Students' Misconceptions. In: Journal of Engineering Education 101, Issue 3 (2013) 412-438.

Elisabeth *Raab-Seiner*, Michael *Benesch*, Der Fragebogen. Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung (Wien <sup>5</sup>2018).

Jürgen *Raithel*, Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs (Wiesbaden <sup>2</sup>2008).

Stefan *Roth*, Achim *Stahl*, Mechanik und Wärmelehre. Experimentalphysik – anschaulich erklärt (Berlin/Heidelberg 2016).



Horst *Schecker*, Reinders *Duit*, Schülervorstellungen und Physiklernen. In: Horst *Schecker*, Thomas *Wilhelm*, Martin *Hopf*, Reinders *Duit* (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 1-21.

Horst *Schecker*, Reinders *Duit*, Schülervorstellungen zu Energie und Wärmekraftmaschinen. In: Horst *Schecker*, Thomas *Wilhelm*, Martin *Hopf*, Reinders *Duit* (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 163-183.

Patrick *Schiefer*, Eine empirische Studie zur Untersuchung und Aufdeckung von Schülervorstellungen in der Wärmelehre (Dipl. Universität Wien 2018).

Hans-Joachim *Schlichting*, Energieentwertung. Ein qualitativer Zugang zur Irreversibilität. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 49, Heft 2 (2000) 1-6.

Erich *Staraschek*, Ergebnisse einer Evaluationsstudie zum Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 8 (2002) 7-21.

Marília F. *Thomaz*, I. M. *Malaquias*, M.C. *Valente*, M. J. *Antunes*, An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. In: Physics Education 30, Issue 1 (1995) 19-26.

Paul. A *Tipler*, Gene *Mosca*, Physik. für Wissenschaftler und Ingenieure (Berlin/Heidelberg <sup>7</sup>2015).

Stella *Vosniadou*, Reframing the Classical Approach to Conceptual Change. Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. In: Barry J. *Fraser*, Campbell J. *Mcrobbe*, Kenneth *Tobin* (Hrsg.), Second International Handbook of Science Education (Dordrecht 2012) 119-130.

Joseph F. *Wagner*, Transfer in Pieces. In: Cognition and Instruction 24, Issue 1 (2006) 1-71.

Paul *Wagner*, Georg P. *Reischl*, Gerhard *Steiner*, Einführung in die Physik (Wien <sup>3</sup>2014).

Pornrat *Wattanakasiwich*, Preeda *Taleab*, Manjula Devi *Sharma*, Ian D. *Johnston*, Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics. In: International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education 21, Issue 1 (2013) 29-53.

Hartmut Wiesner, Horst Schecker, Martin Hopf (Hrsg.), Physikdidaktik kompakt (Freising 2011).

Hartmut Wiesner, Dagmar Stengl, Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln <sup>3</sup>2011) 83-90.

Thomas Wilhelm, Horst Schecker, Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, Reinders Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Berlin/Heidelberg 2018) 39-61.

Rita Wodzinski, Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Rainer Müller, Rita Wodzinski, Martin Hopf (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner (Köln <sup>3</sup>2011) 23-36.

Shelley Yeo, Marjan Zadnik, Introductory thermal concept evaluation. Assessing students' understanding. In: The Physics Teacher 39, Issue 8 (2001) 496-504.

## 9 Internetquellen

Wikipedia-Artikel zur Temperaturleitfähigkeit, online unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturleitf%C3%A4higkeit>, (15.12.2019).

Karlsruher Institut für Technologie, Die Entwickler des KPK, online unter <http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/Strategien/autoren.html>, (08.11.2019).

Karlsruher Institut für Technologie, Material zum KPK, online unter [http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/kpk\\_material.html](http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/kpk_material.html), (08.11.2019).

Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS), Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 14.01.2020, online unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, (14.01.2020)

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsanordnung zu Frage 9 Quelle: Eigene Darstellung .....	42
Abbildung 3: Prozentuelle Anteile der vier Schulen an der Gesamtstichprobe sowie Verhältnis Schülerinnen und Schüler ..	48
Abbildung 2: Prozentuelle Anteile der drei Schulstufen an der Gesamtstichprobe sowie Verhältnis Schülerinnen und Schüler .....	48
Abbildung 4: Antwortverhalten der 2. Klassen in Prozentanteilen .....	57
Abbildung 5: Antwortverhalten der 3. Klassen in Prozentanteilen .....	57
Abbildung 6: Antwortverhalten der 4. Klassen in Prozentanteilen .....	58
Abbildung 7: Antwortverhalten der NMS NÖ in Prozentanteilen .....	59
Abbildung 8: Antwortverhalten der NMS W in Prozentanteilen .....	60
Abbildung 9: Antwortverhalten der NMS OÖ in Prozentanteilen .....	60
Abbildung 10: Antwortverhalten der AHS OÖ in Prozentanteilen .....	61
Abbildung 11: Prozentueller Anteil korrekter Antworten– Vergleich 2. Klassen und 2. Klasse NMS W .....	73
Abbildung 12: Prozentueller Anteil korrekter – Vergleich 3. Klassen und 3. Klasse NMS W .....	74
Abbildung 13: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 4. Klassen und 4. Klasse NMS W .....	75
Abbildung 14: Prozentueller Anteil korrekter auf Antworten – Vergleich 2. Klassen und 2. Klasse AHS OÖ .....	76
Abbildung 15: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 3. Klassen und 3. Klasse AHS OÖ .....	77
Abbildung 16: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 4. Klassen und 4. Klasse AHS OÖ .....	78
Abbildung 17 Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 2. Klassen und 2. Klasse NMS NÖ .....	80
Abbildung 18: Prozentueller Anteil korrekter Antworten – Vergleich 4. Klassen und 4. Klasse NMS NÖ .....	81

## 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Werte für die Wärme- und Temperaturleitfähigkeit ausgewählter Stoffe bei 20°C. ....	10
Tabelle 2: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe in ganzen Zahlen und prozentuellen Anteilen.....	53
Tabelle 3: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 1 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile.....	61
Tabelle 4: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 2 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile.....	62
Tabelle 5: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 3 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile.....	62
Tabelle 6: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 4 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile.....	62
Tabelle 7: Antwortverhalten der Gesamtstichprobe zu Frage 5 in Form ganzer Zahlen und prozentueller Anteile.....	62
Tabelle 8: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 2. Klassen und 2. Klasse NMS W .....	73
Tabelle 9: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 3. Klassen und 3. Klasse NMS W .....	74
Tabelle 10: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 4. Klassen und 4. Klasse NMS W .....	75
Tabelle 11: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 2. Klassen und 2. Klasse AHS OÖ .....	76
Tabelle 12: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 3. Klassen und 3. Klasse AHS OÖ .....	77
Tabelle 13: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 4. Klassen und 4. Klasse AHS OÖ .....	78
Tabelle 14: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 2. Klassen und 2. Klasse NMS NÖ .....	79
Tabelle 15: Persönliche Einstellung – Vergleich Gesamte Stichprobe, 4. Klassen und 4. Klasse NMS NÖ .....	80
Tabelle 16: Schwierigkeitsindex und Diskriminationsindex der Fragen 1 bis 9 .....	81

## 12 Anhang

### 12.1 Fragebogen



universität  
wien

Liebe(r) SchülerIn,

danke für deine Teilnahme. Mit der Beantwortung dieses Fragebogens leistest du einen wichtigen Beitrag für meine Studie zur Untersuchung von SchülerInnenvorstellungen in der Wärmeleitung. Die Ergebnisse aus diesem Fragebogen fließen nicht in deine Note ein. Kreuze bei jeder Frage die Antwortmöglichkeit an, die deiner Meinung nach richtig ist. Dieser Fragebogen ist anonym und wird nicht an Dritte weitergegeben. Die gewonnenen Daten werden streng vertraulich behandelt.

