



universität  
wien

# MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Validierung zweier Unterrichtskonzeptionen zur Einführung von  
Messunsicherheiten im Physikunterricht der Sekundarstufe I  
und Sekundarstufe II

verfasst von | submitted by  
Sophie Brasseur BEd

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

Wien | Vienna, 2024

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

UA 199 520 523 02

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

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach  
Mathematik Unterrichtsfach Physik

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von | Co-Supervisor:

Mag. Dr. Clemens Nagel

## Abstract

Das Thema Messunsicherheit wird nicht nur an der Universität von Studierenden, die am Anfang ihrer akademischen Laufbahn stehen, oft stiefmütterlich behandelt, sondern wird in den Schulen im Physikunterricht leider nur sehr oberflächlich thematisiert oder ganz ausgelassen (vgl. Nagel et al., 2021). Erschwerend kommt hinzu, dass das Thema der Messunsicherheiten im Physiklehrplan der AHS nicht erwähnt wird, sondern nur implizit über die Beschreibung der experimentellen Kompetenzen Berücksichtigung finden kann. (vgl. RIS, 2024) Ein möglicher erster Schritt zur Implementierung von Messunsicherheiten in den Unterricht wären Unterrichtskonzepte, die bereits auf ihre Wirksamkeit untersucht wurden. Solche haben Loidl (vgl. Loidl, 2021) für die Sekundarstufe I und Bärenthaler-Pachner (vgl. Bärenthaler-Pachner, 2022) für die Sekundarstufe II in ihren Masterarbeiten mittels Design-Based Research entwickelt und in kleinem Umfang untersucht.

Im Zuge dieser Arbeit wird an die bereits bestehende Forschung von Loidl und Bärenthaler-Pachner angeknüpft. Hierbei wird der oben erwähnte Prozess des Design-Based Research weitergeführt. Für das Erproben der beiden Unterrichtskonzepte wurde ein Seminar für Studierende im Masterstudium Lehramt Physik eingerichtet, in welchem auch die Sammlung und teilweise die Auswertung der Daten erfolgte. Diese Studierenden haben das Konzept in ihrer eigenen Unterrichtstätigkeit umgesetzt oder die Umsetzung anderer beobachtet. Insgesamt kommen drei Untersuchungswerkzeuge zum Einsatz, die gemeinsam in einem Triangulations-Setting verschiedene Perspektiven der Konzepte beleuchten sollen.

Die Untersuchung besteht aus einem Leistungstest für Schülerinnen und Schüler, einer online Befragung der Lehrpersonen, die das Konzept unterrichtet haben, und einer Beobachtung der Umsetzung durch Studierende. Der Leistungstest wird der Masterarbeit von Eva Abl entnommen. Die Befragung der Lehrpersonen wird online mittels selbst erstelltem Befragungsbogen durchgeführt und der Beobachtungsleitfaden, welcher von den Studierenden während der Unterrichtseinheit auszufüllen ist, wird ebenfalls selbst entworfen.

In dieser Arbeit wird dargestellt, wie die Online-Lehrpersonenbefragung und der Beobachtungsleitfaden erstellt und ausgewertet werden und wie der Nachtest ausgewertet wird. Ziel dieser Masterarbeit ist es, aus den zuvor gesammelten Daten zu schließen, ob die Lernziele und Key-Ideas aus den jeweiligen Perspektiven erreicht und vermittelt wurden.

Die Triangulation hat ergeben, dass drei Lernziele erreicht, drei Lernziele teilweise erreicht und zwei Lernziele nicht erreicht wurden. Für die Bewertung eines Lernziels liegen zu wenig Daten vor. Für die Key Ideas gilt, dass fünf Key Ideas teilweise vermittelt wurden und für die restlichen drei nur unvollständige Datensätze vorhanden sind.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund der Arbeit</b>	<b>2</b>
2.1	Design-Based Research . . . . .	2
2.1.1	Validierung . . . . .	3
2.2	Triangulation . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Methodik der Arbeit</b>	<b>6</b>
3.1	Testdesign . . . . .	6
3.2	Testinstrumente . . . . .	7
3.2.1	Beobachtungsleitfaden . . . . .	7
3.2.2	Online-Lehrpersonenbefragung . . . . .	11
3.2.3	Leistungstest . . . . .	13
3.3	Gütekriterien . . . . .	14
3.3.1	Qualitative Forschung . . . . .	14
3.3.2	Quantitative Forschung . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Auswertung der Daten</b>	<b>16</b>
4.1	Auswertung des Beobachtungsleitfadens . . . . .	16
4.2	Auswertung der Online-Lehrpersonenbefragung . . . . .	16
4.3	Auswertung des Leistungstests . . . . .	17
4.4	Auswertung der Triangulation nach Lernzielen . . . . .	19
4.4.1	Sekundarstufe I . . . . .	20
4.4.2	Sekundarstufe II . . . . .	20
4.5	Auswertung der Triangulation nach Key Ideas . . . . .	23
4.5.1	Sekundarstufe I . . . . .	23
4.5.2	Sekundarstufe II . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Interpretation der Daten</b>	<b>26</b>
5.1	Lernziele der Sekundarstufe I . . . . .	26
5.2	Aufgabe 5 . . . . .	26
5.3	Lernziele der Sekundarstufe II . . . . .	27
5.4	Key Ideas der Sekundarstufe I . . . . .	27
5.5	Key Ideas der Sekundarstufe II . . . . .	28
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung der Arbeit</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>30</b>
	<b>Verzeichnisse</b>	<b>32</b>
	<b>Anhang</b>	<b>33</b>

# 1 Einleitung

Die Verwendung von getesteten Unterrichtskonzepten hat mir in meiner eigenen Unterrichtstätigkeit viel Sicherheit gegeben. Die fachdidaktische Forschung hat zu zahlreichen Unterrichtskonzepten geführt, die meinen Unterricht bereichert haben. Messunsicherheiten sind ein Thema, das nur selten außerhalb von Universitäten gelehrt wird und bislang nicht dazugehört haben. Hannah Loidl und Rupert Bärenthaler-Pachner haben im Zuge ihrer Masterarbeiten Konzepte zu Messunsicherheiten für die Sekundarstufe I und Sekundarstufe II entwickelt. Ziel dieser Masterarbeit ist es, diese beiden Konzepte auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

Zunächst muss ein Rahmen geschaffen werden, um Aussagen über die Wirksamkeit eines Unterrichtskonzepts treffen zu können. Diesen bilden die Lernziele und Key Ideas, die von Loidl und Bärenthaler-Pachner formuliert wurden. Das Erreichen der Lernziele und das Vermitteln der Key Ideas sollen Aufschluss über die Wirksamkeit der Unterrichtskonzepte geben. Um festzustellen, ob ein Lernziel erreicht wurde und ob eine Key Idea vermittelt wurde, reicht es zum Beispiel nicht aus, den Lernenden am Ende der Konzeptunterrichtungen einen Leistungstest vorzulegen.

Im Verlauf dieser Arbeit wurden für jedes Lernziel und jede Key Idea drei Perspektiven untersucht, die am Ende durch Triangulation eine Interpretation der Lernziele und Key Ideas zulassen, um die Forschungsfrage schließlich beantworten zu können.

Werden die Lernziele in den Unterrichtskonzepten nach Loidl und Bärenthaler-Pachner auch außerhalb des Design-Based Research-Entwicklungsrahmens erreicht und somit die allgemeine Wirksamkeit der Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht gezeigt?

Der gesamte Prozess – genauer gesagt handelt es sich um einen Design-Based Research-Prozess – wurde von zwei Seminaren, dutzenden Studierenden und Lehrpersonen sowie von einigen Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der fachdidaktischen Forschung begleitet.

## 2 Theoretischer Hintergrund der Arbeit

Ausgangspunkte dieser Masterarbeit sind die zuvor entwickelten Unterrichtskonzepte von Loidl (Loidl, 2021) und Bärenthaler-Pachner (Bärenthaler-Pachner, 2022). Anknüpfend an ihre Forschungsprojekte, die nach dem Design-Based Research-Verfahren gestaltet sind, lässt sich die Hauptaufgabe meines Forschungsprojekts auf der Validierungsebene des schematischen Modells von Design-Based Research verorten. Für die Validierung der beiden Unterrichtskonzepte wurde ebenfalls ein Forschungszyklus nach dem Modell des Design-Based Research durchlaufen. Im folgenden Kapitel 2.1 wird der theoretische Hintergrund des Design-Based Research kurz umrissen. In Kapitel 3.1 wird die Umsetzung des Forschungsprojekts dargelegt und in Kapitel 2.2 ihre zugrundeliegende Methodik näher beschrieben.

### 2.1 Design-Based Research

Möchte man Lernen in einem realistischen Kontext erforschen, methodische Instrumente dafür entwickeln und evidenzbasierte Aussagen über das Gefundene machen, muss man laut Barab und Squire (Barab und Squire, 2004, S. 2) nach dem Modell des Design-Based Research vorgehen. Design-Based Research ist demnach eine methodische Variante, um unter anderem Lernprozesse in der Zukunft besser unterstützen zu können. Dafür werden Lernende in natürlichen Umgebungen, welche systematisch verändert werden, beobachtet und untersucht. Nach Barab und Squire ist dabei Folgendes zu beachten:

„Design-based research is not so much *an* approach as it is a series of approaches, with the intent of producing new theories, artifacts, and practices that account for and potentially impact learning and teaching in naturalistic settings.“ (Barab und Squire, 2004, S. 2)

Um den Vorgang solcher Forschung besser verstehen zu können, ist der Ablauf des Prozesses, der dabei durchlaufen wird, in Abbildung 1 dargestellt.

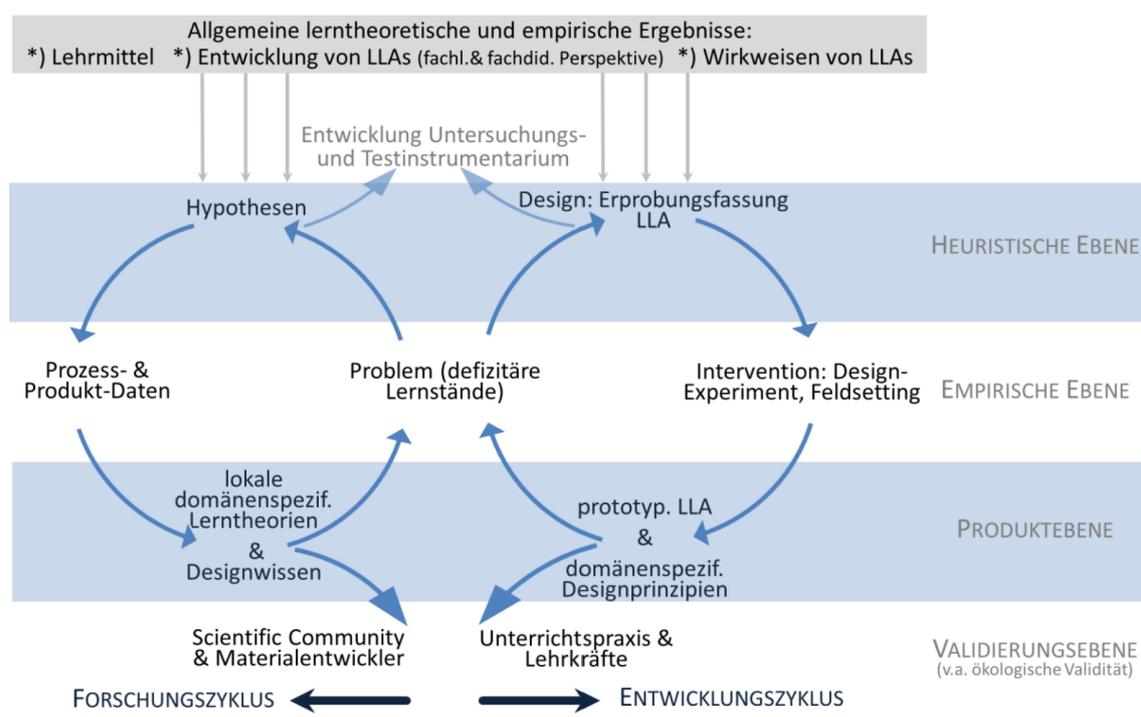


Abbildung 1: Kreisförmiger Prozessablauf des Design-Based Research (Haagen-Schützenhöfer, 2016, S. 10)

Auffällig in Abbildung 1 ist die Trennung des Prozessablaufs in einen Forschungszyklus und einen Entwicklungszyklus, die jeweils in vier Ebenen unterteilt werden. Diese beiden Prozessräume sind aber keinesfalls getrennt zu betrachten. Laut Haagen-Schützenhöfer sind Forschungsergebnisse, die aus den beiden Zyklen gewonnen werden, immer in Bezug auf den jeweils anderen Bereich zu betrachten. Neben dieser Interdependenz der Prozessräume ist ein weiteres Charakteristikum des Design-Based Research, dass bei einem iterativen Vorgehen die Zyklen auch mehrfach durchlaufen werden (vgl. Haagen-Schützenhöfer, 2016, S. 11).

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, umfasst der Forschungszyklus ein Problem, welches man zu lösen versucht. Im konkreten Fall ist das Problem das Thema der Messunsicherheiten im Physikunterricht an Schulen. Einen genauen Einblick in den Physikunterricht in Österreich bietet eine Umfrage von Clemens Nagel, Benjamin Lux und Stephanie Steindl. Dazu haben sie Physikerlehrpersonen zu deren eigenen Unterricht befragt. Die Befragung hat ergeben, dass „[...] kaum zwischen den Begriffen des Fehlers und der Unsicherheit differenziert wird [...]“ (Nagel et al., 2021, S. 5) und, dass eine ungenügende Behandlung im Unterricht oft am Fehlen von Unterrichtskonzepten liegt. Derartige Unterrichtskonzepte wurden von Loidl und Bärenthaler-Pachner im Rahmen des Design-Based Research-Ansatzes entwickelt und im kleinen Rahmen getestet. Hierbei wurden prototypische Lehr-Lern-Arrangements entwickelt, die auf domänenspezifischen Designprinzipien basieren, allen voran der „Vertrauenswürdigkeit“ als Brückenkonzept zwischen Alltagserfahrungen und dem Fachkonzept der Messunsicherheiten. Teil dieser Arbeit ist es, Messinstrumente zu entwickeln, um die Unterrichtskonzepte anschließend in einer großangelegten Studie (ca. 380 Lernende) zu testen. Das ist im Zyklus des Design-Based Research in der Validierungsebene einzuordnen, da hier in einem breiten Setting die Unterrichtspraxis untersucht wird.

Die Entwicklung der Messinstrumente für die Evaluation der Lehr-Lern-Arrangements an Schulen, wird durch den Forschungszyklus beschrieben. Die praktische Testung der Unterrichtskonzepte an Schulen ist dem Entwicklungszyklus zuzuordnen. In Kapitel 3.1 werden die einzelnen Ebenen, bezogen auf dieses Forschungsprojekt, genau formuliert.

### **2.1.1 Validierung**

Betrachtet man die Validierungsebene genauer, umfasst laut Haagen-Schützenhöfer der Arbeitsbereich des Forschungszyklus die „Validierung von Forschungsprodukten am Markt (Peers, Scientific Community)“ (Haagen-Schützenhöfer, 2016, S. 11) und der Arbeitsbereich des Entwicklungsraumes die „Ökologische Validierung von Entwicklungsprodukten am Markt (Unterrichtspraxis)“ (Haagen-Schützenhöfer, 2016, S. 11).

Im Laufe dieses Forschungsprojektes sind beide Aspekte der Validierung vorgekommen. Die Scientific Community, vor der die im Zuge dieser Arbeit erstellten Forschungsprodukte mehrfach im Rahmen eines Seminars (im Laufe dieser Arbeit *Expert\*innenseminar* genannt) präsentiert und somit überarbeitet werden konnten, war eine Gruppe von Peers, Kolleginnen und Kollegen mit hohem Bildungsgrad, dem Co-Betreuer dieser Arbeit und Professor\*innen aus der fachdidaktischen Forschung für Physik. Das Feedback, das man in einer derartigen Umgebung erhält, kommt demnach von Personen, die bereits in Projekten gearbeitet haben, die diesem ähneln, oder ein tiefes Verständnis bezüglich der Thematik aufweisen. Ein derartiges Feedback kann mehrere Aspekte der Forschung beinhalten.

An dieser Stelle wird ein möglicher Auszug daraus gegeben, der in den Kapiteln 3.2.1 und 3.2.2 auf das konkrete Projekt bezogen wird. Dieser Auszug stellt eine Generalisierung des Feedbacks dar, das im Laufe des *Expert\*innenseminars* geäußert wurde: Bei der Erstellung von Untersuchungswerkzeugen, welche von verschiedenen Personen verwendet werden sollen, ist darauf

zu achten, dass die Anweisungen derart präzise formuliert sind, dass sie von allen Beteiligten auf die gleiche Art gelesen werden. Bei dem Einsatz mehrerer Untersuchungswerkzeuge müssen diese untereinander abgestimmt sein. Sie erfassen die zu messenden Daten derart, dass eine spätere Auswertung großer Datensätze möglich ist. Es werden alle notwendigen Aspekte des zu untersuchenden Gegenstandes erfasst.

