universität wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik – Entwicklung von Unterrichtseinheiten im Bereich der Mechanik und des Magnetismus“

verfasst von / submitted by

Thomas Gröller

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	A 190 406 412
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:	Lehramtsstudium UF Mathematik UF Physik
Betreut von / Supervisor:	Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Mitbetreut von / Co-Supervisor:	Mag. Dr. Marianne Korner

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf und Frau Mag. Dr. Marianne Korner bedanken, die es mir ermöglicht haben, diese Diplomarbeit zu verfassen. Frau Mag. Dr. Korner war für Anliegen und Wünsche immer erreichbar und ist mir mit Ideen und Vorschlägen zur Seite gestanden.

Weiters möchte ich mich bei all den Schulleiterinnen und Schulleitern, sowie den Kolleginnen und Kollegen bedanken, die es mir ermöglichten, dass ich die Interventionen an ihren Schulen durchführen durfte. Besonderer Dank gilt Frau Mag. Dr. Susanne Neumann und Frau Dr. Barbara Jäger, die die Interventionen koordiniert haben. An dieser Stelle bedanke ich mich auch bei allen Schülerinnen und Schülern, die so tatkräftig an den Interventionen teilgenommen haben.

Ein Dankeschön auch an die vielen Studienkollegen und Freunde, die ich im Laufe des Studiums kennenlernen durfte und mich unterstützt haben.

Der größte Dank gebührt jedoch meiner Familie, die mir während des gesamten Studiums immer geholfen und mich unterstützt hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

2. Theoretische Grundlagen 3

2.1. Theorie des Lernens und der Lernschwierigkeiten 3

2.2. Ursachen und Wirkungen von Schülervorstellungen 6

2.3. Konzeptwechsel 7

2.4. Konzeptwechselstrategien 8

2.5. Konstruktivistische Sichtweisen 11

3. Peer Tutoring 15

3.1. Beschreibung des Begriffes 15

3.2. Entwicklung des Peer Tutorings 15

3.3. Studien zum Erfolg von Peer Tutoring 17

3.4. Wirkung des Cross-Age Peer Tutorings 19

3.4.1. Einfluss auf Tutees 19

3.4.2. Einfluss auf Tutoren 21

3.5. Zusammenfassung wichtiger Erkenntnisse 22

3.5.1. Einflussfaktoren auf Peer Tutorings und Cross-Age Peer Tutorings 22

3.5.2. Ergänzende Überlegungen 23

3.6. Ziel des Mentorings 24

4. Empirischer Teil 27

4.1. Forschungsfragen 27

4.2. Forschungsdesign / Forschungsablauf 29

4.3. Sinnhaftigkeit dieser Forschungsmethodik 30

4.4. Schulen 32

5. Erstellung der Arbeitsmaterialien 35

5.1. Auflistung bekannter Schülervorstellungen 35

5.2. Schülervorstellungen im Bereich der Mechanik 36
5.3. Beschreibung des Münchner Mechanikkonzeptes 36
5.4. Basiskonzepte der Mechanik-CAPT-Intervention 38
5.5. Schülervorstellungen im Bereich des Magnetismus 39
5.6. Basiskonzepte der Ferromagnetismus-CAPT-Intervention 39
5.7. Didaktische Analysen 40
5.7.1. Didaktische Analyse: Mechanik 40
5.7.2. Didaktische Analyse: Ferromagnetismus 41
5.8. Erstellung der Arbeitsblätter 43
5.8.1. Arbeitsblätter der Mechanik 43
5.8.2. Arbeitsblätter Ferromagnetismus 44
6. CAPT-Intervention 47
6.1. Planung und Durchführung der CAPT–Intervention 47
6.2. Mentoring 48
6.2.1. Planung des Mentorings 48
6.2.2. Pilotierung und Überarbeitung des Mentorings 49
6.3. Tutoring (Planung und Durchführung) 51
7. Messinstrumente 55
7.1. Erstellung der Tests der Mechanik-CAPT-Intervention 55
7.2. Erstellung der Tests der Magnetismus-CAPT-Intervention 57
7.3. Durchführung, Probleme, Auswertung 58
8. Auswertung, Ergebnisse 61
8.1. Testhypothesen 61
8.2. Methode und Durchführung der Auswertung 61
8.3. Ergebnisse und Interpretation 63
8.3.1. CAPT-Interventionen: Münchner Mechanikkonzept 63
8.3.2. Auswertung der Schulen 66
8.3.2.1. Schule 1 66

8.3.2.2. Schule 2 68
8.3.2.3. Schule 3 70
8.3.3. CAPT-Interventionen: Magnetismus 73
8.3.4. Auswertung der Schulen 75
8.3.4.1. Schule 1 75
8.3.4.2. Schule 2 78
8.3.4.3. Schule 3 80

9. Diskussion 83

10. Zusammenfassung und Ausblick 91

11. Literaturverzeichnis 93

11.1. Abbildungsverzeichnis 97

11.2. Tabellenverzeichnis 98

12. Abstract 101

12.1. Abstract (Deutsch) 101

12.2. Abstract (Englisch) 101

13. Anhänge 103

13.1. Anhang A 103

13.2. Anhang B 113
13.2.1. Arbeitsblätter von Pieler (2018) 126

13.3. Anhang C 129

13.4. Anhang D 131
13.4.1. Überarbeitetes Testitem 133

13.5. Anhang E: Daten aus Prä- und Posttest 134
13.5.1. Mechanik 134
13.5.2. Magnetismus 135

1. Einleitung

Im Physikunterricht ist die Lehrkraft immer häufiger mit Lern- und Verständnisschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler konfrontiert. Jung (1986) beschreibt dieses Problem treffend damit, dass physikalische Grundvorstellungen von Lernenden nicht verstanden werden, oder sie erst gar nicht erreichten, selbst wenn von der Lehrkraft noch so große Anstrengungen unternommen werden. Das Resultat der aktuellsten PISA-Studie, die 2018 mit den Schwerpunkten Lesekompetenz, sowie Mathematik und Naturwissenschaften durchgeführt wurde, ist ein weiterer Beleg dafür, dass Lernende Schwierigkeiten haben, physikalische Konzepte zu verstehen.