Für deinen persönlichen Code-Namen:

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter: \_\_\_\_ \_\_\_\_

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters: \_\_\_\_ \_\_\_\_

Erster und letzter Buchstabe deines Vornamens: \_\_\_\_ \_\_\_\_

#### Allgemeine Fragen:

Alter				Jahre
Klasse	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.	<input type="checkbox"/> 4.	Klasse
Geschlecht	<input type="checkbox"/> Männlich	<input type="checkbox"/> Weiblich	<input type="checkbox"/> Anderes	

Ich lerne für den Physikunterricht, um eine gute Note zu bekommen.

Trifft voll zu      Trifft zu      Trifft eher zu      Trifft eher nicht zu      Trifft nicht zu      Trifft gar nicht zu

○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○

Ich lerne für den Physikunterricht, weil mich die Inhalte interessieren.

Trifft voll zu      Trifft zu      Trifft eher zu      Trifft eher nicht zu      Trifft nicht zu      Trifft gar nicht zu

○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○

Im Unterricht fällt es mir schwer, den Inhalten zu folgen.

Trifft voll zu      Trifft zu      Trifft eher zu      Trifft eher nicht zu      Trifft nicht zu      Trifft gar nicht zu

○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○

Ich freue mich auf die Physikstunde.

Trifft voll zu      Trifft zu      Trifft eher zu      Trifft eher nicht zu      Trifft nicht zu      Trifft gar nicht zu

○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○

Ich finde, Physik ist ein wichtiges Unterrichtsfach.

Trifft voll zu      Trifft zu      Trifft eher zu      Trifft eher nicht zu      Trifft nicht zu      Trifft gar nicht zu

○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○────────────────○

## Fragebogen:

### Frage 1:

Daniel gibt eine Limonadendose und eine Plastikflasche mit Limonade in den Kühlschrank. Am nächsten Tag holt er beide heraus und misst die Temperatur in der Limonadendose. Die Temperatur beträgt 6°C. Welche Temperatur haben die Plastikflasche und die darin enthaltene Limonade höchstwahrscheinlich?

- a) Beide unter 6°C.
- b) Beide 6°C.
- c) Beide über 6°C.
- d) Die Plastikflasche und die Limonade haben eine unterschiedliche Temperatur.

### Frage 2:

Ein paar Minuten später nimmt Timo die Limonadendose vom Tisch und bemerkt, dass sich die Stelle wo die Dose gestanden ist, kälter anfühlt als der Rest des Tisches. Warum?

- a) Kälte wurde von der Dose auf den Tisch übertragen.
- b) An der Tischstelle unter der Dose ist keine Energie mehr.
- c) Wärme wurde vom Tisch auf die Dose übertragen.
- d) Die Dose hat die Wärme unter sich verdrängt.

### Frage 3:

Lisa kocht sich ein Ei. Um es abzukühlen, gibt sie es in eine Schüssel mit kaltem Wasser. Welche der folgenden Antworten erklärt den Abkühlungsprozess?

- a) Die Temperatur vom Ei wird auf das Wasser übertragen.
- b) Kälte wandert vom Wasser in das Ei.
- c) Heiße Dinge kühlen von Natur aus ab.
- d) Das Ei gibt Energie an das Wasser ab.

### Frage 4:

Jan meint, dass er nicht gerne auf den Metallstühlen sitzt, weil sie kälter als die Stühle aus Plastik sind. Welche der folgenden Antworten erklärt die Situation?

- a) Metallsessel sind kälter, weil Metall immer kälter als Plastik ist.
- b) Metallsessel sind nicht kälter, sie haben dieselbe Temperatur wie die Plastiksessel.
- c) Metallsessel sind nicht kälter, sie fühlen sich nur so an, weil sie schwerer sind.
- d) Metallsessel sind kälter, weil sie weniger Wärme beinhalten als Plastik.