Die ökologische Validierung in der Praxis fand durch die Unterstützung eines anderen Seminars (im Laufe dieser Arbeit *Masterseminar* genannt) mit anderen Studierenden, die die entwickelten Produkte an Schulen angewendet haben, statt. Genaueres zur praktischen Umsetzung ist in Kapitel 3.1 zu finden.

## 2.2 Triangulation

Die Methode der Triangulation stammt ursprünglich aus der Landvermessung und beschreibt die Ermittlung eines Messpunktes durch Einteilung eines bestimmten Bereiches in Dreiecke und der Verwendung trigonometrischer Funktionen (vgl. Krüger und Pfaff, 2008, S.157). Ähnlich wie bei der Geodäsie wird bei der Triangulation in der Schulforschung auf Daten aus unterschiedlichen Perspektiven zurückgegriffen, um auf eine neue Erkenntnis zu kommen. Laut Altrichter und Posch bietet Triangulation eine „[...] Gelegenheit zum kontrastierenden Vergleich unterschiedlicher Berichte zum „selben“ Sachverhalt [...]“ (Altrichter et al., 2018, S. 161).

Laut Heinz-Hermann Krüger und Nicolle Pfaff ist Triangulation „die Verknüpfung von qualitativen und quantitativen Methoden und Daten“ (Krüger und Pfaff, 2008, S.160). Diese Verknüpfung ist deshalb notwendig, weil qualitative und quantitative Methoden unterschiedliche Zwecke erfüllen. Quantitative Methoden werden laut Barton und Lazarsfeld (Barton und Lazarsfeld, 1979) für die Kontrolle von Theorien herangezogen, welche durch qualitative Methoden ausführlich erkundet wurden.

Denzin formuliert 1978 verschiedene Arten der Triangulation. Bei der in dieser Arbeit verwendeten Art handelt es sich um die Erfassung von Daten zu unterschiedlichen Zeitpunkten und von verschiedenen Personengruppen (Denzin, 1978). Welche Perspektiven eingenommen und welche Merkmale untersucht werden, ist von Studie zu Studie unterschiedlich. Das Schulumfeld bietet eine Vielzahl solcher Möglichkeiten. Die folgende Liste bietet einen Auszug, welcher aber nicht erschöpfend ist:

- Schriftliche Tests und Interviews von Lernenden
- Schriftliche Befragungen und Interviews von Lehrpersonen
- Beobachtung von Lernenden und Lehrpersonen während des Unterrichts.

Beobachtete Unterrichtseinheiten und durchgeführte Interviews können auch auf Video aufgezeichnet werden, um quantitative Untersuchungen, zum Beispiel durch Kodierungen des Gesagten und der Handlungen, zu unterstützen. Für eine Triangulation werden drei verschiedene Datenquellen untersucht, ausgewertet und miteinander verglichen.

Für die Umsetzung einer Triangulation bieten sich verschiedene Varianten an. Qualitative und quantitative Forschung können entweder parallel laufen, oder einander innerhalb einer Studie beeinflussen. Ein möglicher Aufbau, der eine Abwechslung von qualitativen und quantitativen Testinstrumenten vorsieht, kann den folgenden Ablauf aufweisen: Durch ein Interview werden qualitative Daten gesammelt, die dann mit der Auswertung von Fragebögen, welche quantitativer Natur sind, verglichen werden und im Anschluss durch darauf aufbauende Interviews untermauert

werden. (vgl. Flick, 2008, S. 80) In dieser Arbeit wurde ein parallel laufender Ansatz, der in Kapitel 3.1 genau erläutert wird, gewählt.

Die qualitative Forschung dieser Arbeit wurde somit nicht, wie von Barton und Lazarsfeld (vgl. Flick, 2008, S. 81) beschrieben, zur Hypothesenfindung verwendet, sondern um eine mögliche „[...] Interpretation und Klärung von Zusammenhängen aus statistischen Analysen [...]“ (Flick, 2008, S. 82) zu liefern. Zusätzlich können die Beobachtung während des Unterrichts durch Studierende und die darauffolgende Auswertung mögliche Problemfelder der Unterrichtskonzepte aufzeigen. Dies kann stellenweise auch durch die Auswertung der Tests erfolgen. Allerdings gibt diese nicht den nötigen Einblick in das Unterrichtsgeschehen, um zukünftige Änderungen der Konzepte begründen zu können. Der Einblick kann durch die Lehrpersonenbefragung zusätzlich vertieft werden.

Bei einem Vergleich von qualitativen und quantitativen Daten, welche verschiedene Perspektiven darstellen, können nicht nur Übereinstimmung und Klarheit erzeugt werden, sondern auch „[...] Unterschiede, Widersprüche und Diskrepanzen [...]“ (Altrichter et al., 2018, S. 161) zum Vorschein kommen. Das sind Ansatzpunkte, um die Interpretation einer Situation, hier eines Lehr-Lern-Arrangements mit seinen lokalen domänenspezifischen Lerntheorien und dem Designwissen darüber, weiterzuentwickeln. Vorteile bestehen nach Altrichter und Posch (2018) darin, dass

- ein „dichteres“, ausgewogeneres Bild einer Situation entsteht
- die Widersprüchlichkeit vieler Situationen sichtbar wird, wodurch tiefgehende Interpretationen angeregt werden
- die problematische und erkenntnisfeindliche „Hierarchie der Glaubwürdigkeit“ durchbrochen wird, weil Perspektiven rangunterschiedlicher Personen gleichwertig nebeneinander gestellt werden.

### 3 Methodik der Arbeit

Dieses Forschungsprojekt fußt auf den Methoden des Design-Based Research und der Triangulation, welche bereits in den Kapiteln 2.1 und 2.2 theoretisch erläutert wurden. Da man zusätzlich zur Lehrenden- und Lernenden-Perspektive Beobachtungen des Unterrichtsgeschehens von dritten Personen einbinden wollte, wurde die Triangulation als Untersuchungsmethode gewählt. Um die Daten aus diesen Sichtweisen bestmöglich einzufangen, wurden zwei Testinstrumente entwickelt: eine Online-Befragung der Lehrenden, die die Unterrichtskonzeptionen in ihrem Unterricht eingesetzt haben und ein Beobachtungsleitfaden für die Perspektive des neutralen Dritten. Für die Perspektive der Lernenden wurde ein bereits bestehendes Instrument verwendet: der Leistungstest von Kollegin Eva Abl. Den Testinstrumenten lag die Bedingung zugrunde, dass sie sowohl im Unterricht der Sekundarstufe I als auch im Unterricht der Sekundarstufe II zum Einsatz kommen würden. In den folgenden Kapiteln wird der Erstellungsprozess besagter Testinstrumente näher beschrieben.

#### 3.1 Testdesign

In diesem Kapitel wird die Triangulation, die im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurde, beschrieben. Wie bereits in Kapitel 2.2 erklärt, gibt es im Schulumfeld eine Vielzahl möglicher Untersuchungsgegenstände. Für die Durchführung, Beobachtung und Auswertung der Konzepte wurden folgende drei Blickpunkte eingenommen:

- Online-Befragung der Lehrpersonen, nachdem sie das Unterrichtskonzept durchgeführt haben
- Leistungstest der Lernenden
- Beobachtung der Lernenden während der Durchführung des Unterrichtskonzepts.

Alle drei Testinstrumente wurden vor Beginn der Durchführung der Unterrichtskonzepte entwickelt und finalisiert. Eine Beeinflussung der Testinstrumente untereinander hat während der Studie demnach nicht stattgefunden. Die Erhebungen von qualitativen und quantitativen Daten sind parallel abgelaufen und die drei Testinstrumente sind nicht in allen Schulen zeitgleich zum Einsatz gekommen. Die Sammlung der Daten hat hauptsächlich im Zuge des in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Masterseminars stattgefunden. Das Masterseminar trägt den Namen „E-Kompetenzen im Schulunterricht der Sek I (neu) und II“ und wurde im Sommersemester 2023 abgehalten.

Schule	Bundesland	Schultyp	Schulstufen	Anzahl Tests
1	W	AHS	8, 9, 10, 10	27, 19, 18, 19
2	W	AHS	7, 11	23, 14
3	W	AHS	8, 8	15, 25
4	W	AHS	7, 7, 8, 8, 8	17, 22, 0, 16, 15
5	W	AHS	8, 8, 8	16, 21, 19
6	NÖ	HLS	9, 10, 12	11, 16, 8
7	NÖ	IMS	8	10
8	W	AHS	10, 10	16, 12
9	B	AHS	9	25

Tabelle 1: Schulübersicht

Die Testung wurde in neun Schulen, davon fünf in Wien, drei in Niederösterreich und eine im Burgenland, durchgeführt. In Tabelle 1 ist eine detailreiche Übersicht zu den einzelnen Schulen gegeben. Darin ist notiert, in welchem Bundesland sich die Schule befindet, welchem Schultyp sie angehört, in welchen Schulstufen Testungen unterrichtet wurden und wie viele Lernende am

Leistungstest teilgenommen und einen gültigen Test abgegeben haben. Vereinzelt mussten Tests als ungültig aus der Auswertung genommen werden. In der 4. Schule war es in einer Klasse aus organisatorischen Gründen nicht möglich den Test durchzuführen.

Innerhalb des Masterseminars war die Aufgabe der Studierenden, mindestens zwei Konzeptunterrichtungen zu beobachten. Ebenfalls war es möglich, eines der Konzepte bei eigener Unterrichtstätigkeit selbst zu unterrichten, wobei eine beobachtende Person zusätzlich anwesend sein musste. Daraus ergibt sich eine große Spannweite an Berufserfahrung. Die beiden Konzepte wurden von zwölf Lehrpersonen unterrichtet, deren Dienstjahre in Tabelle 2 angeführt sind.

Anzahl Lehrpersonen	Dienstjahre
7	0 - 4
3	5 - 9
1	25 - 29
1	>30

Tabelle 2: Lehrpersonen und Dienstjahre

Insgesamt nahmen 23 Schulklassen, davon 13 der Sekundarstufe I und zehn der Sekundarstufe II, an der Testung teil, in welcher mindestens 384 Lernende unterrichtet wurden. Dies ist die Anzahl der Leistungstests, die ausgewertet wurden. Genaueres dazu in Kapitel 4.3

## 3.2 Testinstrumente

### 3.2.1 Beobachtungsleitfaden

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wurden drei unterschiedliche Perspektiven im Zuge einer Triangulation eingenommen. Ein Blickpunkt davon war die Beobachtung der Lernenden im Unterricht, während der Durchführung. Da die Konzepte in neun unterschiedlichen Schulen und in insgesamt 23 Klassen unterrichtet wurden, bedurfte es mehrerer Beobachter\*innen. Diese Funktion übernahmen die Studierenden des bereits oben erwähnten Masterseminars.

Sowohl Loidl als auch Bärenthaler-Pachner haben ihre erstellten Unterrichtskonzepte getestet. Um ihre Daten statistisch auszuwerten, haben sie Kategorien erstellt. Die Erstellung der Kategorien lief teilweise deduktiv ab, teilweise auch, wenn notwendig, während der Datenauswertung. Die Kategorien von Loidl und Bärenthaler-Pachner sind auf den Seiten 48 (Loidl, 2021) und 61 (Bärenthaler-Pachner, 2022) nachzulesen.

Um die Aktivitäten der Lernenden während des Unterrichtens der Unterrichtskonzepte von Loidl (für die Sekundarstufe I) und Bärenthaler-Pachner (für die Sekundarstufe II) im Zuge dieser Arbeit untersuchen zu können, wurde ein Testinstrument entwickelt, das von Studierenden im Unterricht zum Einsatz kam. Für die Entwicklung dieses Beobachtungsleitfadens wurden die Kategorien beider Konzepte verglichen und vereinheitlicht. Die schließlich verwendeten Kategorien können in den Tabellen 3 und 4 nachgelesen werden. Der Leitfaden ist für die Unterstufe und Oberstufe anwendbar, was den organisatorischen Aufwand bei der Durchführung verringert und die statistische Auswertung vereinfacht. Für jede Unterrichtseinheit ist von den Studierenden ein Beobachtungsleitfaden auszufüllen. Beide Konzepte benötigen jeweils zwei bis drei aufeinanderfolgende Unterrichtseinheiten. Mithilfe des in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Feedbacks wurde der Beobachtungsleitfaden, welcher im Anhang nachzulesen ist, mehrfach überarbeitet.

Der Beobachtungsleitfaden beginnt mit einer organisatorischen Kopfzeile, welche alle notwendigen Informationen zur späteren Platzierung innerhalb der Triangulation beinhaltet. Um die Zuteilung

der Beobachtungsbögen mit den anderen Perspektiven zu vereinfachen, erhält jeder Beobachtungsleitfaden eine spezifische Kodierung, welche die entsprechende Schule, Lehrperson, Klasse und Einheit beinhaltet. Die Einheit bezieht sich darauf, in welcher der Unterrichtseinheiten die Beobachtungen gemacht wurden, da die Konzepte mehrere Unterrichtseinheiten benötigen.

Die Kategorien am Beobachtungsleitfaden werden in drei Abschnitte gegliedert: *Arbeitsstrategien*, *Denkprozesse* und *keine Zielerreichung*. Die Studierenden haben neben den Operatoren noch zusätzlich Platz für Beobachtungsnotizen. Beim Abschnitt *keine Zielerreichung* gibt es zusätzlich zu den Beobachtungsnotizen noch eine weitere Spalte *Gründe (Verdacht)*. Hier können die Studierenden Vermutungen für Handlungen ohne Ziel von Lernenden niederschreiben.

Zusätzlich zu den Kategorien wurde noch eine *Lesart*, welche die zur Kategorie gehörende operationalisierte Handlung beschreibt, hinzugefügt, damit die Definitionen der Kategorien von allen beobachtenden Personen gleich ausgelegt werden. Das Hauptaugenmerk des Beobachtungsleitfadens sind die beobachteten Operatoren. Für jede Kategorie wurden mehrere mögliche Operatoren vorgegeben. Die Studierenden, die die Durchführung der Unterrichtskonzepte beobachten, fokussieren sich auf ein bis drei Kleingruppen innerhalb der Klasse und notieren, falls die Lernenden Handlungen den Kategorien entsprechend setzen, dies mit den passenden Operatoren.

Die Tabellen 3 und 4 enthalten die in dieser Arbeit verwendeten Kategorien. Folgende Abkürzungen werden in den Tabellen 3 und 4 verwendet:

S...Die Schülerinnen und Schüler

US...Unsicherheit

MU...Messunsicherheit

In den Zeilen 1, 5, 7, 9 und 10 sind die Kategorien von Loidl und Bärenthaler-Pachner gleich und mit gleichem operationalisiertem Lernenden-zentriertem Lernziel beschrieben. In den Zeilen 2, 3 und 6 sind die Kategorien von Loidl und Bärenthaler-Pachner ähnlich und mit ähnlichem operationalisiertem Lernenden-zentriertem Lernziel formuliert. Die von Loidl formulierten Kategorien in Zeile 4 und 8 wurden zu einer Kategorie vereinigt.

Kategorien Loidl SEK I		Kategorien Bärenthaler-Pachner SEK II		
1.	Messreihe anfertigen und Mittelwert bilden	Zum Vergleich mehrerer Messergebnisse werden diese in einer Messreihe zusammengefasst und ein <b>Mittelwert errechnet</b> .	Mittelwert und Typ A-MU berechnen	S führen die <b>statistische Auswertung</b> mit unterschiedlichen Werkzeugen (GeoGebra, TR, Excel,...) durch.
2.	Spannweite berechnen	Die <b>Spannweite</b> von mehreren Messergebnissen kann <b>berechnet</b> werden und wird als Streuungsmaß herangezogen.	Bewertung der Vertrauenswürdigkeit	S führen Gründe für eine geringe bzw. hohe Vertrauenswürdigkeit von Messgeräten oder Messergebnissen an.
3.	Vertrauenswürdigkeit beurteilen	S <b>beurteilen</b> die <b>Vertrauenswürdigkeit</b> aufgrund vorangegangener Überlegungen und ziehen im besten Fall sogar MU bei der Beurteilung mit ein.	Vergleich nach Vertrauenswürdigkeit	S <b>ordnen Messergebnisse</b> nach ihrer Vertrauenswürdigkeit und beziehen sich dabei auf unterschiedliche MU oder Anzahl von Messungen.
4.	Ausprobieren	Die S versuchen durch <b>Ausprobieren</b> die Durchführung/Auswertung des <b>Experiments zu optimieren</b> , um die bestmöglichen Ergebnisse zu erzielen.		
5.	Unsicherheiten diskutieren	Die S werden zu <b>Diskussionen</b> angeregt. Gemessene Werte werden genauestens betrachtet und in der <b>Gruppe</b> abgeschätzt. Sie reflektieren verschiedene Ursachen von MU.	Diskussion über MU	S <b>diskutieren</b> über das Konzept der MU allgemein.
6.	Streuung von Messwerten (Typ A-US)	S <b>erkennen</b> , dass Einzelmesswerte streuen. Im besten Fall wird erkannt, dass Messergebnisse immer um einen Mittelwert streuen.	Gründe für die Streuung	S <b>diskutieren</b> über die Streuung von Messwerten, die in der Klasse auftreten.