Bei der Betrachtung der PISA-Studien-Ergebnisse ist zu sehen, dass die Leistungen der österreichischen Schülerinnen und Schüler wieder dem OECD-Schnitt entsprechen. Es trat seit der Testung 2015 sogar eine Verschlechterung von 5 Punkten ein, womit Österreich mit 490 Punkten auf dem geteilten 23. Platz liegt (BIFIE, 2019).

Die Verständnisschwierigkeiten und die damit verbundenen Lernschwierigkeiten wurden schon vor Jahrzehnten zum Anlass genommen, genau untersucht zu werden. So wurden in zahlreichen Publikationen (z.B. Duit, 1993; Jung, 1986; Schecker et al., 2018) vorunterrichtliche Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler thematisiert und es wurden aber auch Konzeptwechselstrategien näher beschrieben. In den Naturwissenschaften, insbesondere beim Unterrichtsfach Physik, wurde versucht, lernwirksame Lernumgebungen zu entwickeln und den Unterricht an den Fähigkeiten und Interessen der Schülerinnen und Schüler zu orientieren (Widodo & Duit, 2004). Die konstruktivistische Sichtweise steht also im Vordergrund und Peer-Tutoring ist eine konstruktivistische Unterrichtsmethode, die einen Konzeptwechsel der Schülerinnen und Schüler begünstigen kann.

Peer Tutoring lässt sich so beschreiben, dass Schülerinnen und Schüler (Tutoren) andere Schülerinnen und Schüler (Tutees) unterrichten. Wenn die Tutoren und die Tutees verschieden alt sind, so spricht man von Cross-Age Peer Tutoring (Topping, 1996).

Die Lernwirksamkeit dieser Unterrichtsmethode wurde bereits in einigen Studien und Metaanalysen erforscht, wie zum Beispiel für das Unterrichtsfach Mathematik und für die Lesekompetenz der Schülerinnen und Schüler (Fogarty & Wang, 1982; Robinson, 2005). Dabei bediente man sich Effektstärken, um die Wirkung der Interventionen beschreiben zu können. Vor allem Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht profitieren massiv von Peer Tutoring. Das wird durch die ermittelte Effektstärke von d = 0,6 belegt. In einer jüngeren Publikation von Korner (2015) wurde Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik erforscht, mit dem Resultat, dass sich diese Methode ebenfalls lernförderlich auf den Wissenszuwachs auswirken kann. Dabei wurde zum Beispiel für die Themenbereiche Optik und Elektrizitätslehre Effektstärken von d = 0,46 bis 0,62 beobachtet.

In dieser hier vorliegenden Diplomarbeit wird die Lernwirksamkeit von CAPT im Unterrichtsfach Physik anhand von zwei weiteren Themen, nämlich Mechanik (*Münchner Mechanikkonzept*) und Magnetismus, erforscht. Dafür wurden zunächst Arbeitsmaterialien, basierend auf in der Fachliteratur beschriebenen Basiskompetenzen und Schülervorstellungen, entworfen, anhand deren die CAPT-Interventionen (Mentoring, Tutoring) durchgeführt wurden. Um die Wissensentwicklung evaluieren zu können wurden Wissenstests erstellt, die in Form von Prä- und Posttest die Veränderung des Wissens abbilden. Mit den gewonnenen Daten wurden Effektstärken ermittelt.

Das Ziel dieser Forschung ist es also, die Wirkung von CAPT im Unterrichtsfach Physik anhand der Themen Mechanik und Magnetismus zu erforschen und anhand der Effektstärken zu deuten, ob es überhaupt sinnvoll ist, CAPT anzuwenden. Wenn die Effektstärken des herkömmlichen Unterrichts übertroffen werden, dann werden weitere Methodenwerkzeuge geliefert, um im Regelunterricht Anwendung zu finden.

2. Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick einiger Lerntheorien, Konzeptwechsel-strategien und konstruktivistischen Ansätzen gegeben. Anschließend folgt eine kurze Beschreibung der Peer Tutoring-Methode, gefolgt von der geschichtlichen Entwicklung, der Herausarbeitung einiger Definitionen und die Unterscheidung einiger Abänderungen dieser Methode. Abschließend werden einige Studien und Metastudien beschrieben und der Einfluss auf den Lernfortschritt von Tutoren und Tutees wird zusammengefasst.

2.1. Theorie des Lernens und der Lernschwierigkeiten

Die Antwort auf die Frage, wie ein guter, erfolgreicher Unterricht auszusehen hat, ist vor allem im Physikunterricht von großer Bedeutung, denn es gibt Themen, bei denen die Schülerinnen und Schüler Verständnisschwierigkeiten haben, unabhängig von den Anstrengungen der Lehrkraft, den Sachverhalt genau zu erklären (Jung, 1986).