**Frage 5:**

Tanja nimmt ein Lineal aus Holz und eines aus Metall in die Hand. Sie sagt, dass sich das Lineal aus Metall kälter anfühlt. Welcher der folgenden Erklärungen stimmst du zu?

- a) Metall leitet die Energie schneller aus ihrer Hand als Holz.
- b) Holz ist von Natur aus wärmer als Metall.
- c) Das Holzlineal enthält mehr Wärme als das Metalllineal.
- d) Kälte wird vom Metall schneller auf die Hand abgegeben.

**Frage 6:**

Warum tragen wir bei kaltem Wetter einen Pullover aus Wolle?

- a) Um die Kälte draußen zu halten.
- b) Weil Wolle warm ist.
- c) Um Wärmeverlust zu vermeiden.
- d) Um Wärme zu speichern.

**Frage 7:**

Alexandra nimmt ein Eis am Stiel aus dem Gefrierfach und meint, dass der Holzstiel eine höhere Temperatur als das Eis hat. Kreuze die richtige Antwort an.

- a) Der Holzstiel wird nicht so kalt wie das Eis.
- b) Das Eis enthält mehr Wärme als der Holzstiel.
- c) Der Holzstiel enthält mehr Wärme als das Eis.
- d) Holzstiel und Eis haben die gleiche Temperatur.

**Frage 8:**

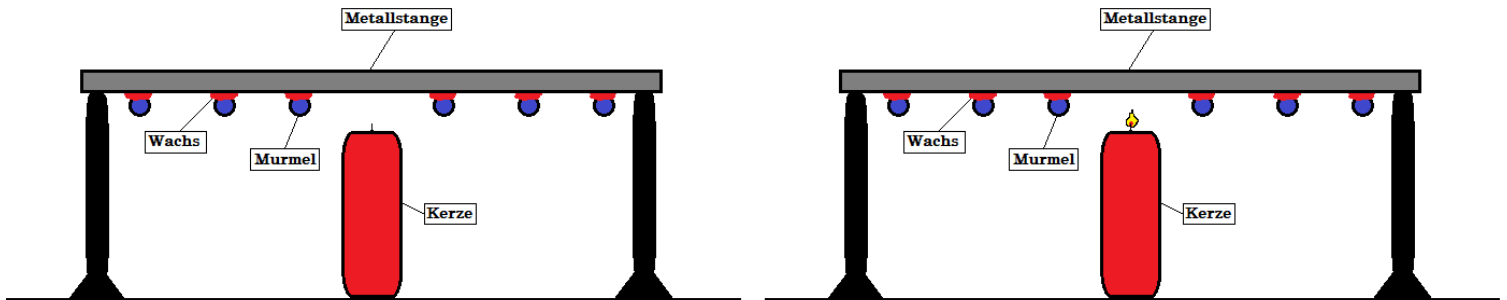
Katharina sagt, dass sie ihre Puppen immer zudeckt, diese sich aber nie aufwärmen. Warum?

- a) Weil die Decke zu dünn ist.
- b) Weil die Puppen die Wärme nicht gut halten können.
- c) Weil die Puppen lange brauchen, um warm zu werden.
- d) Alle Antworten sind falsch.

**Frage 9:**

Sieh dir den Versuch auf dem linken Bild genau an. Dort siehst du eine Metallstange, an der mit Wachs Murmeln befestigt sind. Kreuze an was passiert, wenn die Kerze angezündet wird (rechtes Bild).

- a) Alle Murmeln fallen gleichzeitig herunter.
- b) Es passiert nichts.
- c) Die äußeren Murmeln fallen zuerst herunter.
- d) Die inneren Murmeln fallen zuerst herunter.



Vielen Dank

## 12.2 Fragen an die Lehrkraft



universität  
wien

Vielen Dank, dass Sie sich kurz Zeit nehmen und mich bei meiner Diplomarbeit unterstützen.