Tabelle 3: Kategorien Teil 1

	Kategorien Loidl SEK I		Kategorien Bärenthaler-Pachner SEK II	
7.	Genauigkeit des Messgeräts (Typ B-US)	Die S <b>denken laut</b> über die Genauigkeit und damit die Vertrauenswürdigkeit des Messgeräts nach.	Überlegungen zur Typ B-MU (Vertrauenswürdigkeit)	S <b>diskutieren</b> über MUS und Beispiele, die zur Typ B-MU zählen .
8.	Verbesserung der Versuchsanordnung	Die S <b>entwickeln Strategien</b> , um die Vertrauenswürdigkeit einer Messung zu erhöhen.		
9.	Handlungen ohne Ziel	Es werden Handlungen gesetzt, die nicht auf die Erreichung der gestellten Aufgabenziele führen. Auch das <b>Erraten</b> von Ergebnissen wird in dieser Kategorie verortet.	Handlung ohne Ziel	S setzen Handlungen, die nicht zur richtigen Bearbeitung von Arbeitsaufträgen führen. <b>Erraten</b> von Ergebnissen zählt auch zu dieser Kategorie.
10.	Fehlerhafte Handlung	Die S entscheiden sich für eine <b>fehlerhafte Handlung</b> bzw. ziehen einen <b>fehlerhaften Schluss</b> .	Fehlerhafte Handlung	S entschließen sich für eine fehlerhafte Handlung und/oder kommen zu fehlerhaften Schlussfolgerungen.

Tabelle 4: Kategorien Teil 2

### 3.2.2 Online-Lehrpersonenbefragung

In der Lehrpersonenbefragung, die nach Durchführung des Konzepts in einer Klasse von der unterrichtenden Person auszufüllen ist, wird unter anderem nach Key Ideas und Lernzielen gefragt. Die Lehrperson soll anhand einer fünfteiligen Likert-Skala bewerten, ob sie denke, die Lernenden hätten die entsprechende Key Idea verstanden und das angegebene Lernziel erreicht. Die Online-Lehrpersonenbefragung berücksichtigt, ob man eine oder zwei Klassen unterrichtet hat, in welcher Schulstufe das Konzept durchgeführt wurde und wählt die entsprechenden klassenbezogenen Fragen in Abhängigkeit der Antworten aus. Demnach sind um die 55 Fragen zu beantworten. Die Fragen variieren von Single-Choice-Fragen zu Multiple-Choice-Fragen bis hin zu offenen Fragen. Für die Erstellung der Online-Lehrpersonenbefragung wurde das Tool SoSci Survey verwendet, welches kostenlos über die Universität Wien verfügbar ist. Die vollständige Online-Lehrpersonenbefragung ist im Anhang zu finden.

Die Key Ideas und Lernziele stammen aus den Masterarbeiten von Loidl und Bärenthaler-Pachner. Auf ihnen wurden die Unterrichtskonzepte aufgebaut, wobei sie unterschiedliche Funktionen erfüllen. Key Ideas stellen die „fachlich zentralen Konzepte eines (Teil)gegenstandsbereiches“ (Haagen-Schützenhöfer, 2016, S. 21) im Lernprozess dar und Lernziele sind Erwartungen, die an Lernende gestellt werden.

In den folgenden beiden Aufzählungen sind die Key Ideas (Loidl, 2021, S. 90) und Lernziele (Loidl, 2021, S. 33) aufgelistet, die dem Unterrichtskonzept der Sekundarstufe I zugrunde liegen.

#### Key Ideas der Sekundarstufe I

- KI1** Die einzelnen Messungen einer Messreihe sind meistens nicht ident.
- KI2** Der Mittelwert einer Messreihe ist der Wert, der dem wahren Wert am nächsten kommt. Je mehr Messungen man macht, desto näher kommt der Mittelwert an den wahren Wert heran.
- KI3** Je kleiner die Spannweite einer Messreihe ist, desto vertrauenswürdiger ist das Ergebnis. Man sagt dann: „Die Messung hat eine kleine Messunsicherheit.“
- KI4** Unsicherheiten einer Messung haben verschiedene Ursachen:
  - Zufällig unterschiedliche Messergebnisse
  - Genauigkeit des Messgerätes

#### Lernziele der Sekundarstufe I

Die Lernenden können ...

- LZ1** ... erklären, warum eine Messung immer eine gewisse Unsicherheit hat.
- LZ2** ... die Vertrauenswürdigkeit verschiedener Messergebnisse einschätzen und vergleichen.
- LZ3** ... ein Ergebnis vollständig (Mittelwert von mehreren Messergebnissen und als Streuungsmaß die Spannweite - oder die Standardabweichung, abhängig vom mathematischen Vorwissen) angeben.
- LZ4** ... verschiedene Quellen für Unsicherheiten aufzählen und sie bei der Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit einer Messung miteinbeziehen.

In den folgenden beiden Aufzählungen sind die Key Ideas (Bärenthaler-Pachner, 2022, S. 36) und Lernziele (Bärenthaler-Pachner, 2022, S. 36) aufgelistet, die dem Unterrichtskonzept der Sekundarstufe II zugrunde liegen. Die letzten beiden Lernziele sind Teile einer optionalen Erweiterungseinheit des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe II. Da das erweiterte Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II in der Durchführung nicht unterrichtet wurde, werden die Lernziele LZ6 und LZ7 in der Aufzählung zwar angeführt, aber später nicht näher untersucht, erläutert oder in der Datenauswertung berücksichtigt.

## Key Ideas der Sekundarstufe II

- KI1** Die einzelnen Messungen einer Messreihe sind meistens nicht ident. (Loidl, 2021, S. 90)
- KI2** Messunsicherheiten können nach der Methode A und B bestimmt werden.
- KI3** Ergebnisse können sich bezüglich ihrer Vertrauenswürdigkeit unterscheiden.
- KI4** Ein Messwert soll immer mit der passenden Messunsicherheit angegeben werden.
- KI5** Eine Messgröße wird mit Zahlenwert und passender Einheit angegeben.

## Lernziele der Sekundarstufe II

Die Lernenden ...

- LZ1** ... beschreiben Schritte bei der Herstellung und Verwendung eines Messgeräts, die zu Typ-B Messunsicherheiten führen.
  - LZ2** ... können Messungen auf Basis ihrer Vertrauenswürdigkeit bewerten. Dabei können sie verschiedene Messungen nach ihrer Messunsicherheit ordnen und Vergleiche bezüglich der Vertrauenswürdigkeit ziehen.
  - LZ3** ... geben Messergebnisse richtig an (Mittelwert  $\pm$  Messunsicherheit) und unterscheiden zwischen korrekten und falschen Angaben wissenschaftlicher Messwerte.
  - LZ4** ... können den Mittelwert und die Standardabweichung des Mittelwerts für eine gegebene Messreihe berechnen.
  - LZ5** ... unterscheiden Messunsicherheiten nach Typ-A und Typ-B.
- 

**LZ6** ... können Einheiten von Messgrößen unterscheiden.

**LZ7** ... können Einheiten entsprechenden Messgrößen richtig zuordnen.

Eine Erstfassung der Online-Lehrpersonenbefragung wurde vor dem in Kapitel 2.1.1 bereits erwähnten Expert\*innenseminar präsentiert. Daraus konnte folgendes Feedback für die Bearbeitung der Befragung gezogen werden:

- Die Bearbeitungszeit soll aufgrund der Aufmerksamkeit der bearbeitenden Person nur so lange wie unbedingt notwendig sein.
- Um die anschließende statistische Auswertung nicht zu verkomplizieren, sollen nur notwendige Fragen gestellt werden.
- Das Ziel jeder Frage soll es sein, Teile der Forschungsfrage zu beantworten.

Das Feedback wurde zur Überarbeitung der Befragung genutzt, bevor sie zu einer abschließenden Testung durch den Co-Betreuer dieser Arbeit finalisiert wurde. Bei der Überarbeitung wurde besonders darauf geachtet, alle Aspekte der Forschungsfrage abzudecken. Die Key Ideas und Lernziele stellen also den Hauptteil der Befragung dar.

### 3.2.3 Leistungstest

Der Leistungstest wurde nicht im Zuge dieser Arbeit, sondern von Eva Abl für ihre Masterarbeit erstellt. Damit hat sie Lernende getestet, die Jahre zuvor unter Verwendung des Konzepts unterrichtet wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde der Test innerhalb der Triangulation für das Abprüfen von Lernzielen und Key Ideas verwendet. Er setzt sich sowohl aus Ankreuzaufgaben als auch aus offenen Fragen zusammen. Der Test wurde von Lernenden der Sekundarstufe I und Lernenden der Sekundarstufe II nach Vollendung der Konzepte ausgefüllt. Da für kein Testinstrument Klarnamen verwendet wurden, hat jeder Test eine einzigartige Kodierung erhalten, um ihn der entsprechenden Schule, Lehrperson und Klasse zuzuordnen.

Die Auswertung der offenen Fragen war, entgegen der Aufgaben zum Ankreuzen, ein langwieriger Prozess. Die Antworten der Lernenden auf die Aufgabe 6, nachzulesen im Anhang, mussten entsprechend der in Kapitel 3.2.1 angeführten Kategorien kategorisiert werden. Der Prozess der Kategorisierung hat eine häufige Absprache zwischen den bei der Auswertung beteiligten Personen, darunter war auch der Co-Betreuer dieser Arbeit, umfasst. Die Auswertung der 384 Tests fand innerhalb des Masterseminars statt und wurde von drei Studierenden und mit der Hilfe des Co-Betreuers dieser Arbeit durchgeführt. Während dieses Prozesses wurde ein Großteil der Entscheidungen über die zur Antwort passende Kategorie von mehr als einer Person getroffen. Vor allem zu Beginn wurden die meisten Kategorisierungen von einer zweiten Person wiederholt, um eine hohe Interrater-Reliabilität zu gewährleisten.

Die Auswertung der Testdaten, die in den Kapiteln 4.4 und 4.5 zu finden sind, wird dadurch erschwert, dass nicht jede Frage einer spezifischen Key Idea oder einem spezifischen Lernziel zuzuordnen ist. Umgekehrt wird auch nicht jede Key Idea und jedes Lernziel durch eine eigene Frage abgeprüft. Inwiefern das die Auswertung behindert, wird in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben.

Der Test wird mit maximal 15 Punkten bewertet, die folgenderweise vergeben werden. Die Aufgaben 1 und 5 sind Single-Choice-Fragen, die jeweils zwei Punkte wert sind. Bei Aufgabe 2 gibt es die Antwortmöglichkeiten 1, 2, 3 und 4, welche respektive einen, einen, zwei und null Punkte wert sind. Bei den Aufgaben 3 und 4 gibt es fünf Antwortmöglichkeiten, wovon drei richtig sind. Kreuzt man eine falsche Antwortmöglichkeit an, erhält man null Punkte, unabhängig davon, was man sonst angekreuzt hat. Bei genau einer oder zwei richtigen Antworten erhält man je einen Punkt. Aufgabe 6a) ist in zwei Teile unterteilt. Jeder Teil ist einen Punkt wert. Den Punkt für die Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit erhält man, wenn man die Vertrauenswürdigkeit links von der Mitte einschätzt. Den Punkt für die Verbesserungsvorschläge erhält man für einen Vorschlag, der den Kategorien 1.1, 1.3, 1.4, 2.1 oder 2.3 zuzuordnen ist. Die Aufgabe 6b) besteht aus drei Unteraufgaben, die jeweils einen Punkt wert sind. Das Ankreuzen des vertrauenswürdigeren Ergebnisses ist eine Single-Choice-Frage. Die Unteraufgabe zur Begründung der Ankreuzaufgabe wurde von Test zu Test individuell ausgewertet, da es hierbei einige richtige Formulierungen gibt. Die Unteraufgabe zu den Verbesserungsvorschlägen wird nach dem gleichen Schema ausgewertet wie Aufgabe 6a).

### **3.3 Gütekriterien**

Zur Lehr- Lernforschung gehören neben den Gütekriterien von qualitativer und quantitativer Forschung auch noch forschungsethische Kriterien. Nach Altrichter et al. (Altrichter et al., 2018, 108f) sind abseits der klassischen Gütekriterien auch Aspekte einer regelgeleiteten Umsetzung – im ethischen Sinn – von großer Bedeutung. So wurden etwa Einverständniserklärungen aller Eltern der teilhabenden Lernenden an allen Schulen eingeholt, die die Eltern über das Projekt informieren und die Direktion über alle Abläufe in Kenntnis gesetzt. Die dazugehörigen Dokumente befinden sich im Anhang. Die Lernenden wurden bei allen Schritten darüber informiert, weshalb diese Untersuchung stattfindet, wofür ihre Daten verwendet werden, und dass alle Daten frei von Klarnamen sind.

#### **3.3.1 Qualitative Forschung**

Nach Mayring (vgl. Mayring, 2016) gibt es sechs Gütekriterien, welche alle Verfahrensschritte qualitativer Forschung abdecken. Im Folgenden werden besagte Kriterien näher erläutert.

##### **Verfahrensdokumentation**

Alle drei Aspekte der Triangulation beinhalten Elemente der qualitativen Forschung. Der Leistungstest besitzt nicht nur Aufgaben zum Ankreuzen, sondern auch offene Fragen, welche es zu kategorisieren galt. Dieser Prozess hat im bereits erwähnten Masterseminar stattgefunden. Die Ergebnisse wurden anschließend in einem Dokument zusammengefügt. Die Beobachtungsleitfäden, die den Unterricht beschreiben sollen, wurden ebenfalls in diesem Seminar ausgewertet. Die Lehrpersonenbefragung wurde online durchgeführt. Die Website fasste die Daten zusammen und veranschaulichte sie unter verschiedenen Gesichtspunkten in Excel-Listen. Die Antworten der Lehrpersonen auf die offenen Fragen wurden hierbei wortwörtlich übernommen und noch nicht weiter ausgewertet oder interpretiert. Im Anhang befinden sich alle Testinstrumente und in Kapitel 3.2 wird ihre Verwendung genau beschrieben.

##### **Argumentative Interpretationsabsicherung**

Dieses Forschungsprojekt ist eine Fortführung bereits bestehender Masterarbeiten von Loidl (Loidl, 2021) und von Bärenthaler-Pachner (Bärenthaler-Pachner, 2022). Viel vom Vorwissen, das zum Durchführen dieses Projekts notwendig war, stammt demnach aus diesen Arbeiten. Die Interpretation von Daten findet in dieser Arbeit hauptsächlich bei der Bewertung von Lernzielen und Key Ideas statt. Die drei Blickpunkte der Triangulation geben dabei Aufschluss darüber, inwiefern ein Lernziel erreicht bzw. eine Key Idea vermittelt wurde. An den Stellen, an denen Brüche bei der Interpretation auftreten, wird auf diese jedes Mal individuell eingegangen.

##### **Regelgeleitetheit**

Für jede Interpretation von Lernziel und Key Idea wird der genaue Ablauf beschrieben. Alle drei Perspektiven erhalten hierbei das gleiche Gewicht. Zunächst wird untersucht, ob eine Perspektive besonders negativ oder besonders positiv heraussticht. Falls sich bei allen drei Perspektiven das gleiche Bild zeigt, ist eine Interpretation einfach. Wenn das nicht der Fall ist, müssen die Perspektiven abgewogen und ein Kompromiss gefunden werden. Die Begründung für einen derartigen Kompromiss wird immer direkt im Anschluss an die Interpretation gegeben.

##### **Nähe zum Gegenstand**

Die Sammlung der Daten findet an dem Ort statt, für den die Unterrichtskonzepte entworfen wurden – an der Schule. Die Konzepte werden dafür in verschiedenen Schulen von Physiklehrpersonen unterrichtet. Die Anwesenheit von Beobachterinnen und Beobachtern könnte zwar das Verhalten der Lernenden beeinflusst haben, aufgefallen ist es aber keinem der Beteiligten.

### **Kommunikative Validierung**

Zu einer dezidierten kommunikativen Validierung ist es nicht gekommen. Die Untersuchungsergebnisse wurden mit den untersuchten Personen im Nachhinein nie besprochen. Aufgrund der Einfachheit der Fragestellungen der Online-Lehrpersonenbefragung kann von validen Antworten ausgegangen werden.

### **Triangulation**

Die Triangulation stellt das Herzstück dieser Arbeit dar. Um mögliche Diskrepanzen und Übereinstimmungen zu erkennen, wurde stets eine Gegenüberstellung verschiedener Perspektiven vorgenommen. Dies gibt auch zukünftigen Forscherinnen und Forschern die Möglichkeit, die Unterrichtskonzepte sowie die Testinstrumente gezielt zu überarbeiten.