Kommen Schülerinnen und Schüler erstmals in den Physikunterricht, haben sie bereits unterschiedlich viel Alltagserfahrungen gesammelt. Sie haben sich zum Beispiel schon ein Bild von den zu lernenden Phänomenen und Gesetzen gemacht, die sie auch oft mit Alltagserfahrungen untermauern (Duit, 1993; Jung, 1986). Jung (1986) beschreibt dieses Phänomen treffend, indem er festhält, dass man Lernende nicht als leere, unbeschriebene Blätter sehen soll.

Unabhängig davon, ob man von Schülervorstellungen, Vorverständnis oder Präkonzepten liest, die Bezeichnungen haben eines gemeinsam: die Schülerinnen und Schüler kommen mit einem Inventar von Vorstellungen und Denkweisen in den Physikunterricht, die sich von der physikalischen Sicht unterscheiden (Duit, 1993; Jung, 1986). Die meisten Vorstellungen *„liegen schief*“ zu dem, was die Schülerin, der Schüler nun lernen soll (Jung, 1986). Diese vorunterrichtlichen Vorstellungen haben sich als ein Faktor erwiesen, weswegen Lernschwierigkeiten im Unterrichtsfach Physik keine Seltenheit sind (Duit, 1993).

Die Schwierigkeit im Physikunterricht besteht darin, einen Übergang von den Alltagsvorstellungen zu den „physikalisch korrekten“ Konzepten zu schaffen. Mit „*vergesst einmal alles, was ihr bereits wisst*“ (Duit, 1993, S.5) ist es nicht getan, der Lernprozess und der Prozess des Verstehens ist viel komplexer.

Der Mensch nimmt über seine Sinneskanäle im Wesentlichen sprachliche und visuelle Sinnesdaten auf, die allerdings noch keine Bedeutung für den Empfänger haben. Erst mit den bereits vorhandenen Denk- und Wissensstrukturen, die der Mensch im Langzeitgedächtnis gespeichert hat, wird den empfangenen Daten einen Sinn gegeben (Hopf & Wiesner, 2011) – die Sinnesdaten erhalten also eine Bedeutung. Das ist Hopf und Wiesner (2011) zu Folge nur möglich, wenn Verbindungen zu bereits Bekanntem hergestellt werden.

Die Sinnesdaten erscheinen zwar auf dem ersten Blick objektiv, sie stellen aber einen Interpretationsprozess dar. Der Mensch bewältigt die große Menge an Sinnesdaten nämlich nur dann, wenn er diese strukturiert und filtert. Dabei spielt die Alltagserfahrung eine wesentliche Rolle (Duit, 1993). „*Schüler sehen das, was sie bei Experimenten sehen wollen*“ (Duit, 1993, S.5). Damit ist gemeint, dass selbst visuelle Darstellungen mittels Experimente die Lernenden nicht in ihrer Meinung umstellen können. Dies wird bei Duit mit dem Experiment eines glühenden Drahtes untermauert, der in einem geschlossenen Stromkreis entsteht. Die Schülerinnen und Schüler erwarteten bei einer Abstimmung über den Versuchsausgang, dass der Draht von links, rechts, oder überall gleich zu glühen beginnt. Die Durchführung mit den beobachtbaren Resultaten konnte die beiden falsch liegenden Gruppen aber nicht umstimmen, denn sie sahen offenbar das, was sie im Vorhinein erwarteten (Duit, 1993).

Wenn Sinnesreize also nun das Gehirn erreichen, dann sind sie bereits interpretiert. Schülerinnen und Schüler interpretieren aufgrund ihrer Erfahrung Sinnesreize anders, als die Lehrkraft. Deswegen ist es für den Unterricht wichtig, dass die Lehrperson weiß, welche vorunterrichtlichen Vorstellungen die Argumentationen der Schülerinnen und Schüler beeinflussen (Duit, 1993). Die Lehrkraft muss aber auch geeignete Sinnesdaten (zum Beispiel Tafelbilder und Experimente) anbieten, die von den Lernenden unter Berücksichtigung der

Schülervorstellungen einen positiven Lernprozess zur Folge haben (Hopf & Wiesner, 2011).

Nun stellt sich die Frage, wie der Lernprozess beschrieben werden kann. „Verstehen“ ist nach Jung (1986) ein aktiver Konstruktionsprozess. Die Schülerinnen und Schüler aktivieren in gewisser Weise bereits gespeicherte Vorstellungen des Langzeitgedächtnisses und ordnen die neu gewonnenen Informationen aus den Sinnesdaten ein (Jung, 1986). Lernen ist in Physik und anderen Naturwissenschaften nicht einfach nur ein „*Lernen von Wortbedeutungen*“, man kann erweiterte Konzepte nicht verstehen, wenn man nicht die Grundvorstellungen des jeweiligen Themas verinnerlicht hat (Jung, 1986, S.3).

Der aktive Konstruktionsprozess ist auf Basis der bisher vorhandenen vorunterrichtlichen Vorstellungen zu sehen, die den Lernprozess beeinflussen. Wenn weiters keine passenden Informationen, bzw. gespeicherte Vorstellungen im Langzeitgedächtnis aktiviert werden, so bleibt der Lernerfolg aus. Die angebotenen Informationen in Form von Wissensstücken können nicht (aktiv) verarbeitet werden (Hopf & Wiesner, 2011). Die Aufgabe der Lehrkraft ist es also, nicht Wissen zu überbringen, sondern die Eigenkonstruktion der Schülerinnen und Schüler anzuregen (Duit, 1993).