Dienstjahre: \_\_\_\_\_

Ausbildungseinrichtung: \_\_\_\_\_

Welche der befragten Schulstufen unterrichten Sie? \_\_\_\_\_

Wurde das Thema Schülervorstellungen im Zuge Ihrer akademischen Ausbildung behandelt? Wenn ja, in welcher Form?

Haben Sie mit der befragten Klasse bereits Aspekte aus der Wärmelehre behandelt? Wenn ja, welche?

Bitte beschreiben Sie in Ansätzen ihre methodische Vorgangsweise und welche Lernziele Sie verfolgen.



## 12.3 Abstract deutsch

Untersuchungen zu Schülervorstellungen stellen eine wichtige Grundlage sowohl für die Entwicklung neuer Unterrichtskonzepte als auch für die Ausbildung von Lehrkräften dar. In dieser Arbeit wurde daher eine empirische Untersuchung zu Schülervorstellungen zu ausgewählten Aspekten der Wärmelehre mittels Fragebogen an einer AHS und drei NMS in Wien, Niederösterreich und Oberösterreich durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler (N=200) besuchten zum Zeitpunkt der Erhebung die 2., 3. und 4. Klasse der Sekundarstufe I. Ziel dieser Untersuchung war es, festzustellen, welche Schülervorstellungen sich innerhalb der Stichprobe finden lassen und ob ein Zusammenhang zwischen der Einstellung gegenüber dem Physikunterricht sowie dessen Inhalten und dem Ergebnis der Fragebogenuntersuchung besteht. Zudem wurden auch Unterschiedshypothesen bezüglich verschiedener deskriptiver Merkmale untersucht, Zusammenhänge zwischen dem Antwortverhalten der Lehrkräfte und den Ergebnissen der Schülerinnen und Schüler gesucht und zuletzt noch überprüft, inwiefern die eingesetzten Fragebogenitems sich zur Untersuchung der betreffenden Altersgruppe eignen. Der erste Teil der Arbeit setzt sich aus den theoretischen Grundlagen zur Thematik Wärmelehre und zu Schülervorstellungen zusammen, während im zweiten Teil die empirische Erhebung beschrieben, die Ergebnisse dargestellt und abschließend interpretiert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass speziell den Begriff „Wärme“ betreffend in der gesamten Stichprobe Schülervorstellungen existieren. Des Weiteren konnte eine Negativkorrelation zwischen der Selbsteinschätzung, den Inhalten folgen zu können und dem Gesamtergebnis gefunden werden. Bei der statistischen Auswertung konnten signifikante Unterschiede zwischen den Schultypen sowie den Schulstufen festgestellt werden. Die Ausbildung der Lehrkräfte und deren Methodenvielfalt zeigen Auswirkungen auf das Gesamtergebnis. Schließlich erwiesen sich in der Itemanalyse der Großteil der Fragen als geeignet.

## 12.4 Abstract englisch

Research on students' conceptions is an important basis for the development of new teaching concepts and teacher training. The following thesis includes an empirical study concerning students' conceptions about selected aspects of thermodynamics. 200 students from 2., 3. and 4. grade visiting one AHS and three NMS in Vienna, Lower and Upper Austria took part in a survey via questionnaire. The investigation purpose was to detect students' conception in the sample and whether there is a correlation between students' attitude towards physics classes and their response behaviour. Additionally, difference hypotheses regarding descriptive features as well as the correlation between teacher responses and the students' results were examined. Finally, an item analysis was conducted to show if the used items are appropriate for the studied age group. In the first part of this thesis, the theoretical backgrounds of thermodynamics and students' conceptions were summarized. In the second part, the empirical survey was described, the results were presented and conclusively interpreted. Results show that students' conceptions, especially regarding the concept of heat, exist throughout the whole sample. Furthermore, a negative correlation between students' self-evaluation concerning problems following physics lessons and their survey results was found. The statistical analysis revealed significant differences between school types as well as grades. Teacher training and their methodical variety in class have an impact on students' results. Finally, the item analysis indicates that most of the used items are appropriate for the analysed age group.