## **3.3.2 Quantitative Forschung**

### **Objektivität**

Nach Dagmar Krebs und Natalja Menold kann Objektivität durch „die intersubjektive Nachvollziehbarkeit der — auf der Basis des vorliegenden Datenmaterials — durchgeführten Analysen“ und „durch die Standardisierung von Fragebögen“ (Krebs und Menold, 2019, S.491) gewährleistet werden. Auf beide Aspekte wurde bei der Projektdurchführung und Auswertung der Daten Rücksicht genommen. Bei der Aufbereitung und Analyse der erhobenen Daten wird stets kommuniziert, weshalb die Daten entsprechend ausgewertet werden und welche Daten nicht miteinbezogen werden. Alle Materialien, die zur Durchführung verwendet werden, wurden entweder anderen Masterarbeiten entnommen, oder durch Feedback in Seminaren geformt. Alle Lernenden in allen Schulen haben den gleichen Leistungstest erhalten und alle Lehrpersonen haben die gleiche Online-Befragung ausgefüllt. Da davon ausgegangen werden kann, dass nicht alle Lehrpersonen die Unterrichtskonzepte gleichartig unterrichten, wurde zusätzlich die Konzepttreue erhoben, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Die Beobachtungsleitfäden besitzen eindeutige Vorgaben, auf welche Operatoren bei welchem Arbeitsschritt zu achten ist. Nur die zusätzlichen Beobachtungsnotizen am Beobachtungsleitfaden sind nicht standardisiert. Diese Daten werden innerhalb dieser Arbeit aufgrund der Fülle an anderem Datenmaterial nicht ausgewertet und stehen zukünftigen Forscherinnen und Forschern zur Verfügung.

### **Validität**

Die Erstellung der Testinstrumente und des Testdesigns hat innerhalb eines Design-Based Research-Prozesses, an welchem unter anderem Professor\*innen aus der fachdidaktischen Forschung teilgenommen haben, stattgefunden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse stellen das einzige Merkmal valider Ergebnisse dar, weil nach der Durchführung der Untersuchung keine weiteren Tests für die Überprüfung der Validität stattgefunden haben.

### **Reliabilität**

Da alle gesammelten Daten im Masterseminar in Gruppen- oder Partnerarbeiten parallel ausgewertet und kategorisiert wurden, kann von reliablen Ergebnissen ausgegangen werden.

## 4 Auswertung der Daten

Die gesammelten Daten wurden einerseits für jede der drei Perspektiven einzeln und andererseits trianguliert, je nach Lernziel und Key Idea, ausgewertet. Die Auswertung der einzelnen Perspektiven erfolgte im Zuge des Masterseminars, in welchem die Studierenden in drei Gruppen zu je fünf Studierenden die Daten gesammelt, kategorisiert und ausgewertet haben. In Kleingruppentreffen wurde an der Auswertung weiter gearbeitet.

Zusätzlich zu den drei Perspektiven wurde die Konzepttreue erhoben. Dabei haben alle Personen, die eine Konzeptunterrichtung beobachtet haben, auf einer Skala von 1-5 angegeben, wie sehr sich die Lehrperson an das Konzept im Unterricht gehalten hat. Die folgende Skalierung wurde dafür verwendet.

- 1: trifft voll und ganz zu
- 2: trifft eher zu
- 3: teils-teils
- 4: trifft kaum zu
- 5: trifft überhaupt nicht zu

In der Tabelle 5 sind die Einschätzungen der Personen, die beobachtet haben, angegeben.

Skalierung	Anzahl der Bewertungen
1: trifft voll und ganz zu	2
2: trifft eher zu	18
3: teils-teils	0
4: trifft kaum zu	0
5: trifft überhaupt nicht zu	0

Tabelle 5: Konzepttreue der Lehrpersonen

### 4.1 Auswertung des Beobachtungsleitfadens

Die während des Unterrichts gesammelten Beobachtungen werden in dieser Arbeit nicht separat ausgewertet und interpretiert. Die Daten sind Teil der Triangulation und werden in den Kapiteln 4.4 und 4.5 mit den beiden anderen Perspektiven in Tabellen dargestellt. Die Daten können in Zukunft für weitere Auswertungen herangezogen werden.

### 4.2 Auswertung der Online-Lehrpersonenbefragung

Die Online-Lehrpersonenbefragung wurde von 12 unterschiedlichen Lehrpersonen zu insgesamt 23 Konzeptunterrichtungen ausgefüllt. Davon fanden 13 in der Sekundarstufe I statt und 10 in der Sekundarstufe II. Für die Datenauswertung standen aufgrund eines technischen Designfehlers nur 14 Datensätze zu Verfügung. Davon sind 7 Datensätze zur Sekundarstufe I und 7 Datensätze zur Sekundarstufe II vorhanden. Eine weitere Schwierigkeit, die bei der Auswertung der Daten aufgetreten ist, war die vollständigen von den unvollständigen Datensätzen zu trennen, um diese bei der Auswertung nicht miteinzubeziehen. Unvollständige Datensätze kamen zustande, wenn Lehrpersonen die Online-Befragung gestartet, aber ab einem gewissen Punkt abgebrochen haben. Ein Weiterführen der Befragung war nicht möglich, wodurch die Lehrpersonen die Befragung

erneut durchführen mussten.

In Tabelle 6 sind alle Daten der Online-Lehrpersonenbefragung bezüglich der Lernziele und Key Ideas in einer Übersicht aufgelistet.

	Sekundarstufe I		Sekundarstufe II	
	Mittelwert	Stabw.d.MW	Mittelwert	Stabw.d.MW
LZ1	2,43	0,20	2,00	0,31
LZ2	2,71	0,29	2,00	0,22
LZ3	3,14	0,26	3,00	0,53
LZ4	2,14	0,34	2,83	0,17
LZ5	–	–	3,00	0,37
KI1	1,71	0,18	2,33	0,60
KI2	2,00	0,22	x	x
KI3	2,57	0,30	x	x
KI4	2,00	0,22	x	x

Tabelle 6: Übersicht der Daten der Online-Lehrpersonenbefragung der Lernziele und Key Ideas, (–...Es gibt kein LZ5 für die SEK I, x...Aufgrund eines technischen Fehlers stehen dafür keine Daten zur Verfügung)

Bis auf Lernziel 4 und Key Idea 1 fallen die Ergebnisse der Sekundarstufe II besser aus als die entsprechenden Werte in der Sekundarstufe I. In den Kapiteln 5.1 und 5.3 wird auf die Werte einzeln eingegangen und sie werden mit den anderen Perspektiven in Verbindung gebracht.

Wie dem Anhang zu entnehmen ist, wurden bei der Lehrpersonenbefragung deutlich mehr Aspekte der Konzeptdurchführung als die Lernziele und Key Ideas abgefragt. Da die Lernziele in dieser Arbeit im Mittelpunkt stehen und die Key Ideas oftmals den Lernzielen sehr nahe stehen, wurden nur diese beiden Aspekte ausgewertet. Für zukünftige Arbeiten stehen die Daten zur Auswertung zur Verfügung.

### 4.3 Auswertung des Leistungstests

Die Tests wurden insgesamt in 22 Klassen, von denen zwölf zur Sekundarstufe I und zehn zur Sekundarstufe II gehörten, durchgeführt. Hierbei wurde in der Sekundarstufe I und in der Sekundarstufe II der gleiche Test verwendet. Es wurden 226 Tests der Sekundarstufe I und 158 Tests der Sekundarstufe II ausgewertet. Die Durchführung der Konzepte mit anschließender Testung hat schulabhängig 1-2 Wochen in Anspruch genommen. Der zeitliche Abstand zwischen Konzeptdurchführung und Test war aber nicht für alle Lernenden gleich, da einige Schulaktionen ein nahtloses Anschließen unmöglich gemacht haben. Absenzen der Lernenden wurden nicht notiert, wodurch vermutlich einige den Test geschrieben haben, obwohl sie nicht alle dazugehörigen Unterrichtsstunden besucht haben.

Der Test besteht aus sechs Aufgaben, wobei die sechste Aufgabe aus vier Unteraufgaben besteht. Auf den ganzen Test sind maximal 15 Punkte zu erreichen. Eine allgemeine Auswertung der Tests, inklusive der Einzelauswertungen der Aufgaben, ist in Tabelle 7 zu finden. Die Prozentangaben beziehen sich auf die erreichten Punkte in Bezug auf die maximal zu erreichenden Punkte. Es zeigte sich, dass 50% der Lernenden in der Sekundarstufe I 50% der Punkte oder mehr erreicht haben. In der Sekundarstufe II waren es mit 68% deutlich mehr Lernende. In der Sekundarstufe I erreichten die Lernenden durchschnittlich 49% der maximal möglichen Punkte. In der Sekundarstufe II waren es mit 59% deutlich mehr Punkte, die erreicht wurden.

In sieben Klassen der Sekundarstufe I haben mehr als die Hälfte der Lernenden mehr als 49% der möglichen Punkte erreicht. In fünf Klassen der Sekundarstufe I haben mehr als die Hälfte der Lernenden weniger als 50% der möglichen Punkte erreicht. In acht Klassen der Sekundarstufe II haben mehr als die Hälfte der Lernenden mehr als 49% der möglichen Punkte erreicht. In zwei Klassen der Sekundarstufe II haben mehr als die Hälfte der Lernenden weniger als 50% der möglichen Punkte erreicht. Sowohl in der Sekundarstufe I als auch in der Sekundarstufe II fällt die Aufgabe 1 am besten und die Aufgabe 5 am schlechtesten aus.

	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
≥50%	50%	68%
Gesamt	49%	59%
1.Aufgabe	55%	73%
2.Aufgabe	49%	61%
3.Aufgabe	39%	52%
4.Aufgabe	38%	38%
5.Aufgabe	25%	37%
6.Aufgabe, a)	78%	82%
6.Aufgabe, b)	55%	66%

Tabelle 7: Ergebnisse der Aufgaben 1 bis 6 des Leistungstests in der Sekundarstufe I und Sekundarstufe II

Die sechste Aufgabe des Leistungstests besteht aus den zwei Unteraufgaben a) und b), die jeweils für die Auswertung nochmals in Teil 1 und Teil 2 unterteilt werden. Die Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit anhand einer Skala ist Teil 1 und die Auflistung von Verbesserungsvorschlägen ist Teil 2 von Unteraufgabe a). Die Single-Choice-Frage nach dem vertrauenswürdigeren Ergebnis ist Teil 1 von Unteraufgabe b). Die Begründung für die in Teil 1 getroffene Wahl ist Teil 2 von Unteraufgabe b). Die Aufgabe zu den Verbesserungsvorschlägen innerhalb von Aufgabe 6b) in Teil 2 wird hier nicht separat ausgewertet, da sie sehr ähnlich zur Aufgabe 6a) in Teil 2 ist. Eine ausführliche Auswertung der Aufgabe 6b) ist in der Tabelle 9 für die Sekundarstufe I und in der Tabelle 13 für die Sekundarstufe II zu finden.

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Aufgabe 6a) differenziert dargestellt. Die Einschätzung

6a)	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
Einschätzung	69%	78%
K1.1	27%	35%
K1.3	0%	1%
K1.4	57%	60%
K2.1	3%	3%
K2.3	73%	81%
K3.1	2%	7%
K3.2	4%	4%

Tabelle 8: Ergebnisse der Aufgaben 6a) des Leistungstests in der Sekundarstufe I und Sekundarstufe II

der Vertrauenswürdigkeit gelingt 69% der Lernenden in der Sekundarstufe I und 78% in der Sekundarstufe II. Im Beobachtungsleitfaden im Anhang sind die Beschreibungen der einzelnen Kategorien nachzulesen. Am häufigsten – zu 73% und 81% – geben beide Sekundarstufen Vorschläge an, die der Kategorie 2.3 zuzuordnen sind.

## 4.4 Auswertung der Triangulation nach Lernzielen

Die folgende Liste dient der Beschreibung der Tabellen zur Auswertung der Triangulation. Alle Beschreibungen beziehen sich auf das entsprechende Lernziel.

- Testaufgabe: Die Nummer der Aufgabe auf dem Leistungstest.
- Testergebnis: Der Prozentsatz der richtigen Antworten auf besagte Aufgabe.
- Kategorie: Die Kategorie auf dem Beobachtungsleitfaden.
- Mittelwert: Der Mittelwert der Antworten bei der Online-Lehrpersonenbefragung.
- Stabw.d.MW: Die Standardabweichung des besagten Mittelwerts.
- Operatoren im Vergleich: Anzahl beobachteter Operatoren im Vergleich zur Anzahl der im Beobachtungsleitfaden vorgegebenen Operatoren.
- Häufigkeit der Operatoren: Anzahl beobachteter Operatoren pro unterrichtetem Konzept in einer Klasse.

Die in den Tabellen verwendeten Abkürzungen sind in folgender Liste erklärt.

- Stabw.&Spw.: Standardabweichung und Spannweite
- MU: Messunsicherheit
- Vw.: Vertrauenswürdigkeit
- MW: Mittelwert
- Str.v.Mw.: Streuung von Messwerten
- Messger.: Genauigkeit des Messgeräts

Die Fragen 23 und 38 der Online-Lehrpersonenbefragung befassen sich damit, ob die Lernenden nach Einschätzung der Lehrperson, die Lernziele erreicht haben. Für jedes Lernziel haben die Lehrpersonen die Möglichkeit eine aus fünf Antwortmöglichkeiten zu wählen: *trifft zu*, *trifft eher zu*, *teils-teils*, *trifft eher nicht zu* und *trifft nicht zu*. Für die Quantifizierung der Daten und damit zur leichteren Auswertung wurde jeder Antwortmöglichkeit eine Zahl zugeordnet. Die Quantifizierung der Antworten wurde nach folgendem Schema durchgeführt.

- trifft zu = 1
- trifft eher zu = 2
- teils-teils = 3
- trifft eher nicht zu = 4
- trifft nicht zu = 5

Wurde die Antwort *trifft zu* ausgewählt, entspricht das der Zahl Eins. Wurde die Antwort *trifft eher zu* ausgewählt, wird sie als Zahl Zwei gewertet, usw.. Der Mittelwert und die Standardabweichung des Mittelwerts wurden aus diesen Zahlen gebildet und in Tabelle 10 und 11 angeführt.

#### 4.4.1 Sekundarstufe I

In den Tabellen 9 und 10 befinden sich alle Daten aller Perspektiven zu den Lernzielen der Sekundarstufe I. Die einzelnen Lernziele sind zum Zwecke der Übersicht in den Tabellen mit LZ1, LZ2, LZ3, LZ4 und LZ5 abgekürzt. Der Blickpunkt *Leistungstest der Lernenden* ist in Spalte zwei und drei dargestellt. Der Blickpunkt *Online-Befragung der Lehrpersonen, nachdem sie das Unterrichtskonzept durchgeführt haben*, ist in den Spalten vier und fünf angeführt und der Blickpunkt *Beobachtung der Lernenden während der Durchführung des Unterrichtskonzepts* ist in den Spalten sechs, sieben und acht beschrieben.

*			
Teil1	150	66%	kreuzen richtig
Teil1	97	43%	kreuzen richtig, begründen richtig
&	53	23%	kreuzen richtig, begründen falsch
Teil2	0	0%	kreuzen falsch, begründen richtig
	71	31%	kreuzen falsch, begründen falsch

Tabelle 9: Ergänzung zu Tabelle 10 und 12

In Tabelle 9 sind die Teile 1&2 der Aufgabe 6b) kombiniert dargestellt. Dadurch sieht man, wie viele Lernende die richtige Antwort auch begründen konnten und wie viele möglicherweise zufällig richtig gekreuzt haben. Die Frage richtig beantworten und richtig begründen, konnten in der Sekundarstufe I weniger – wenn auch nur knapp – als 50%.

#### 4.4.2 Sekundarstufe II

In den Tabellen 11 und 13 befinden sich alle Daten aller Perspektiven zu den Lernzielen der Sekundarstufe II. Sie ist nach dem gleichen Schema aufgebaut wie Tabelle 10. In Tabelle 13 sind die Teile 1&2 der Aufgabe 6b) kombiniert dargestellt. Dadurch ist es möglich zu sehen, wie viele Lernende die richtige Antwort auch begründen können und wie viele möglicherweise zufällig richtig gekreuzt haben. Die Frage richtig beantworten und richtig begründen, können in der Sekundarstufe II mehr – wenn auch nur knapp – als 50%.