Die konstruktivistische Sichtweise besagt also, dass Lernende ihr Wissen unter Berücksichtigung der vorunterrichtlichen Vorstellungen selbst und aktiv konstruieren müssen (Widodo & Duit, 2004). Hopf & Wiesner (2011) stellen aber klar, dass konstruktivistisches Lernen nicht mit selbstentdeckendem Lernen gleichzusetzen ist. Schülerinnen und Schüler können nicht durch das selbstständige Bearbeiten von Lernmaterial Konzepte eigenständig erlernen. Dazu bedarf es einer Lehrperson, die die Lernenden unterstützt, oder die Lernumgebungen so „geschickt“ gestaltet, das dieser einen Lernzuwachs zur Folge hat (Hopf & Wiesner, 2011).

2.2. Ursachen und Wirkungen von Schülervorstellungen

Wenn Schülerinnen und Schüler in den Physikunterricht kommen, so ist davon auszugehen, dass sie sich aufgrund ihrer alltäglichen Erfahrungen bereits ein Bild über einige zu vermittelnden Themenbereiche gemacht haben. Lernende sind nicht als unbeschriebene Blätter anzusehen (Jung, 1986), sondern sie verfügen bereits über ein gewisses Repertoire an Vorstellungen. Diese liegen aber oft *schief* zu den physikalischen Konzepten, die von der Lehrperson vermittelt werden müssen (Jung, 1986). Nachtigall (1986) versteht unter dem Begriff *physikalische Konzepte* von der Fachwelt akzeptierte Begriffe, Theorien und Prinzipien. Diese werden aber gerade im Unterrichtsfach Physik sehr oft aufgrund der vorunterrichtlichen Erfahrungen fehlgedeutet, oder das verwendete physikalische Vokabular, das oft nicht mit der Alltagsbedeutung der Wörter übereinstimmt, führt zu Verwirrungen (Nachtigall, 1986).

Diese vorunterrichtlichen Vorstellungen und die damit verbundenen Lern- und Verständnisschwierigkeiten haben ganz unterschiedliche Gründe. Schüler-vorstellungen können aus dem vorangegangenen Unterricht stammen. Dieser innerschulische Kontext kann zum Beispiel das Resultat von lehrbedingten Schwierigkeiten sein. Der überwiegende Teil der Lernschwierigkeiten stammt aber aus dem außerschulischen Bereich (Schecker et al., 2018).

Zunächst gibt es aus dem Alltag resultierende Vorstellungen, die sich im Laufe des Lebens als sehr nützlich erwiesen haben. Diese entstehen aus alltäglichen Erfahrungen, die mit Sinneseindrücken und Wahrnehmungen immer weiter ergänzt wurden und dementsprechend schwierig zu verändern sind. Sie erlauben es schließlich, dass sich das Individuum in der Umwelt zurechtfinden kann. (Jung, 1986).

Die Umgangssprache, wie man sie zum Beispiel aus Print- und anderen Medien kennt, kann Fehlkonzepte ebenfalls fördern. Dass *Strom verbraucht* wird ist dabei nur ein Beispiel von vielen, bei denen man sieht, dass physikalisch korrekte Konzepte nicht wiedergegeben werden. Zudem entsprechen viele Konzepte der Alltagssprache nicht mehr dem heutigen Weltbild, wie etwa der Satz „*die Sonne geht auf*“. Weiters werden viele Begriffe in der alltäglichen Sprache auch falsch verwendet oder haben physikalisch gesehen eine andere Bedeutung. All diese

Punkte wirken sich auf die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aus (Jung, 1986).

Einige Schülervorstellungen gehen auf grafische Veranschaulichungen zurück. Damit ist gemeint, dass zum Beispiel Abbildungen und Grafiken ebenfalls einen Einfluss auf Lernschwierigkeiten und vorunterrichtlichen Vorstellungen haben. Auch die Tatsache, dass Lehrkräfte zu selten auf den Modellcharakter vieler Erklärungsversuche näher eingehen und die Lernenden diese als „*die Realität*“ annehmen („*zwischen den Feldlinien ist nichts*“), fördert Schülervorstellungen (Schecker et al., 2018).

Die Ursachen der Schülervorstellungen sind also vielseitig. Eines haben sie aber gemeinsam – sie halten sich sehr hartnäckig. Niedderer und Schecker (1992) fassen dies so zusammen, dass die Konzepte der Schülerinnen und Schüler sehr resistent gegenüber Veränderungen sind. Lehrpersonen müssen bestmöglich damit umgehen und geeignete Strategien wählen, um den Lernenden physikalisch korrekte Konzepte lernwirksam näherbringen zu können. Die Konzeptwechsel-strategien (Duit, 1993; Jung, 1986) sind in Kapitel 2.4 näher beschrieben.