	Leistungstest der Lernenden		Online-Befragung		Beobachtungsleitfaden		
	Testaufgabe	Testergebnis	Mittelwert	Stabw.d.MW	Kategorie	Operatoren im Vergleich	Häufigkeit der Operatoren
LZ1	3	39%	2,43	0,20	K2.1	3/4 75%	vergleichen (Messwerte): 6/13 46%, vergleichen (Stabw.&Spw.): 1/13 8%, diskutieren (MU): 10/13 77%, diskutieren (Vw.): 1/13 8%, interpretieren (MU): 3/13 23%, interpretieren (Stabw.): 1/13 8%
LZ2	1, 5, 6b (Teil 1&2)	55% (Aufgabe 1), 25% (Aufgabe 5), * (Aufgabe 6b Teil 1&2)	2,71	0,29	K1.3	3/2 150%	beurteilen (Vw.): 12/13 92%, begründen (Vw.): 6/13 46%, diskutieren (Vw.): 2/13 15%
LZ3	2	49%	3,14	0,26	K1.1	2/2 100%	messen: 11/13 85%, berechnen(MW): 11/13 85%, berechnen(Streumaß): 12/13 92%
LZ4	6a (nur das Kreuzerl)	69%	2,14	0,34	K2.1	3/4 75%	vergleichen (Messwerte): 6/13 46%, vergleichen (Stabw.&Spw.): 1/13 8%, diskutieren (MU): 10/13 77%, diskutieren (Vw.): 1/13 8%, interpretieren (MU): 3/13 23%, interpretieren (Stabw.): 1/13 8%

Tabelle 10: Triangulation der Lernziele für die Sekundarstufe I

	Leistungstest der Lernenden			Online-Befragung		Beobachtungsleitfaden		
	Testaufgabe	Testergebnis	Mittelwert	Stabw.d.MW	Kategorie	Operatoren im Vergleich	Häufigkeit der Operatoren	
LZ1	3	52%	2,00	0,31	K2.1	4/4 100%	vergleichen (Messwerte): 4/10 40%, begründen (MU): 1/10 10%, diskutieren (MU): 4/10 40%, interpretieren (MU): 2/10 20%	
LZ2	1, 5, 6b (Teil 1&2)	73% (Aufgabe 1), 37% (Aufgabe 5), ** (Aufgabe 6b Teil 1&2)	2,00	0,22	K1.3	3/2 150%	beurteilen (Vw.): 10/10 100%, begründen (Vw.): 9/10 90%, diskutieren (Vw.): 1/10 10%	
LZ3	2	61%	3,00	0,53	K1.1	2/2 100%	messen: 8/10 80%, berechnen (MW): 6/10 60%, berechnen (Spannweite): 6/10 60%	
LZ4	/	/	2,83	0,17	K2.1	4/4 100%	vergleichen (Messwerte): 4/10 40%, begründen (MU): 1/10 10%, diskutieren (MU): 4/10 40%, interpretieren (MU): 2/10 20%	
LZ5	4	38%	3,00	0,37	K2.1, K2.2, K2.3	K2.1: 4/4 100%, K2.2: 3/3 100%, K2.3: 3/2 150%	K2.1: vergleichen (Messwerte): 4/10 40%, begründen (MU): 1/10 10%, diskutieren (MU): 4/10 40%, interpretieren (MU): 2/10 20%, K2.2: interpretieren (Str.v.Mw.): 4/10 40%, deuten (Streuung): 2/10 20%, untersuchen (Str.v.Mw.): 2/10 20%, K2.3: diskutieren (Messger.): 10/10 100%, interpretieren (Messger.): 5/10 50%, begründen (MU): 1/10 10%	

Tabelle 11: Triangulation der Lernziele für die Sekundarstufe II, (/...Dazu gab es keine Testaufgabe.)

## 4.5 Auswertung der Triangulation nach Key Ideas

Die in Kapitel 4.4 genannten Listen an Beschreibungen gelten auch für die Tabellen 12, 13 und 14. Alle Beschreibungen beziehen sich auf die entsprechende Key Idea. Die einzelnen Key Ideas sind zur besseren Übersicht in den Tabellen mit *KI1*, *KI2*, *KI3* und *KI4* abgekürzt.

Die angegebenen Mittelwerte in den Tabellen 12 und 14 wurden gleich der Mittelwerte aus dem Kapitel zur Auswertung der Lernziele berechnet. Weiters sind die Tabellen zur Triangulation der Key Ideas nach dem gleichen Schema aufgebaut wie die Tabellen zur Triangulation der Lernziele.

### 4.5.1 Sekundarstufe I

In den Tabellen 9 und 12 befinden sich alle Daten aller Perspektiven zu den Key Ideas der Sekundarstufe I.

### 4.5.2 Sekundarstufe II

In den Tabellen 13 und 14 befinden sich alle Daten aller Perspektiven zu den Key Ideas der Sekundarstufe II.

**			
Teil1	124	78%	kreuzen richtig
Teil1 & Teil2	89	56%	kreuzen richtig, begründen richtig
	35	22%	kreuzen richtig, begründen falsch
	1	1%	kreuzen falsch, begründen richtig
	33	21%	kreuzen falsch, begründen falsch

Tabelle 13: Ergänzung zu den Tabellen 14 und 11

	Leistungstest der Lernenden		Online-Befragung		Beobachtungsleitfaden		
	Testaufgabe	Testergebnis	Mittelwert	Stabw.d.MW	Kategorie	Operatoren im Vergleich	Häufigkeit der Operatoren
KI1	6b (Teil 1&2)	*	1,71	0,18	K2.2	2/3 67%	interpretieren (Str.v.Mw.): 10/13 77%, untersuchen (Str.v.Mw.): 3/13 23%
KI2	6a nur wenn K1.1 geschrieben wurde	27%	2,00	0,22	K1.1, K2.2	K1.1: 2/2 100%, K2.2: 2/3 67%	K1.1: messen: 11/13 85%, berechnen(MW): 11/13 85%, berechnen(Streumaß): 12/13 92%, K2.2: interpretieren (Str.v.Mw.): 10/13 77%, untersuchen (Str.v.Mw.): 3/13 23%
KI3	1	55%	2,57	0,30	K1.2	3/3 100%	vergleichen (Streumaß): 4/13 31%, interpretieren (Streumaß): 8/13 62%, untersuchen Streum. (Vw.): 7/13 54%
KI4	3, 4	39% (Aufgabe 3), 38% (Aufgabe 4)	2,00	0,22	K2.1 (Aufgabe 3), K2.1&K2.3 (Aufgabe 4)	K2.1: 3/4 75%, K2.3: 2/2 100%	K2.1: vergleichen (Messwerte): 6/13 46%, vergleichen (Stabw.&Spw.): 1/13 8%, diskutieren (MU): 10/13 77%, diskutieren (Vw.): 1/13 8%, interpretieren (MU): 3/13 23%, interpretieren (Stabw.): 1/13 8%, K2.3: diskutieren (Messger.): 13/13 100%, interpretieren (Messger.): 8/13 62%

Tabelle 12: Triangulation der Key Ideas für die Sekundarstufe I

	Leistungstest der Lernenden		Online-Befragung		Beobachtungsleitfaden		
	Testaufgabe	Testergebnis	Mittelwert	Stabw.d.MW	Kategorie	Operatoren im Vergleich	Häufigkeit der Operatoren
KI1	6b (Teil 1&2)	**	2,33	0,60	K2.2	3/3 100%	interpretieren (Str.v.Mw.): 4/10 40%, untersuchen (Str.v.Mw.): 2/10 20%, deuten (Streumaß): 2/10 20%
KI2	3, 4	52% (Aufgabe 3), 38% (Aufgabe 4)	x	x	K2.1, K2.2, K2.3	K2.1: 4/4 100%, K2.2: 3/3 100%, K2.3: 3/2 150%	K2.1: vergleichen (Messwerte): 4/10 40%, begründen (MU): 1/10 10%, diskutieren (MU): 4/10 40%, interpretieren (MU): 2/10 20%, K2.2: interpretieren (Str.v.Mw.): 4/10 40%, untersuchen (Str.v.Mw.): 2/10 20%, deuten (Streumaß): 2/10 20%, K2.3: diskutieren (Messger.): 10/10 100%, interpretieren (Messger.): 5/10 50%, begründen (MU): 1/10 10%
KI3	1, 5, 6b (Teil 1&2)	73% (Aufgabe 1), 37% (Aufgabe 5), ** (Aufgabe 6b Teil 1&2)	x	x	K1.3	3/2 150%	beurteilen (Vw.): 10/10 100%, begründen (Vw.): 9/10 90%, diskutieren (Vw.): 1/10 10%
KI4	2	61%	x	x	K2.1	4/4 100%	K2.1: vergleichen (Messwerte): 4/10 40%, begründen (MU): 1/10 10%, diskutieren (MU): 4/10 40%, interpretieren (MU): 2/10 20%

Tabelle 14: Triangulation der Key Ideas für die Sekundarstufe II, (/...Dazu gab es keine Testaufgabe, x...Aufgrund eines technischen Fehlers stehen dafür keine Daten zur Verfügung)

## 5 Interpretation der Daten

Für die Testung der Konzepte ist entscheidend, ob die gesteckten Lernziele erreicht wurden oder nicht. Dazu sollen die Tabellen 11 und 14 für die Sekundarstufe I und die Tabellen 13 und 14 für die Sekundarstufe II Aufschluss geben. Ob ein Lernziel erreicht wurde, hängt von einem Zusammenspiel der drei Perspektiven ab. Hierbei werden die Lernziele als entweder *erreicht*, *teilweise erreicht* oder *nicht erreicht* eingestuft.

Die Interpretation der Key Ideas verläuft nach einem ähnlichen Schema wie die Interpretation der Lernziele. Hierbei wird untersucht, inwiefern eine Key Idea vermittelt wurde. Die Key Ideas werden dazu in *vermittelt*, *teilweise vermittelt* und *nicht vermittelt* unterteilt.

### 5.1 Lernziele der Sekundarstufe I

Begonnen wird mit der Sekundarstufe I in absteigender Reihenfolge mit *erreicht*, danach wird analog die Sekundarstufe II behandelt. Das Lernziel 4, ausgewertet in Tabelle 10, ist als *erreicht* zu betrachten. Die entsprechende Aufgabe wird von 69% der Lernenden richtig beantwortet, die Einschätzung der Lehrpersonen fällt mit einer durchschnittlichen Bewertung von 2,14 positiv aus, einzig die Operatoren stimmen mit den beiden anderen Perspektiven nicht überein. Der Operator *begründen* wurde nie beobachtet und die Operatoren *interpretieren* und *vergleichen* wurden in weniger als 50% der Fälle beobachtet. Diskutiert über Messunsicherheiten wurde jedoch in 10 von 13 Fällen, was positiv und wichtig für die Einstufung als *erreicht* ist.

Das Lernziel 3 wurde teilweise erreicht. Die Lernenden erreichen mit 49% nur etwa die Hälfte der möglichen Punkte und die Einschätzung der Lehrpersonen fällt mit 3,14 ziemlich genau auf die Bewertung *teils-teils* der Likert-Skala. Dem entgegen stehen die Operatoren, die allesamt zu mindestens 85% beobachtet wurden.

Das Lernziel 2 wurde beim Leistungstest in insgesamt drei Fragen abgeprüft. Aufgabe 1 und Aufgabe 6b) fallen mit rund 50% mittelmäßig aus. Bei Aufgabe 6b) kreuzen zwar 66% der Lernenden richtig, davon können nur 43% das richtige Kreuz auch richtig begründen. Mit 25% sticht die Aufgabe 5 heraus, weshalb sie in diesem Kapitel separat diskutiert wird. Bei einer Einschätzung der Lehrpersonen von 2,71 fällt diese Perspektive auch eher mittelmäßig aus. Bei den Operatoren zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Lernenden beurteilen die Vertrauenswürdigkeit zwar fast immer, darüber diskutiert wird aber kaum. Das Lernziel 2 wird demnach teilweise erreicht.

Als einziges Lernziel in der Sekundarstufe I wird Lernziel 1 nicht erreicht. Bei einem Testergebnis von 39%, kombiniert mit eher wenigen beobachteten Operatoren, kann auch eine Bewertung der Lehrpersonen von 2,43 daran nichts ändern.

### 5.2 Aufgabe 5

Aufgabe 5 fällt sowohl in der Sekundarstufe I mit 25% als auch in der Sekundarstufe II mit 37% sehr schlecht aus. Da die Aufgabe 5 inhaltlich zu Aufgabe 1 und Aufgabe 6b), welche deutlich besser ausfallen, gehört, bedarf es hier eines extrigen Kapitels.

Um beurteilen zu können, welches der angeführten Ergebnisse, das vertrauenswürdigste ist, müssen die Lernenden das Messergebnis mit der entsprechenden Unsicherheit vergleichen. Zusätzlich sind die Ergebnisse in unterschiedlichen Einheiten angegeben. Das Umrechnen von Kilogramm zu Gramm und umgekehrt gehört nicht zum Lernziel 2 und könnte demnach eine zusätzliche Fehlerquelle sein. In der Sekundarstufe I wurden die Antwortmöglichkeiten 1, 2 und 3 ähnlich

häufig ausgewählt und in der Sekundarstufe II sind es die Antwortmöglichkeiten 1 und 2. Dies lässt die Vermutung zu, dass die Lernenden mehr Nachkommastellen bei der Messunsicherheit mit einer höheren Vertrauenswürdigkeit gleichsetzten. Deshalb wird der Aufgabe 5 bei der Evaluierung des Lernziels 2 nur eine untergeordnete Rolle zugeteilt.

### 5.3 Lernziele der Sekundarstufe II

Das Lernziel 3 gilt als *erreicht*. Alle Operatoren wurden in mindestens 50% der Konzeptdurchführungen beobachtet und das Testergebnis liegt bei 61%. Die Einschätzung der Lehrpersonen fällt genau auf die Bewertung *teils-teils*, was der Einstufung *teilweise erreicht* entspricht. Gesamt betrachtet überwiegen jedoch die positiven Aspekte.

Ebenso ist das Lernziel 2 als *erreicht* zu beurteilen. Alle Aspekte, bis auf Aufgabe 5, welche bereits in Kapitel 5.2 besprochen wurde, fallen positiv aus. Der Operator *diskutieren* wird hier nicht negativ angerechnet, weil dieser nicht als zu beobachtender Operator auf dem Beobachtungsleitfaden vorgeschlagen war.

Das Lernziel 1 wird aufgrund des mittelmäßigen Testergebnisses und der Operatoren, welche alle zu weniger als 50% beobachtet wurden, als *teilweise erreicht* eingestuft. Die Befragung der Lehrpersonen fällt zwar gut aus, reicht aber nicht für eine bessere Einstufung aus.

Da es zu Lernziel 4 keine Testaufgabe gab, fällt die Interpretation dieses Lernziels aus. Ergänzend wird erwähnt, dass die Online-Lehrpersonenbefragung mit einem Ergebnis von 2,83 im Mittelfeld liegt. Die Perspektive des Beobachtungsleitfadens erweist sich als negativ, da alle vier angegebenen Operatoren zu weniger als 50% beobachtet wurden. Demnach würde die Perspektive des Leistungstest bei der Bewertung dieses Lernziels eine entscheidende Rolle spielen.

Das Lernziel 5 ist als *nicht erreicht* zu betrachten, da sowohl die Perspektive des Leistungstests mit einem Testergebnis von 38% und die Perspektive der Lehrpersonen mit einem Ergebnis von 3 zu gering ausgefallen sind. Die Operatoren zu den Kategorien 2.1 und 2.2 wurden bei weniger als 50% der Konzeptdurchführungen beobachtet. Die Operatoren zu Kategorie 2.3 wurden einmal bei 100% und einmal bei 50% der Konzeptdurchführungen beobachtet und zusätzlich wurde ein extriger Operator beobachtet.

### 5.4 Key Ideas der Sekundarstufe I

Die Interpretation der Key Ideas verläuft nach der gleichen Reihenfolge wie die Interpretation der Lernziele im Kapitel davor.

Key Idea 1 wurde teilweise vermittelt. Beim Leistungstest können nur 43% der Lernenden die richtig angekreuzte Antwort auch richtig begründen. Nur einer von drei Operatoren wird bei mehr als 50% der Konzeptunterrichtungen beobachtet. Dementgegen spricht die beste Bewertung der Lehrpersonen von 1,71.

Die Key Idea 2 wurde teilweise vermittelt. Die Online-Lehrpersonenbefragung fällt zwar gut aus und 4 von 6 Operatoren wurden bei mehr als 75% der Konzeptdurchführungen beobachtet, das Testergebnis fällt aber mit 27% zu schlecht für eine bessere Bewertung aus. Bei der Aufgabe 6a) wurde gefragt, wie eine Messung verbessert werden könne, worauf die Lernenden die Kategorien K2.3 mit 73% und K1.4 mit 57% angegeben haben. Die Key Idea 2 bezieht sich genauso wie die Kategorie 1.1 auf das Erstellen von Messreihen und das Ausrechnen des Mittelwerts. Entsprechende Antworten wurden nur von etwa einem Viertel der Lernenden gegeben.

Key Idea 3 wurde teilweise vermittelt. Der Leistungstest fällt mit 55% knapp positiv aus. Die Online-Lehrpersonenbefragung fällt mit 2,57 in die Mitte zwischen *trifft eher zu* und *teils-teils*. Die Operatoren stellen mit 31%, 54% und 62% ein ähnliches Bild dar.

Key Idea 4 wurde teilweise vermittelt. Einige Operatoren wurden sehr häufig, manche fast nie und *begründen* wurde nie beobachtet. Die Online-Lehrpersonenbefragung fällt mit einem Wert von 2 gut aus, was aber nicht mit den Testergebnissen von Aufgabe 3 und Aufgabe 4 mit je knapp unter 40% übereinstimmt.

## 5.5 Key Ideas der Sekundarstufe II

Key Idea 1 wurde teilweise vermittelt. Der Leistungstest ergibt, dass 78% der Lernenden richtig kreuzen, jedoch schaffen es nur 56% von allen Lernenden die Wahl des richtigen Ergebnisses auch richtig zu begründen. Die Online-Lehrpersonenbefragung fällt mit einem Mittelwert von 2,33 zwischen die Bewertungen *trifft eher zu* und *teils-teils*. Warum die Key Idea 1 nur teilweise vermittelt wurde, lässt sich aus der Betrachtung der Operatoren schließen. Zwei von drei Operatoren wurden nur zu 20% der Zeit beobachtet und der dritte Operator von K2.2 wurde zu 40% der Zeit beobachtet.

Die Bewertungen der Key Ideas 2, 3 und 4 bleiben aus, da aufgrund eines technischen Fehlers für diese drei Key Ideas die Perspektive der Online-Lehrpersonenbefragung fehlt und somit die Triangulation unvollständig ist.

## 6 Zusammenfassung der Arbeit

Die Durchführung, Testung und Analyse der Unterrichtskonzepte von Loidl und Bärenthaler-Pachner haben ergeben, dass das Konzept der Sekundarstufe II von Bärenthaler-Pachner bessere Ergebnisse für das Erreichen der Lernziele liefert, als das Konzept für die Sekundarstufe I von Loidl. Die Tabelle 15 stellt die abschließende Auswertung der Triangulation dar. Die Farben stehen für:

- Grün: Erreicht/vermittelt
- Orange: Teilweise erreicht/vermittelt
- Rot: Nicht erreicht/vermittelt
- Grau: Unvollständiger Datensatz

	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
LZ1	Rot	Orange
LZ2	Orange	Grün
LZ3	Orange	Grün
LZ4	Grün	Grau
LZ5	–	Rot
KI1	Orange	Orange
KI2	Orange	Grau
KI3	Orange	Grau
KI4	Orange	Grau

Tabelle 15: Übersicht der Auswertung der Interpretation der Lernziele und Key Ideas

Die Farben in Tabelle 15 stellen dar, ob die Konzepte beim Erreichen von Lernzielen und beim Vermitteln von Key Ideas erfolgreich waren oder nicht. Da die meisten Datensätze für die Key Ideas der Sekundarstufe II unvollständig sind, kann kein Vergleich zur Sekundarstufe I gemacht werden.

Die Forschungsfrage, die in der Einleitung formuliert wurde, kann also beantwortet werden. Eine allgemeine Wirksamkeit der Konzepte konnte gezeigt werden. Nur zwei der Lernziele konnten nicht erreicht werden.

## 7 Fazit und Ausblick

Obwohl die Testwerkzeuge mehrfach innerhalb von Seminaren präsentiert worden sind, sind bei der Erstellung einige Fehler passiert. Bei der Erstellung der Online-Lehrpersonenbefragung sind zwei Fehler passiert. Oftmals wurden die Konzepte von einer Person in mehreren Klassen unterrichtet. Für jede unterrichtete Klasse musste die Befragung durchgeführt werden. Es stellte sich heraus, dass bei einer erneuten Eingabe die Daten zur vorherigen Klasse überschrieben worden sind, wodurch diese verloren gingen.

Der zweite Fehler bezieht sich auf die gestellten Fragen bei der Lehrpersonenbefragung. Für die Fragen zur Vermittlung der Key Ideas in der Sekundarstufe II sind aufgrund deren Ähnlichkeit aus Versehen die Key Ideas der Sekundarstufe I verwendet worden. Die Forschungsfrage dieser Arbeit bezieht sich zwar auf die zu vermittelnden Lernziele, die Sammlung und Auswertung der Key Ideas ist trotzdem Teil der Triangulation und ist maßgeblich für die weitere Testung und Weiterentwicklung der Unterrichtskonzepte entscheidend. Derartige technische Fehler sollten bei zukünftigen Testungen unbedingt vermieden werden. Es liegen zwar genügend Daten vor, um die Forschungsfrage positiv beantworten zu können, detailliertere Datensätze könnten besser zu einer zielgerichteten Überarbeitung der Konzepte führen.

Weiters passen die Aufgaben beim Leistungstest nicht immer gleichgut zu den Lernzielen und Key Ideas. Zum Lernziel 4 der Sekundarstufe II passt keine Aufgabe, was die entsprechende Interpretation im Rahmen der Triangulation unmöglich macht. Oft stimmen die Anforderungen einer Aufgabe mit einem Lernziel oder einer Key Idea überein, manchmal ist es nur ein Teil einer Aufgabe, hin und wieder sind es zwei Aufgaben und manchmal sogar drei Aufgaben. Zukünftige Testungen sollten hierbei eine einheitliche Zuordnung haben. Die Aufgaben sollten ausschließlich die besagten Anforderungen überprüfen und nicht, wie beispielsweise bei Aufgabe 5, weitere Hürden, wie das Umrechnen von Einheiten, enthalten.

Es wurde nicht erfasst, welche Lernenden bei der Konzeptdurchführung abwesend waren und wie viele von ihnen trotzdem am Leistungstest teilgenommen haben. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass sich einige Lernende nur mit Teilen der Konzepte im Unterricht beschäftigt haben und es dadurch zu einer Verzerrung der Ergebnisse des Leistungstests gekommen ist. Obwohl dieser Effekt vermutlich gering ist, könnten zukünftige Testungen derartige Überlegungen bei der Planung miteinbeziehen.

Die Triangulation hat ergeben, dass vor allem beim Beobachtungsleitfaden und beim Leistungstest große Unterschiede zwischen den einzelnen Lernzielen und Key Ideas vorliegen. So wird zum Beispiel der Operator *Begründen* sehr häufig beobachtet, während der Operator *Interpretieren* deutlich seltener beobachtet wird. Der Mittelwert der Einschätzungen der Lehrpersonen liegt hingegen fast immer zwischen den Werten 2 und 3, wodurch sich ein deutlich uniformeres Bild als bei den Leistungstests bietet. Hierbei schwanken die Ergebnisse der Lernenden zwischen 37% und 73% – bezogen auf dieselbe Key Idea.

Derartige Untersuchungen wurden bei der Auswertung der Daten innerhalb dieser Arbeit nur stellenweise vorgenommen. Der Fokus dieser Arbeit war die Triangulation und Interpretation der Lernziele und Key Ideas. Dies bedeutet wiederum, dass noch eine Fülle an Daten für die Überarbeitung der Konzepte zur Verfügung steht. Einige Datensätze wurden zudem noch nicht ausgewertet. So bieten die unausgewerteten Daten der Online-Lehrpersonenbefragung zusätzliche Informationen, die Lehrpersonen bei der Umsetzung der Konzepte im Unterricht unterstützen können.

Das erstellte Konzepte von Bärenthaler-Pachner wurde innerhalb dieser Arbeit nur in seiner Kurzform getestet. Ein Testen des vollständigen Konzeptes hätte deutlich mehr Unterrichtszeit benötigt und damit einen zu großen Einschnitt in den Regelunterricht bedeutet. Im vollständigen Konzept sollen noch zwei weitere Lernziele vermittelt werden, die in dieser Arbeit nicht behandelt wurden. Sie könnten Teil einer zukünftigen Untersuchung sein.

Nachfolgende Untersuchungen können auf der vorliegenden Arbeit aufbauen, Fehler bei der Testung vermeiden und weitere Faktoren miteinbeziehen. Alle Daten, die im Zuge dieser Arbeit gesammelt wurden, stehen zukünftigen Forscherinnen und Forschern entweder über direkten Kontakt mit mir oder über Seminare, geleitet von Mag. Dr. Clemens Nagel, zur Verfügung.

# Verzeichnisse

## Literatur

- Altrichter, H., Posch, P., & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht* (5., grundlegend überarbeitete Auflage). Verlag Julius Klinkhardt UTB.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 1–14.
- Bärenthaler-Pachner, R. (2022). Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zum Thema Messunsicherheit in der Sekundarstufe II.
- Barton, A., & Lazarsfeld, P. (1979). Einige Funktionen von qualitativer Analyse in der Sozialforschung. *Qualitative Sozialforschung*, 41–81.
- Denzin, N. (1978). *The Research Act*.
- Flick, U. (2008). *Triangulation eine Einführung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). Kumulative Habilitationsschrift mit dem Schwerpunkt LEHR-UND LERNPROZESSE im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I.
- Krebs, D., & Menold, N. (2019). Gütekriterien quantitativer Sozialforschung. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 489–504). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Krüger, H.-H., & Pfaff, N. (2008). Triangulation quantitativer und qualitativer Zugänge in der Schulforschung. *Handbuch der Schulforschung*, 157–180.
- Loidl, H. (2021). Entwicklung und Evaluation von Unterrichtseinheiten zum Thema Messunsicherheiten.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung : eine Anleitung zu qualitativem Denken* (6., überarbeitete Auflage). Beltz.
- Nagel, C., Lux, B., & Steindl, S. (2021). Die Thematisierung von Messunsicherheiten im Physikunterricht - Eine Umfrage. *PlusLucis Messunsicherheiten - Sicher ist sicher!*, (4).
- RIS. (2024). *RIS - Lehrpläne - allgemeinbildende höhere Schulen*. Verfügbar 31. Januar 2024 unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>

## Abbildungsverzeichnis

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | Kreisförmiger Prozessablauf des Design-Based Research (Haagen-Schützenhöfer, 2016, S. 10) . . . . . | 2 |
|---|---|---|

## Tabellenverzeichnis

- |   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Schulübersicht . . . . .  | 6  |
| 2 | Lehrpersonen und Dienstjahre . . . . .  | 7  |
| 3 | Kategorien Teil 1 . . . . .   | 9  |
| 4 | Kategorien Teil 2 . . . . .   | 10 |
| 5 | Konzepttreue der Lehrpersonen . . . . .   | 16 |
| 6 | Übersicht der Daten der Online-Lehrpersonenbefragung der Lernziele und Key Ideas, (–...Es gibt kein LZ5 für die SEK I, x...Aufgrund eines technischen Fehlers stehen dafür keine Daten zur Verfügung) . . . . . | 17 |
| 7 | Ergebnisse der Aufgaben 1 bis 6 des Leistungstests in der Sekundarstufe I und Sekundarstufe II . . . . .  | 18 |
| 8 | Ergebnisse der Aufgaben 6a) des Leistungstests in der Sekundarstufe I und Sekundarstufe II . . . . .  | 18 |

9	Ergänzung zu Tabelle 10 und 12 . . . . .	20
10	Triangulation der Lernziele für die Sekundarstufe I . . . . .	21
11	Triangulation der Lernziele für die Sekundarstufe II, (/...Dazu gab es keine Testaufgabe.) . . . . .	22
13	Ergänzung zu den Tabellen 14 und 11 . . . . .	23
12	Triangulation der Key Ideas für die Sekundarstufe I . . . . .	24
14	Triangulation der Key Ideas für die Sekundarstufe II, (/...Dazu gab es keine Testaufgabe, x...Aufgrund eines technischen Fehlers stehen dafür keine Daten zur Verfügung) . . . . .	25
15	Übersicht der Auswertung der Interpretation der Lernziele und Key Ideas . . . . .	29

## Anhang

**Beobachtungsleitfaden:** Beobachte zwei bis drei Gruppen! Notiere welche Operatoren Du in welcher Gruppe beobachtest.

BeobachterIn:	Schule:	Klasse:	Datum:
Unterrichtseinheit: 1.Einheit / 2.Einheit / 3.Einheit	Unterrichtskonzept: SEK I / SEK II kurz / SEK II lang		Lehrperson:

Kategorie	Lesart	Operator	Beobachtete Operatoren	Gruppen			Beobachtungsnotizen
				Gr.1	Gr.2	Gr.3	
<i>K-1 Arbeitsstrategien</i>							
K-1.1 Messreihe anfertigen; Mittelwert, Spannweite und/oder andere statistischen Größen berechnen	Lernende berechnen aus den Messergebnissen Mittelwert und Streumaß (=Spannweite SEK I /StabW.d.MW. SEKII).	messen, berechnen,					
K-1.2 Streuungsmaß untersuchen	Das Streuungsmaß wird untersucht und auf Vertrauenswürdigkeit geprüft.	interpretieren, untersuchen, vergleichen,					
K-1.3 Vertrauenswürdigkeit beurteilen	Die Vertrauenswürdigkeit wird aufgrund von vorangegangenen Überlegungen zu Messgeräten oder Messergebnissen beurteilt und begründet. Bestenfalls fließen MUS in die Beurteilung mit ein.	begründen, beurteilen,					
K-1.4 Ausprobieren und Optimieren	Durch Ausprobieren die Durchführung des Experiments optimieren, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Zusammenhang zwischen Optimierung des Experiments und der Vertrauenswürdigkeit erkennen.	durchführen, vergleichen, beurteilen,					

Kategorie	Lesart	Operator	Beobachtete Operatoren	Gruppen			Beobachtungsnotizen
				Gr.1	Gr.2	Gr.3	
<i>K-2 Denkprozesse</i>							
K-2.1 Messunsicherheiten diskutieren	Diskussion über Messunsicherheiten anhand von gemessenen Werten. Ursachenfindung von Messunsicherheiten.	diskutieren, vergleichen, interpretieren, begründen,					
K-2.2 Streuung von Messwerten (Typ A-MUS)	Die Streuung von Einzelmesswerten wird erkannt und dass dies um einen Mittelwert passiert.	interpretieren, deuten, untersuchen,					
K-2.3 Genauigkeit des Messgeräts (Typ B-MUS)	Es wird laut über die Genauigkeit des Messgeräts diskutiert und eine Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit gemacht	diskutieren, interpretieren,					

<i>K-3 keine Zielerreichung</i>							
<b>K-3.1 Handlung ohne Ziel</b>	Lernende setzten Handlungen, die nicht auf die Erreichung der gestellten Aufgabenziele führen. (z.B. Erraten von Ergebnissen,...)						
Gesetzte Handlung	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Gründe (Verdacht)		Beobachtungsnotizen	

K-3.2 Fehlerhafte Handlungen	Lernende entschließen sich für eine fehlerhafte Handlung bzw. ziehen fehlerhafte Schlussfolgerungen. Bitte auch vermerken, ob den Lernenden die gemachten Fehler auffallen oder nicht und ob sie diese korrigieren.			
Fehlerart	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Beobachtungsnotizen
Rechenfehler				
Fehlerhafte Schlussfolgerung:				
Fehler beim Experimentieren:				
Fehlerhaftes Ablesen vom Messgerät				

**Allgemeine Beobachtungen:** (z.B. Hatten die S irgendwo unerwartete Schwierigkeiten?, gab es Auffälligkeiten?,...)

## Online Lehrpersonenbefragung:

Begrüßungstext:



---

Sehr geehrte Kollegin, sehr geehrter Kollege,

ich möchte mich bei Ihnen bedanken, dass Sie meine Forschung unterstützt haben und das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I und oder Sekundarstufe II unterrichtet haben! Vielen Dank!

Mit den Beobachtungen der Studierenden und dem schriftlichen Lernenden Test sind zwei der drei Methoden der Triangulation abgeschlossen. Abschließend fehlt der Blick auf das Unterrichtsgeschehen aus Ihrer Perspektive. Somit bitte ich Sie die folgende Befragung so oft durchzuführen, wie Sie unterschiedliche Klassen (mit vorgegebenen Unterrichtskonzept) unterrichtet haben.

Bei Fragen stehe ich Ihnen gerne mit folgender E-Mail Adresse zur Verfügung: a01027105@unet.univie.ac.at

Mit freundlichen Grüßen

Sophie Brasseur

---

BEd Sophie Brasseur – 2023

**1. Frage: Geschlecht**

- Weiblich
- Männlich
- Divers
- Keine Angabe

**2. Frage: Alter**

- 20-29
- 30-39
- 40-49
- 50-59
- 60+

**3. In welchem Dienstjahr unterrichten Sie?**

- 0-4
- 5-9
- 10-14
- 15-19
- 20-24
- 25-29
- >30

**4. Frage: In welchen Fächern sind Sie geprüft?**

- 1.Fach: *[„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]*

*Folgefrage zur 3.Frage:*

**5. Folgefrage: höchster Abschluss des akademischen Grades für 1. Fach:**

- Bachelor
- Master
- Magister
- Dipl.Ing.
- PhD/ Doktor/ und höheres

**6. Frage: In welchen Fächern sind Sie noch geprüft?**

- 2.Fach: *[„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]*

*Folgefrage zur 5.Frage:*

**7. Frage: höchster Abschluss des akademischen Grades für 2.Fach:**

- Bachelor
- Master
- Magister
- Dipl.Ing.
- PhD/ Doktor/ und höheres

**8. Frage: In welchen Fächern sind Sie noch geprüft?**

- 3.Fach: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- Ich habe kein drittes Fach

*Folgefrage zur 7.Frage: (Wenn bei 7.Frage: „3.Fach“)*

**9. Frage: höchster Abschluss des akademischen Grades für 3.Fach:**

- Bachelor
- Master
- Magister
- Dipl.Ing.
- PhD/ Doktor/ und höheres

**10. Frage: In welcher Schulform unterrichten Sie?**

- MS
- PTS
- AHS (BG, BRG, BORG)
- BHS
- HTL
- HAK
- Andere: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**11. Frage: In welchem Bundesland ist Ihr Schulstandort zu finden?**

- Burgenland
- Kärnten
- Niederösterreich
- Oberösterreich
- Salzburg
- Steiermark
- Tirol
- Vorarlberg
- Wien
- Ich unterrichte nicht in Österreich

**12. Frage: An welcher Schule haben Sie das Unterrichtskonzept/ die Unterrichtskonzepte unterrichtet?**

(Z.B.: GRg 21 Bertha von Suttner – Schulschiff)

- [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**13. Frage: In wie vielen unterschiedlichen Klassen haben Sie das Unterrichtskonzept/ die Unterrichtskonzepte unterrichtet?**

- Ich habe es in einer Klasse unterrichtet.
- Ich habe es in zwei Klassen unterrichtet.