2.3. Konzeptwechsel

Die Schülerinnen und Schüler haben sich durch die Alltagserfahrungen schon eine gewisse physikalische Sichtweise angeeignet. Diese wurde durch eine Vielzahl von Beobachtungen und Überlegungen noch unterstützt und bekräftigt. Deswegen sind diese Schülervorstellungen oftmals auch sehr dominant gegenüber Veränderungen (Hopf & Wiesner, 2011). Eine bekannte vorunterrichtliche Vorstellung ist, dass nur ein Kabel von der Batterie zur Lampe genügt, damit diese leuchtet. Weiters glauben viele Schülerinnen und Schüler, dass „*Strom verbraucht“* wird (Schecker et al., 2018). Besonders problematisch sind Fehlkonzepte, die sich deutlich von der physikalischen Sicht unterscheiden. Hier bedarf es Strategien, um die erwünschten physikalischen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu entwickeln und zu fördern (Hopf & Wiesner, 2011). Lernen wird deswegen häufig als Konzeptwechsel (*Conceptual Change*) gesehen. Damit ist gemeint, dass im schlimmsten Fall die vorunterrichtlichen Konzepte durch physikalisch, anschluss-fähige Konzepte ersetzt werden müssen (Duit, 1993).

2.4. Konzeptwechselstrategien

Der Begriff *Conceptual Change*, auf Deutsch *Konzeptwechsel*, wurde in den 1980er Jahren eingeführt. Es entstand fortan ein großes Forschungsfeld der Lernpsychologie und der Fachdidaktik, speziell auch für das Unterrichtsfach Physik (Schecker et al., 2018). Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) hielten Bedingungen fest, die berücksichtigt werden sollten, damit ein Konzeptwechsel auch funktioniert. Zunächst müssen die Schülerinnen und Schüler mit dem vorhandenen Konzept, also mit den vorunterrichtlichen Vorstellungen, unzufrieden sein. Damit aber das neue Konzept fruchtet, muss es verständlich und nachvollziehbar sein, es muss plausibel erscheinen und es muss auf neue Situationen und Phänomene übertragbar sein. Diese Bedingungen sollten auch mit einer unterschiedlichen Gewichtung in die Konzeptwechselstrategien einfließen (Hopf & Wiesner, 2011).

Jung beschreibt drei Konzeptwechselstrategien (Anknüpfungsstrategie, Konfrontationsstrategie, Umdeutungsstrategie), also Strategien, wie man mit Schülervorstellungen umgehen sollte, um den Lernenden physikalisch korrekte Vorstellungen vermitteln zu können, damit diese auch lange abrufbar im Gedächtnis abgespeichert werden (Jung, 1986). Hopf und Wiesner (2011) haben diese Strategien um eine vierte Strategie, der Brückenstrategie, erweitert, um die Methodenvielfalt der Lehrkräfte zu erweitern, angemessen mit Schülervorstellungen umzugehen (Hopf & Wiesner, 2011).

Anknüpfungsstrategie

Die Schülerinnen und Schüler besitzen bereits über nützliches Vorwissen. Damit ist gemeint, dass sich die Schülervorstellungen nicht massiv von den physikalischen Konzepten unterscheiden. Die Lehrkraft versucht also nur wenig mit diesen Vorstellungen zu kollidieren (Jung, 1986).

Konfrontationsstrategie

Diese Strategie unterscheidet sich wesentlich von der Anknüpfungsstrategie. Die Lehrkraft beginnt genau mit jenen Konzepten, die den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler genau gegenüberstehen. Dabei sollen Lernende in kognitive Konflikte gebracht werden (Jung, 1986).

Umdeutungsstrategie

Mit dieser Strategie wird versucht, einen kontinuierlichen Übergang zweier Konzepte zu finden. Hierbei wird dem Lernenden aber vermittelt, dass seine Vorstellung durchaus entwicklungsfähig ist. Diese muss allerdings umgedeutet werden, um ihre Berechtigung zu haben (Jung, 1986).

Brückenstrategie

Diese Strategie wird von Hopf und Wiesner (2011) erwähnt und beschreibt, dass Zwischenschritte eingeführt werden, um einen möglichen Konzeptwechsel zu erleichtern. Diese Zwischenschritte können sich in Form von „Übergangsbegriffen“ zeigen, die Schritt für Schritt zum Zielbegriff weiterentwickelt werden (Hopf & Wiesner, 2011).

Duit listet zudem noch mit dem Unterrichtsklima, der Lehrerrolle, der Unterrichts-organisation und der Meta-Kognition Kriterien auf, die sich positiv auf Konzept-wechselstrategien auswirken können (Duit, 1993). Diese werden hier aufgezählt und knapp beschrieben:

Unterrichtsklima

Das Unterrichtsklima beschreibt die Qualität der Interaktionen innerhalb von Klassen (Hattie, 2009) und ist ein zentraler Punkt beim Steigern des Lernerfolges, denn erst bei einem vertrauensvollen Klima geben die Schülerinnen und Schüler ihre vorunterrichtlichen Konzepte preis. Damit ist zum Beispiel gemeint, dass sich

die Lernenden oft melden sollen und falsche Vorstellungen nicht negativ angerechnet werden dürfen (Duit, 1993). Das Preisgeben der Schülervorstellungen ist wichtig, damit die Lehrkraft weiß, welche Konzeptwechselstrategie angewendet werden muss.

Aber auch andere Faktoren beeinflussen das Klima maßgeblich. Die Lehrpersonen sollten auf ein angenehmes Umfeld achten. Damit ist gemeint, dass Faktoren, wie zum Beispiel der gegenseitige Respekt, Empathie und die gegenseitige Hilfe, das Klima innerhalb der Klasse verbessern. Die positive „*Schüler-Lehrer-Beziehung*“ wirkt dabei zusätzlich lernförderlich (Hattie, 2009).

„Lehrerrolle“

Wie bereits erwähnt, soll die Lehrkraft nicht nur als Informationsquelle dienen, sondern auch noch Leistungen bewerten. Lehrpersonen sollen den Schülerinnen und Schülern helfen, ihr Wissen aktiv zu konstruieren (Duit, 1993). Weiters hat Duit im Pikobrief Nummer 1 (Duit, 2010) Schritte aus Literaturen zusammengefasst, die eine

Lehrperson befolgen sollte, um einen erfolgreichen Konzeptwechsel zu begünstigen:

- „*Vertraut machen mit den Phänomenen*
- *Bewusstmachen der Schülervorstellungen*
- *Einführung in die physikalische Sichtweise*
- *Anwendung der neuen Sichtweise*
- *Rückblick auf den Lernprozess*“ (Duit, 2010, S.4)

Allerdings, so Duit weiter, verzichten Lehrkräfte oft auf den 2. und 5. Schritt. Das *Bewusstmachen der Schülervorstellungen* und der *Rückblick auf den Lernprozess* sind aber von großer Bedeutung, da die Konzeptwechselstrategien darauf bauen. Wenn kognitive Konflikte hervorgerufen werden sollen, dann muss die Lehrkraft die Schülervorstellungen den physikalischen Konzepten gegenüberstellen. Dabei ist aber immer zu berücksichtigen, dass Lernende diesen Konflikt oft nicht sehen (Duit, 1993), weswegen die Lehrpersonen eine Vielzahl verschiedener Ansätze im Repertoire haben sollten.

Unterrichtsorganisation

Neue Unterrichtsansätze, wie etwa offenes Lernen, aber auch Gruppen- oder Partnerarbeit, sollen den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit bieten, Vorstellungen durch den Austausch ihrer Sichtweisen, selbstständig zu konstruieren (Duit, 1993).

Meta-Kognition

Zusätzlich zur inhaltlichen Ebene steht hier auch die Vorstellungen vom Lernen selbst im Vordergrund. Den Schülerinnen und Schülern werden allgemeine Denkwerkzeuge zur Verfügung gestellt, mit denen sie ihr Wissen selbst konstruieren können sollen (Duit, 1993).

2.5. Konstruktivistische Sichtweisen

Konstruktivistische Ansätze spielen seit den späten 1970er Jahren eine wichtige Rolle in der naturwissenschaftlichen und psychologischen Lehr- und Lernforschung. Die Sichtweisen des Konstruktivismus haben sich bis heute verändert. In den Naturwissenschaften hat man sich nicht nur darauf beschränkt, effektive Lernumgebungen zu entwickeln, die die Schülerinnen und Schülern bei der Konstruktion des Wissens unterstützen sollen. Es wurde auch versucht, den Unterricht an den individuellen Lernfähigkeiten, Interessen und Bedürfnissen der Lernenden zu orientieren (vgl. Widodo & Duit, 2004, S.234). Wenn diese drei Punkte bei der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden, so kann auch ein erfolgreicher Lernprozess in Gang gesetzt werden (Korner, 2015).

Wie müssen aber nun Lernumgebungen gestaltet werden, damit die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen eigenständig konstruieren können? Widodo und Duit (2004) haben diesbezüglich fünf Kennzeichen konstruktivistischer Lern-umgebungen aufgelistet:

- „*Konstruktivistisches Lernen ermöglichen*
- *Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrung*
- *Soziale Interaktion*
- *Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim eigenständigen Lernen*
- *Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen*“ (Widodo & Duit, 2004, S.237)

Konstruktion des Wissens ermöglichen

Widodo und Duit gehen hier von der konstruktivistischen Annahme aus, dass Schülerinnen und Schüler Wissen selbst konstruieren müssen. Der Wissensprozess setzt bei den Schülervorstellungen an und bewirkt eine Veränderung dieser. In dieser Kategorie wird genau erfasst, inwiefern an Schülervorstellungen angeknüpft wird, um den Lernvorgang als Konstruktion des Wissens zu ermöglichen und zu fördern (Widodo & Duit, 2004).

Ein weiterer Punkt dieser Kategorie beschreibt, dass man den Lernenden ihren Lernstatus bewusst machen muss. Damit ist gemeint, dass sie über den Stellenwert des Unterrichtsthemas informiert werden sollen und es soll darauf geachtet werden, dass die Unterrichtsinhalte auch miteinander vernetzt werden (Widodo & Duit, 2004). Die Schülerinnen und Schüler sollen also Zusammenhänge erkennen und ihr erlerntes Wissen auf vertiefende Themen anwenden und transferieren können.

Da Schülervorstellungen die Grundvoraussetzungen für konstruktivistische Wissenserarbeitungen bilden, ist es auch wichtig, diese zu erkunden. Widodo und Duit schreiben von der „*Exploration des Vorwissens*“. Allerdings werden auch Ansichten vertreten, dass die Lehrkraft abwiegen soll, um gegebenenfalls auch auf die Exploration zu verzichten. Denn oftmals treten in kurzer Zeit eine Vielzahl verschiedener vorunterrichtliche Vorstellungen auf und es ist schwierig, darauf angemessen einzugehen. (Widodo & Duit, 2004, S.238).

Die Lehrkraft sollte aber nicht nur die Schülervorstellungen erkunden. Es ist auch von Bedeutung, sich mit den verschiedenen Denkweisen der Schülerinnen und Schüler vertraut zu machen. Aufgaben müssen so erstellt werden, dass

Denkprozesse von Lernenden aktiviert und dabei aus den kognitiven Konflikten neue konzeptionelle Strukturen ausgebildet werden können (Widodo & Duit, 2004).

Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrung

Der *soziale* und *materiale Kontext* spielt bei der Wissenskonstruktion ebenfalls eine wichtige Rolle. Damit ist gemeint, dass die Lernbedürfnisse der Schülerinnen und Schüler zum Beispiel in Form von Alltagsmaterialien berücksichtigt werden müssen, um einen Lernfortschritt zu unterstützen. Vorgänge und Phänomene aus dem Alltag sollen für die Lernenden authentische und relevante Lernkontexte darstellen. Die Schülerinnen und Schüler sollen dabei gefördert werden, das neu erlangte Wissen auch mit ihrem Alltag in Verbindung zu setzen, um es länger in Erinnerung zu behalten (Widodo & Duit, 2004).

Soziale Interaktion

Bei der sozialen Interaktion wird davon ausgegangen, dass Wissen im sozialen Umfeld konstruiert wird. Die Schülerinnen und Schüler sollen mit anderen Lernenden oder mit der Lehrkraft in verschiedenen Sozialformen (zum Beispiel Gruppenarbeit oder Partnerarbeit) kommunizieren. Die Kommunikation mit anderen bewirkt einerseits, dass andere Vorstellungen und Standpunkte aufgefasst werden. Andererseits fördert die soziale Interaktion das Überdenken eigener vorunterrichtlicher Vorstellungen (Widodo & Duit, 2004).

Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim eigenständigen Lernen

In dieser Kategorie geht man davon aus, dass Lernen *intensional* (Widodo & Duit, 2004, S.240) ist, also dass dieser Prozess von den Lernenden beabsichtigt sein muss, denn die Schülerinnen und Schüler sind für das eigene Lernen selbst verantwortlich. Duit beschreibt dies treffend mit der Aussage: „*jeder ist seines Wissens Schmied*“ (Duit, 2010, S.2).

Inwieweit den Lernenden nun die Verantwortung gegeben werden kann und bis zu welchem Grade sie beim Lehr-Lernprozess mitbestimmen können, um

unabhängige Lerner zu werden, ist die zentrale Frage. Eigenständiges Lernen ist nur möglich, wenn die Voraussetzungen in Form von Freiräumen geschaffen werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen einerseits ermutigt werden, ihre eigenen Ideen zu überdenken und zu revidieren. Andererseits sollen sie die Fähigkeit erlangen, ihr Lernen selbstständig zu reflektieren, um eine Kontrolle darüber zu erlangen (Widodo & Duit, 2004).

Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen

Die fünfte und letzte Kategorie beschreibt, dass auch wissenschaftliches Wissen konstruiert werden muss. Dabei ist aber zu beachten, dass dieses zwar überdauern kann, aber dennoch vorläufig ist (Hopf & Wiesner, 2011). Den Schülerinnen und Schülern soll diesbezüglich vermittelt werden, dass Wissenschaftler Fachwissen stets weiterentwickeln und in manchen Fällen auch revidieren, wie es in der Vergangenheit mehrfach zu sehen war (etwa Atommodelle). Diese Aspekte werden mit dem Begriff „*Nature of Science*“ (z.B. Hopf & Wiesner, 2011, S.13) bezeichnet.

Den Lernenden soll zudem nähergebracht werden, dass wissenschaftliches Fachwissen auch von sozialen und kulturellen Traditionen beeinflusst wurde (Hopf & Wiesner, 2011), aber auch Ideologien, Werte, religiöse Überzeugungen, eigenen Interessen und Erfahrungen sind Einflussfaktoren (Widodo & Duit, 2004).

Die Schülerinnen und Schüler sollen des Weiteren einen Einblick in das naturwissenschaftliche Arbeiten bekommen, indem ihnen der Stellenwert und der Zusammenhang von Beobachtungen, Hypothesen, Theorien und Gesetzen nähergebracht wird. Letztendlich sollen die Lernenden auch erfahren, dass sie *unterschiedliche Forschungsstrategien* und die *Grenzen wissenschaftlicher Erklärungen* anerkennen müssen, da viele wissenschaftliche Erklärungen nur innerhalb bestimmter Bereiche gültig sind (Widodo & Duit, 2004, S.240).

3. Peer Tutoring

3.1. Beschreibung des Begriffes

Peer Tutoring kann ohne Frage zu den konstruktivistischen Unterrichtsmethoden gezählt werden (vgl. Korner, 2015). Diese Methode ist aber keine Erfindung der jüngsten Vergangenheit (80er, 90er Jahre), die Dokumentation reicht nämlich bereits bis zur Zeit der alten Griechen zurück (Topping, 1996). Im Laufe der Zeit hat sich allerdings ein Wandel vollzogen und so entstanden einige Arten und Varianten des Peer Tutorings. Generell kann man aber sagen, dass diese Unterrichtsmethode durch zwei verschiedene Rollen charakterisiert wird. Schülerinnen und Schüler nehmen entweder die Rolle eines Tutors ein und unterrichten lehrplanbezogene Themen, oder sie nehmen die Rolle eines Tutees ein und bekommen die neuen Lerninhalte gelehrt (Topping, 1996). Dabei sind sie nicht mehr passive Empfänger von Anweisungen und die Tutoren nehmen aktiv am Lernprozess der Tutees teil (Fogarty & Wang, 1982).