*Folgefrage zur 13.Frage: (Wenn bei 13.Frage: „Ich habe es in einer Klasse unterrichtet.“)*

**14. Frage: Ich habe es in folgender Klasse unterrichtet:**

- 2 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 3 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 4 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 5 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 6 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 7 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

*Folgefrage zur 13.Frage: (Wenn bei 13.Frage: „Ich habe es in zwei Klassen unterrichtet.“)*

**15. Frage: Ich habe es in den folgenden zwei Klassen unterrichtet:**

**1.Klasse:**

- 2 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 3 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 4 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 5 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 6 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 7 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**2.Klasse:**

- 2 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 3 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 4 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 5 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 6 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]
- 7 [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**16. Frage: Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Unterricht in dem Sie das Konzept/ die Konzepte unterrichtet haben. Ich beantworte die folgenden Fragen bezogen auf den Unterricht in der Klasse...:**

- 1
- 2
- 3
- 4
- Ich möchte die Auswahl für die Oberstufe.

Fragen bezogen auf die Durchführung des Unterrichtskonzepts in der Sekundarstufe I:

**17. Frage: Ich fand das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I an die Bedürfnisse der Schulrealität angepasst:**

- ja
- nein, weil: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**18. Frage: Wie viele Unterrichtseinheiten haben Sie gebraucht, um das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I zu unterrichten?**

- 1 Unterrichtseinheit
- 2 Unterrichtseinheiten
- 3 Unterrichtseinheiten
- >3 Unterrichtseinheiten

**19. Frage: Ich fand das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I zu lange.**

- ja, eine Unterrichtseinheit zu der Thematik muss ausreichen/hätte gereicht.
- nein, es passt. Es hat die richtige Länge.
- ja, es ist zu lange.

*Folgefrage zur 19.Frage: (Wenn bei 19.Frage: „Ja, es ist zu lange.“)*

**20. Frage: Wie viele Unterrichtseinheiten hätten Sie Ihrer Meinung nach gebraucht, um das Unterrichtskonzept vollständig umzusetzen?**

- Unterrichtseinheiten: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**21. Frage: Mit den zur Verfügung gestellten Unterlagen der Unterrichtskonzeption konnte ich den Unterricht schnell und einfach vorbereiten.**

- ja
- nein, weil: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**22. Frage: Haben die Lernenden, Ihrer Meinung nach, die Key Ideas des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe I verstanden?**

	trifft zu	trifft eher zu	teils-teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
<b>(Key Ideas)</b>					
Die einzelnen Messungen einer Messreihe sind meistens nicht ident.	<input type="radio"/>				
Der Mittelwert einer Messreihe ist der Wert, der dem wahren Wert am nächsten kommt. Je mehr Messungen man macht, desto näher kommt der Mittelwert an den wahren Wert heran.	<input type="radio"/>				
Je kleiner die Spannweite einer Messreihe, desto vertrauenswürdiger ist das Ergebnis. (Die Messung hat eine kleine Messunsicherheit).	<input type="radio"/>				
Unsicherheiten einer Messung haben verschiedene Ursachen: *) zufällig unterschiedliche Messergebnisse *) Genauigkeit des Messgerätes.	<input type="radio"/>				

**23. Frage: Haben die Lernenden, Ihrer Meinung nach, die Lernziele des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe I erreicht?**

<b>Lernende können...</b>	trifft zu	trifft eher zu	teils-teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
...erklären, warum eine Messung immer eine gewisse Unsicherheit hat.	<input type="radio"/>				
...die Vertrauenswürdigkeit verschiedener Messergebnisse einschätzen und vergleichen.	<input type="radio"/>				
...ein Ergebnis vollständig (MW ± MU) angeben.	<input type="radio"/>				
...verschiedene Quellen für Unsicherheiten aufzählen und sie bei der Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit einer Messung mit einbeziehen..	<input type="radio"/>				

**24. Frage: Sind behandelte Begriffe/Konzepte/Themen, nach dem beenden des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe I, bei den Lernenden noch unklar geblieben?**

- nein
- ja, folgende: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**25. Frage: Würden Sie das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I in einer anderen Klasse nochmal anwenden?**

- ja
- nein, weil: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**26. Frage: Folgende Verbesserungsvorschläge habe ich für das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I:**

(Wenn Sie keine Verbesserungsvorschläge haben, bitte schreiben Sie „keine“ in folgendes Feld.)

- [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**27. Frage: Haben Sie die klassenbezogenen Fragen für jede einzelne Klasse schon beantwortet?**

- Ja, ich habe die klassenbezogenen Fragen für jede Klasse schon beantwortet.
- Nein, ich muss die klassenbezogenen Fragen noch für eine andere Klasse beantworten.
- Ja, ich habe nur eine Klasse mit dem Konzept unterrichtet.

*Folgefrage zu 27.Frage: (Wenn bei 27.Frage: Auswahl 2 gewählt wurde)*

**28. Frage: Ich muss die klassenbezogenen Fragen noch für eine...**

- ...Oberstufenklasse beantworten.
- ...Unterstufenklasse beantworten.

*Folgefrage zu 16.Frage: (Wenn bei 16.Frage: „Ich möchte die Auswahl für die Oberstufe.)*

*Folgefrage zu 28.Frage: (Wenn bei 28.Frage: „...Oberstufenklasse beantworten.“)*

**29. Frage: Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Unterricht in dem Sie das Konzept/ die Konzepte unterrichtet haben. Ich beantworte die folgenden Fragen bezogen auf den Unterricht in der Klasse...:**

- 5
- 6
- 7
- 8
- Ich möchte die Auswahl für die Unterstufe.

*Folgefrage zu 29.Frage: (Wenn bei 29.Frage: „Ich möchte die Auswahl für die Unterstufe.“)*

**30. Frage:** → siehe 16.Frage

*Folgefrage zu 28.Frage: (Wenn bei 28.Frage: „...Unterstufenklasse beantworten.“)*

**31. Frage:** → siehe 16.Frage

### Fragen bezogen auf die Durchführung des Unterrichtskonzepts in der Sekundarstufe II:

*Folgefrage zu 29.Frage: (Wenn bei 29.Frage: Antwortmöglichkeiten 1-4 ausgewählt wurden)*

**32. Frage: Ich fand das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II an die Bedürfnisse der Schulrealität angepasst:**

- ja
- nein, weil: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**33. Frage: Wie viele Unterrichtseinheiten haben Sie gebraucht, um das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II zu unterrichten?**

- 1 Unterrichtseinheit
- 2 Unterrichtseinheiten
- 3 Unterrichtseinheiten
- >3 Unterrichtseinheiten

**34. Frage: Ich fand das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II zu lange.**

- Ja, eine Unterrichtseinheit zu der Thematik muss ausreichen/ hätte gereicht.
- Nein, es passt. Es hat die richtige Länge.
- Ja, es ist zu lange.

*Folgefrage zu 34.Frage: (Wenn bei 34.Frage: „Ja, es ist zu lange.“)*

**35. Wie viele Unterrichtseinheiten hätten Sie Ihrer Meinung nach gebraucht, um das Unterrichtskonzept vollständig umzusetzen?**

- Unterrichtseinheiten: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

*Folgefrage zu 34.Frage: (Wenn bei 34.Frage: Antwortmöglichkeit 1 oder 2 ausgewählt wurde)*

**36. Frage: Mit den zur Verfügung gestellten Unterlagen der Unterrichtskonzeption konnte ich den Unterricht schnell und einfach vorbereiten.**

- ja
- nein, weil: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**37. Frage: Haben die Lernenden, Ihrer Meinung nach, die Key Ideas des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe II verstanden?**

(v Key Ideas)	trifft zu	trifft eher zu	teils-teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	wurde im Unterricht nicht thematisiert
Die einzelnen Messungen einer Messreihe sind meistens nicht ident.	<input type="radio"/>					
Der Mittelwert einer Messreihe ist der Wert, der dem wahren Wert am nächsten kommt. Je mehr Messungen man macht, desto näher kommt der Mittelwert an den wahren Wert heran.	<input type="radio"/>					
Je kleiner die Spannweite einer Messreihe, desto vertrauenswürdiger ist das Ergebnis. (Die Messung hat eine kleine Messunsicherheit).	<input type="radio"/>					
Unsicherheiten einer Messung haben verschiedene Ursachen: *) zufällig unterschiedliche Messergebnisse *) Genauigkeit des Messgerätes.	<input type="radio"/>					

**38. Frage: Haben die Lernenden, Ihrer Meinung nach, die Lernziele des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe II erreicht?**

Lernende...	trifft zu	trifft eher zu	teils-teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	wurde im Unterricht nicht thematisiert
...beschreiben Schritte bei der Herstellung und Verwendung eines Messgeräts, die zu Typ-B Messunsicherheit führen.	<input type="radio"/>					
...können Messungen auf Basis ihrer Vertrauenswürdigkeit bewerten. Dabei können sie verschiedene Messungen nach ihrer Messunsicherheit ordnen und Vergleichen bezüglich der Vertrauenswürdigkeit ziehen.	<input type="radio"/>					
...geben Messergebnisse richtig an ( $MW \pm MU$ ) und unterscheiden zwischen korrekten und falschen Angaben wissenschaftlicher Messwerte.	<input type="radio"/>					
...können den Mittelwert und die Standardabweichung des Mittelwerts für eine gegebene Messreihe berechnen.	<input type="radio"/>					
...unterscheiden Messunsicherheit nach Typ-A und Typ-B.	<input type="radio"/>					
...können Einheiten von Messgrößen unterscheiden.	<input type="radio"/>					
...können Einheiten entsprechenden Messgrößen richtig zuordnen.	<input type="radio"/>					

**39. Frage: Sind behandelte Begriffe/Konzepte/Themen, nach dem beenden des Unterrichtskonzepts für die Sekundarstufe II, bei den Lernenden noch unklar geblieben?**

- nein
- ja, folgende: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**40. Frage: Würden Sie das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II in einer andern Klasse nochmal anwenden?**

- ja
- nein, weil: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**41. Frage: Folgende Verbesserungsvorschläge habe ich für das Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II:**

(Wenn Sie keine Verbesserungsvorschläge haben, bitte schreiben Sie „keine“ in folgendes Feld.)

- [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

**42. Frage: Haben Sie die klassenbezogenen Fragen für jede einzelne Klasse schon beantwortet?**

- Ja, ich habe die klassenbezogenen Fragen für jede Klasse schon beantwortet.
- Nein, ich muss die klassenbezogenen Fragen noch für eine andere Klasse beantworten.
- Ja, ich habe nur eine Klasse mit dem Konzept unterrichtet.

*Folgefrage zu 42.Frage: (Wenn bei 42.Frage: Antwortmöglichkeit 1 oder 3 gewählt wurde)*

**43. Frage:** → siehe 47.Frage

*Folgefrage zu 42.Frage: (Wenn bei 42.Frage: Antwortmöglichkeit 2 gewählt wurde)*

**44. Frage: Ich muss die klassenbezogenen Fragen noch für eine...**

- ...Oberstufenklasse beantworten.
- ...Unterstufenklasse beantworten.

*Folgefrage zu 44.Frage: (Wenn bei 44.Frage: „...Oberstufenklasse beantworten“)*

**45. Frage:** → siehe 29.Frage

*Folgefrage zu 44.Frage: (Wenn bei 44.Frage: „...Unterstufenklasse beantworten“)*

**46. Frage:** → siehe 16.Frage

Fortsetzung der allgemeinen Fragen, die jede Lehrperson beantworten muss:

**47. Frage: Haben Sie das Thema Messunsicherheiten bzw. Messfehler in der Klasse, in der Sie das Unterrichtskonzept umgesetzt haben, schon einmal davor behandelt?**

- Ja
- Nein

*Folgefrage zu 47.Frage: (Wenn bei 47.Frage: „Ja“)*

**48. Frage: Wie haben Sie das Thema Messunsicherheiten bzw. Messfehler im Unterricht mit dieser Klasse behandelt?**

	trifft zu	trifft eher zu	teils-teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
Ich habe zwischen Messunsicherheit und Messfehler differenziert.	<input type="radio"/>				
Ich habe zwischen unterschiedlichen Arten von Messfehlern (grober Fehler, systematischer Fehler) differenziert.	<input type="radio"/>				
Ich habe zwischen unterschiedlichen Arten von Messunsicherheiten (Typ-A, Typ-B) differenziert.	<input type="radio"/>				
Ich lies lediglich die Ursachen für Abweichungen von Messergebnissen vom Sollwert aufzählen.	<input type="radio"/>				
Ich besprach mit den Lernenden, wie man die Messunsicherheit einer zusammengesetzten Größe (vereinfacht) bestimmen kann. (Stichwort: Fehlerfortpflanzung).	<input type="radio"/>				
Ich besprach mit den Lernenden, dass ein Messwert immer mit Messunsicherheit anzugeben ist.	<input type="radio"/>				
Ich lasse die Lernenden einen Messwert immer mit Messunsicherheit angeben.	<input type="radio"/>				
Es ist mir wichtig, dass die Lernenden sinnvoll runden können.	<input type="radio"/>				

*Folgefrage zu 47.Frage: (Wenn bei 47.Frage: „Nein“)*

**49. Frage: Wissen Sie, ob andere Kolleg\*innen das Thema Messunsicherheiten bzw. Messfehler bereits in dieser Klasse behandelt haben?**

- Nein, weiß ich nicht.
- Ja, aber ich weiß nicht wie.
- Ja. Folgendes wurde bereits behandelt: [„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]

- 50. Frage: Wie häufig thematisieren Sie Messunsicherheiten bzw. Messfehler im Unterricht?**
- nie
  - Nur, wenn es notwendig ist, weil es sonst zu Verständnisschwierigkeiten kommen könnte.
  - ab und zu
  - Jedes Mal, wenn etwas gemessen wird.
- 51. Frage: Unterrichten Sie (im Normalfall) das arithmetische Mittel in der 8.Schulstufe (oder früher)?**  
(Mehrfachauswahl möglich!)
- Ja, ich unterrichte es in Physik in der 8.Schulstufe (oder früher).
  - Nein, ich unterrichte es in Physik in der 9.Schulstufe (oder später).
  - Nein, ich unterrichte es in Physik nicht.
  - Ja, ich unterrichte es in Mathematik in der 9.Schulstufe (oder später).
  - Nein, ich unterrichte es in Mathematik nicht.
  - Ich unterrichte kein Mathematik.
- 52. Frage: Ziehen Sie die Standardabweichung normalerweise als statistische Kennzahl für Unsicherheiten in Ihren Klassen der 8.Schulstufe heran?**
- Ja, eigentlich immer.
  - Ich unterrichte die Standardabweichung nur in leistungsstarken Klassen.
  - Ich unterrichte die Standardabweichung nur, wenn ausreichend Zeit bleibt.
  - Nein, ich unterrichte die Standardabweichung nie (8.Schulstufe).
- 53. Frage: Wenn Sie die Standardabweichung in der 12.Schulstufe unterrichten, unterscheiden Sie mit Ihren Schüler\*innen zwischen Standardabweichung und Standardabweichung des Mittelwertes?**
- Ja, ich mache eine Unterscheidung.
  - Nein, ich mache keine Unterscheidung.
  - Ich unterrichte die Standardabweichung in der 12.Schulstufe nicht.
- 54. Frage: Ziehen Sie die Spannweite normalerweise als statistische Kennzahl für Unsicherheiten in Ihren Klassen der 8.Schulstufe heran?**
- Ja, eigentlich immer.
  - Ich führe nur die Spannweite ein.
  - Ich führe die Spannweite ein, aber anschließend auch die Standardabweichung.
  - Nein, ich lasse die Spannweite aus und unterrichte gleich die Standardabweichung.
- 55. Frage: Behandeln Sie Messunsicherheiten bzw. Messfehler in der Oberstufe anders als in der Unterstufe?**
- nein
  - ja und zwar: *[„Textfeld für Antwortmöglichkeit“]*

Abschließender Text:



---

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

Ich möchte mich ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

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

# Schriftlicher Test - Messunsicherheiten

## Aufgabe 0.

- Es **wurde** im Unterricht bereits an dem Konzept *Messunsicherheiten* gearbeitet.
- Es **wurde nicht** bereits im Unterricht an dem Konzept *Messunsicherheiten* gearbeitet.

## Aufgabe 1.

Ordne die folgenden Zeitmessgeräte nach ihrer Vertrauenswürdigkeit, beginnend mit der geringsten Vertrauenswürdigkeit.

- A Stoppuhr auf einem Smartphone ( $\pm 0,01$  s)
- B Armbanduhr mit einem Sekundenzeiger
- C Digitale Stoppuhr, die auf Zehntelsekunden genau misst ( $\pm 0,1$ s)
- D Atomuhr die auf  $10^{-18}$ s (Trillionstel Sekunde) genau misst.

Kreuze die richtige Reihenfolge an. [1 aus 4]

A-C-D-B	<input type="checkbox"/>
B-C-A-D	<input type="checkbox"/>
A-B-C-D	<input type="checkbox"/>
C-B-A-D	<input type="checkbox"/>

## Aufgabe 2.

Vier Schüler\*innen haben folgende Aufgabe bearbeitet:

Markiere in der untenstehenden Tabelle die beiden Ergebnisse, die wissenschaftlich korrekt angegeben sind.

Darstellung des Ergebnisses	
$v = 130$ km/h	A
$A = (34,0234 \pm 5,2353444223)$ m <sup>2</sup>	B
$M = (40,1 \pm 0,1)$ kg	C
$r = 52$ cm $\pm$ 1 cm	D

Kreuze an, welche der 4 unterschiedlichen Lösungen der Schüler\*innen korrekt ist. [1 aus 4]

A, C	<input type="checkbox"/>
B, C	<input type="checkbox"/>
C, D	<input type="checkbox"/>
B, D	<input type="checkbox"/>

### Aufgabe 3.

Welche der folgenden angeführten Beispiele tragen zur Messunsicherheit bei?  
Kreuze die zutreffende(n) Aussage(n) an. [n aus 5]

Beim Skalieren wird zufälligerweise eine Markierung zu weit rechts eingezeichnet	<input type="checkbox"/>
Der Beifahrer in einem Auto soll eine Geschwindigkeit ablesen, die sich genau zwischen zwei Skalenteilen des Tachometers befindet.	<input type="checkbox"/>
Die Firma, die Eichnormale für eine Masse von 10 kg herstellt, ändert deren Form von Kugeln auf Würfel.	<input type="checkbox"/>
Durch Zufall wird eine Eichlänge etwas zu kurz übertragen.	<input type="checkbox"/>
Die Firma, die Längenmessgeräte herstellt, ändert das Design der Anzeige eines Messgerätes.	<input type="checkbox"/>

### Aufgabe 4.

Welche der folgenden Beispiele gehören zu der Messunsicherheit, die durch die Unsicherheit des Messgerätes beeinflusst wird? (Typ-B-Messunsicherheit)  
Kreuze die zutreffende(n) Aussage(n) an. [n aus 5]

Auf einer Waage steht $\pm 0,5$ kg.	<input type="checkbox"/>
Berechnung der Standardabweichung des Mittelwertes.	<input type="checkbox"/>
Berechnung der Spannweite.	<input type="checkbox"/>
Eine Stoppuhr kann auf 1,5 Sekunden genau messen.	<input type="checkbox"/>
Die Abstände der Markierungen auf einem Lineal sind nicht alle gleich weit voneinander entfernt.	<input type="checkbox"/>

### Aufgabe 5.

Welches der folgenden Ergebnisse ist das Vertrauenswürdigste?  
Kreuze die zutreffende Aussage an. [1 aus 5]

$m = (0,340 \pm 0,001)$ kg	<input type="checkbox"/>
$m = (340,0 \pm 0,1)$ g	<input type="checkbox"/>
$m = (340 \pm 10)$ g	<input type="checkbox"/>
$m = (0,34 \pm 0,01)$ kg	<input type="checkbox"/>
$m = (340 \pm 1)$ g	<input type="checkbox"/>

### Aufgabe 6.

Martins Klasse soll im Physikunterricht folgendes Experiment durchführen:

Lasse einen Tennisball von zwei Metern Höhe zu Boden fallen und stoppe die Zeit.  
Wie lange braucht der Ball, bis er am Boden aufprallt?

- a) Martin lässt den Ball aus zwei Metern Höhe fallen und stoppt die Zeit mit dem Sekundenzeiger seiner Armbanduhr. Die gestoppte Zeit beträgt **2 s**.

Wie vertrauenswürdig ist die Messung von Martin deiner Meinung nach?



Was könnte Martin an seiner Messung verbessern?

- 1) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- b) Martin führt nun das Experiment mit verbesserten Methoden durch und vergleicht seine neu gemessene Zeit von **0,67 s** mit der gemessenen Zeit seiner Sitznachbarin Lisa. Lisa hat **0,90 s** gestoppt. Beide haben das Experiment unter denselben Bedingungen durchgeführt.

Wer von den beiden hat das vertrauenswürdiger Ergebnis?

- Lisa hat das vertrauenswürdiger Ergebnis.
- Martin hat das vertrauenswürdiger Ergebnis.
- Das kann ich so nicht beantworten.

Begründe bitte deine Antwort:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Könnten die beiden noch etwas an ihrem Experiment verbessern? Wenn ja, was zum Beispiel?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Lösungsschlüssel - Schriftlicher Test

## Aufgabe 1.

Ordne die folgenden Zeitmessgeräte nach ihrer Vertrauenswürdigkeit, beginnend mit der geringsten Vertrauenswürdigkeit.

- A Stoppuhr auf einem Smartphone ( $\pm 0,01$  s)
- B Armbanduhr mit einem Sekundenzeiger
- C Digitale Stoppuhr, die auf Zehntelsekunden genau misst ( $\pm 0,1$ s)
- D Atomuhr die auf  $10^{-18}$ s (Trillionstel Sekunde) genau misst.

Kreuze die richtige Reihenfolge an. [1 aus 4]

A-C-D-B	<input type="checkbox"/>
B-C-A-D	<input checked="" type="checkbox"/>
A-B-C-D	<input type="checkbox"/>
C-B-A-D	<input type="checkbox"/>

→ SuS können Messungen auf Basis ihrer Vertrauenswürdigkeit bewerten. Dabei können sie verschiedene Messungen nach ihrer Messunsicherheit ordnen und Vergleiche bezüglich der Vertrauenswürdigkeit ziehen.

## Aufgabe 2.

Vier Schüler\*innen haben folgende Aufgabe bearbeitet:

Markiere in der untenstehenden Tabelle die beiden Ergebnisse, die wissenschaftlich korrekt angegeben sind.

Darstellung des Ergebnisses	
$v = 130$ km/h	A
$A = (34,0234 \pm 5,2353444223)$ m <sup>2</sup>	B
$M = (40,1 \pm 0,1)$ kg	C
$r = 52$ cm $\pm$ 1 cm	D

Kreuze an, welche der 4 unterschiedlichen Lösungen der Schüler\*innen korrekt ist. [1 aus 4]

A, C	<input type="checkbox"/>
B, C	<input type="checkbox"/>
C, D	<input checked="" type="checkbox"/>
B, D	<input type="checkbox"/>

→ SuS geben Messergebnisse richtig an (Mittelwert  $\pm$  Messunsicherheit) und unterscheiden zwischen korrekten und falschen Angaben wissenschaftlicher Messwerte.

### Aufgabe 3.

Welche der folgenden angeführten Beispiele tragen zur Messunsicherheit bei?  
Kreuze die zutreffende(n) Aussage(n) an. [n aus 5]

Beim Skalieren wird zufälligerweise eine Markierung zu weit rechts eingezeichnet	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Beifahrer in einem Auto soll eine Geschwindigkeit ablesen, die sich genau zwischen zwei Skalenteilen des Tachometers befindet.	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Firma, die Eichnormale für eine Masse von 10 kg herstellt, ändert deren Form von Kugeln auf Würfel.	<input type="checkbox"/>
Durch Zufall wird eine Eichlänge etwas zu kurz übertragen.	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Firma, die Längenmessgeräte herstellt, ändert das Design der Anzeige eines Messgerätes.	<input type="checkbox"/>

→ SuS beschreiben Schritte bei der Herstellung und Verwendung eines Messgeräts, die zu Typ-B-Messunsicherheiten führen.

### Aufgabe 4.

Welche der folgenden Beispiele gehören zu der Messunsicherheit, die durch die Unsicherheit des Messgerätes beeinflusst wird? (Typ-B-Messunsicherheit)  
Kreuze die zutreffende(n) Aussage(n) an. [n aus 5]

Auf einer Waage steht $\pm 0,5$ kg.	<input checked="" type="checkbox"/>
Berechnung der Standardabweichung des Mittelwertes.	<input type="checkbox"/>
Berechnung der Spannweite.	<input type="checkbox"/>
Eine Stoppuhr kann auf 1,5 Sekunden genau messen.	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Abstände der Markierungen auf einem Lineal sind nicht alle gleich weit voneinander entfernt.	<input type="checkbox"/>

→ SuS können die Messunsicherheiten Typ-B und Typ-A voneinander unterscheiden und entsprechenden Unsicherheiten zuordnen.

### Aufgabe 5.

Welches der folgenden Ergebnisse ist das Vertrauenswürdigste?  
Kreuze die zutreffende Aussage an. [1 aus 5]

$m = (0,340 \pm 0,001)$ kg	<input type="checkbox"/>
$m = (340,0 \pm 0,1)$ g	<input checked="" type="checkbox"/>
$m = (340 \pm 10)$ g	<input type="checkbox"/>
$m = (0,34 \pm 0,01)$ kg	<input type="checkbox"/>
$m = (340 \pm 1)$ g	<input type="checkbox"/>

→ SuS können Messungen auf Basis ihrer Vertrauenswürdigkeit bewerten. Dabei können sie verschiedene Messungen nach ihrer Messunsicherheit ordnen und Vergleiche bezüglich der Vertrauenswürdigkeit ziehen.

## Aufgabe 6.

Martins Klasse soll im Physikunterricht folgendes Experiment durchführen:

Lasse einen Tennisball von zwei Metern Höhe zu Boden fallen und stoppe die Zeit.  
Wie lange braucht der Ball, bis er am Boden aufprallt?

- a) Martin lässt den Ball aus zwei Metern Höhe fallen und stoppt die Zeit mit dem Sekundenzeiger seiner Armbanduhr. Die gestoppte Zeit beträgt **2 s**.

Wie vertrauenswürdig ist die Messung von Martin deiner Meinung nach?



Was könnte Martin an seiner Messung verbessern?

- 1) Genauigkeit des Messgeräts erhöhen (Lichtschranken, genauere (Stopp-)Uhr, Videoaufzeichnungen, Sensoren,...) → Genauigkeit des Messgeräts
- 2) Öfter messen und einen Durchschnitt ausrechnen. → Messreihe und Mittelwert  
Genauer stoppen, schneller reagieren, ... → Streuung der Messwerte (Typ A-Unsicherheit)
- 3) Mit zweiter Person arbeiten, richtige Wahl der Perspektive, Verwenden eines Sessels, ...  
→ Verbesserung der Versuchsanordnung

- b) Martin führt nun das Experiment mit verbesserten Methoden durch und vergleicht seine neu gemessene Zeit von **0,67 s** mit der gemessenen Zeit seiner Sitznachbarin Lisa. Lisa hat **0,90 s** gestoppt. Beide haben das Experiment unter denselben Bedingungen durchgeführt.

Wer von den beiden hat das vertrauenswürdiger Ergebnis?

- Lisa hat das vertrauenswürdiger Ergebnis.
- Martin hat das vertrauenswürdiger Ergebnis.
- Das kann ich so nicht beantworten.

Begründe bitte deine Antwort:

Die einmalige Messung der Zeit liefert kein aussagekräftiges Ergebnis.

Messunsicherheit ist nicht angegeben.

Könnten die beiden noch etwas an ihrem Experiment verbessern? Wenn ja, was zum Beispiel?

Siehe Item a)

→ SuS können verschiedene Quellen für Unsicherheiten aufzählen und sie bei der Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit miteinbeziehen.

→ SuS können die Vertrauenswürdigkeit verschiedener Messergebnisse einschätzen und vergleichen.

Ich, (NAME) \_\_\_\_\_ , geb. am \_\_\_\_\_

Erziehungsberechtigte/r von \_\_\_\_\_

gestatte, dass o.g. mj. Person am Forschungsprojekt zur Evaluation von Unterricht zu Messunsicherheiten teilnehmen darf.

(ORT, DATUM) \_\_\_\_\_

(UNTERSCHRIFT) \_\_\_\_\_

---

Ich, (NAME) \_\_\_\_\_ , geb. am \_\_\_\_\_

Erziehungsberechtigte/r von \_\_\_\_\_

gestatte, dass o.g. mj. Person am Forschungsprojekt zur Evaluation von Unterricht zu Messunsicherheiten teilnehmen darf.

(ORT, DATUM) \_\_\_\_\_

(UNTERSCHRIFT) \_\_\_\_\_

Sehr geehrte Eltern,

wir, eine Gruppe von Studierenden der Universität Wien, schreiben Ihnen heute, um Sie über unsere bevorstehende Forschungsarbeit zum Thema Messunsicherheiten zu informieren. Im Rahmen unserer Forschung wird von der Lehrperson ein Unterrichtskonzept zum Thema Messunsicherheit unterrichtet, welches von einer Studentin oder einem Student mittels Beobachtungsleitfaden beobachtet wird. Ihr Kind wird danach zudem einen schriftlichen Test (20 Min.) absolvieren, mit dem wir das Erfüllen der Lernziele überprüfen. Dieser Test wird nicht in die Leistungsfeststellung Ihres Kindes miteinbezogen.

Wir versichern, dass die Privatsphäre und die Vertraulichkeit Ihrer Kinder während der gesamten Forschung gewahrt bleiben. Wir werden sicherstellen, dass alle Informationen, die wir sammeln, **anonym** und **vertraulich** bleiben.

Wir sind der Meinung, dass diese Forschungsarbeit von großem Nutzen sein wird, den Physikunterricht in Schulen zu verbessern. Wir möchten uns im Voraus bei Ihnen bedanken, dass wir unsere Forschungsarbeit im Rahmen unserer Ausbildung durchführen können.

Mit freundlichen Grüßen,

Sophie Brasseur, BEd,

im Auftrag von meinem Co-Betreuer

Dr. Clemens Nagel

Senior Lecturer

Experimentelle Grundausbildung und Hochschuldidaktik

Fakultät für Physik, Universität Wien

Porzellangasse 4

1090 WIEN

+43 1 4277 73605

+43 650 3931098

clemens.nagel@univie.ac.at

An die Schulleitung [XYZ]

S. g. [Hr. /Fr. Direktor/in]!

Mein Name ist Sophie Brasseur, BEd und ich bin Masterstudentin an der Universität Wien. Ich schreibe Ihnen, da Ihre Lehrkraft [XYZ] im persönlichen Gespräch mit meinem Co-Betreuer Dr. Clemens Nagel Interesse gezeigt hatten, 2 neu entwickelte Unterrichtskonzeptionen zu Messunsicherheiten (E-Kompetenzen im Physikunterricht) auszuprobieren. Betreut wird die Arbeit von Univ.Prof Dr. Martin Hopf vom AECC Physik. Die beiden Unterrichtskonzepte sollen in möglichst vielen Klassen ausprobiert werden, um sie in breitem Kontext zu evaluieren. Das Konzept für die SEK I umfasst zwei Unterrichtseinheiten.

Das Konzept für die SEK II kann optional auf drei Unterrichtseinheiten ausgeweitet werden.

Sie finden die Unterrichtskonzeptionen samt Stundenplanung und didaktischem Kommentar unter diesem Link:

<https://aeccp.univie.ac.at/lehrer-innen/fuer-den-unterricht/>

Für die Evaluation wurde ein Triangulationsansatz ausgearbeitet:

1. **Beobachtung des Unterrichts** von einer/m anwesenden Studierenden (im Rahmen eines Masterseminars zu E-Kompetenzen bei Dr. Nagel, LV-Nr. 267005-1 SoSe23).
2. **Lehrpersonenbefragung online** (ca. 15 Min.) zur Praktikabilität der Unterrichtskonzeption.
3. **Schriftlicher Test der Schüler/innen** in einer darauffolgenden Unterrichtsstunde (ca. 20 Min.) Dies ist ein fachlicher Test, um festzustellen, ob die Lernziele erreicht wurden und die Key Ideas verstanden wurden.

Ich schreibe Ihnen im Namen meiner Betreuer, um Sie um Ihre Zustimmung zu den o.g. Vorhaben zu bitten, um dadurch die nachhaltige Entwicklung der beiden Unterrichtskonzeptionen voranzutreiben. Die Teilnehmer\*innen des Seminars und ich würden uns sehr freuen, wenn Sie uns das ermöglichen könnten.

Nachdem die Beobachtungen in der Klasse von Studierenden im Rahmen ihrer Ausbildung im Masterstudium durchgeführt werden und wir alle zudem garantieren, dass die Privatsphäre und die Anonymität der Schüler/innen sowie der Schule und der Lehrpersonen gewahrt bleiben, sehen wir eine offizielle Genehmigung durch die übergeordnete Schulbehörde vorderhand nicht als notwendig an. Wenn Sie es dennoch fordern würden wir die Einverständniserklärung der Eltern und o. g. behördliche Zustimmung ebenfalls einholen.

Wenn Sie weitere Fragen oder Bedenken haben, zögern Sie bitte nicht, uns zu kontaktieren.

Vielen Dank im Voraus für Ihre freundliche Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen,  
Sophie Brasseur, BEd,

im Auftrag von meinem Co-Betreuer

Dr. Clemens Nagel  
Senior Lecturer

Experimentelle Grundausbildung und Hochschuldidaktik  
Fakultät für Physik, Universität Wien  
Porzellangasse 4  
1090 WIEN  
+43 1 4277 73605  
+43 650 3931098  
clemens.nagel@univie.ac.at