3.2. Entwicklung des Peer Tutorings

Peer Tutoring hat eine lange Tradition. In vielen Kulturen haben bereits Kinder jüngeren Kindern geholfen, Wissen anzueignen, um „*funktionierende*“ Mitglieder der Gesellschaft zu werden. Dies konnte man auch schon bei Geschwistern erkennen (Fogarty & Wang, 1982, S.450). Diese Handlungen kann man bereits als Peer Tutoring, genauer gesagt als Vorläufer des Cross-Age Peer Tutorings (CAPT) bezeichnen, wobei diese von den Erwachsenden kaum bis nicht „gesteuert“, beziehungsweise organisiert wurden.

Erst mit der Industriellen Revolution wurden Schülerinnen und Schüler (Tutoren, Peers) häufiger eingesetzt, mit dem Ziel, deren Schulkollegen zu unterrichten, um den Mangel an Lehrkräften zu kompensieren (Fogarty & Wang, 1982).

Aus dieser Zeit stammt auch eine archaische Beschreibung der Bedeutung von Peer Tutoring oder des CAPT. Peer Tutoren sind „Übergangslehrer“, die Lerninhalte von der Lehrperson an die Tutees weitergeben sollen. Man kann also sagen, dass begabtere Schülerinnen und Schüler weniger begabte Lernende in

kleinen Gruppen oder in Partnerarbeit unterrichtet haben. Dieser Vorgang wurde von einer professionellen Lehrerkraft allerdings sorgfältig organisiert, die Tutoren wurden dabei auch „angelernt“. Topping spricht von einem „linearen System“ bei der Vermittlung der Lerninhalte, bei dem die Tutoren das von der Lehrkraft erworbene Wissen an die Tutees weitergeben (Topping, 1996).

In den weiteren Jahren begann die Erforschung und Weiterentwicklung dieser konstruktivistischen Unterrichtsmethode und es entstanden einige neue Arten beziehungsweise Abänderungen des Peer Tutorings. Dabei wurde auch klar, dass Peer Tutoring nicht nur die Wissensvermittlung von begabten zu unbegabten Schülerinnen und Schülern ist. Sehr viele andere Faktoren spielen hierbei ebenfalls eine wichtige Rolle. Peer Tutoring ist also weitaus komplexer geworden, sodass man mit der ursprünglichen Definition nicht mehr auskommt (Topping, 1996).

Topping (1996) hat den Lernprozess des Peer Tutorings genauer definiert.

> *„People from similar social groupings who are not professional teachers helping each other to learn and learning themselves by teaching“* (Topping, 1996, S.322).

Dabei geht Topping nicht mehr nur von begabten und unbegabten Schülerinnen und Schülern aus. Personen mit einer unterschiedlichen Sozialisation helfen einander gegenseitig. Dabei lernt man von einander. Demzufolge profitieren sowohl die Tutoren, als auch die Tutees vom Peer Tutoring (Topping, 1996).

In wissenschaftlichen Publikationen war zunächst oft von *peer assisted learning* die Rede (Rohrbeck, 2003). Dies inkludiert allerdings alle Arten des Peer Tutorings, insbesondere Cross-Age Peer Tutoring (Cohen, Kulik, & Kulik, 1982) und Same-Age Peer Tutoring (King, 1998). Publikationen, die diese Tutoring-Arten klar definieren und voneinander unterscheiden sind aber kaum vorhanden. Gaustad et al. (1993) hat die Typen erstmals definiert. So spricht man von Peer Tutoring, wenn die Tutorin, der Tutor und die Tutees das-selbe Alter haben. Beim Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) ist die Tutorin, der Tutor älter als die Tutees (Gaustad et al., 1993).

3.3. Studien zum Erfolg von Peer Tutoring

Nun stellt sich die Frage, ob Peer Tutoring, in welcher Form auch immer, zum Lernerfolg beiträgt. Hierfür gibt es Studien und Metaanalysen, die die verschiedenen Arten des Peer Tutorings analysieren.

Einen groben Überblick über die Lernwirksamkeit verschiedener Einflussfaktoren verschafft die Forschungsarbeit von John Hattie (2009), in der zum ersten Mal 50.000 Studien mit etwa 138 Einflussfaktoren zum Lernerfolg vorgelegt wurden. Diese Vielzahl an Einzelstudien wurden durch ein statistisches Verfahren miteinander in Beziehung gesetzt – es entstanden 800 *Metaanalysen*, die miteinander verglichen wurden (Hattie, 2009).

Um etwas über die Wirksamkeit der Einflussfaktoren aussagen zu können, bedient man sich sogenannter Effektstärken, also die Mittelwertdifferenz zwischen Kontrollgruppe und Erprobungsgruppe, dividiert durch die Standardabweichung (siehe Formel 1 und 2, Kapitel 8.2). Dabei ist zu beachten, dass ein Wert von 0 einen Gleichstand der Mittelwerte angibt, Werte größer als 0 geben an, dass die Erprobungsgruppe besser abschneidet. Nun definiert Hattie noch, dass Werte zwischen 0,4 und 0,6 einen moderaten Effekt ausdrücken, Werte ab 0,6 weisen auf große Effekte beim Lernfortschritt hin (Hattie, 2009).

Hattie analysierte 138 Einflussfaktoren, Peer Tutoring ist einer dieser Faktoren. Für diese Unterrichtsmethode wurde ein Effektmaß von 0,55 ermittelt (Hattie, 2009), das bedeutet also, dass sich Peer Tutoring lernfördernd auswirkt.

In einer weiteren Metastudie von Cohen, Kulik und Kulik (1982) beschäftigte man sich ausschließlich mit Formen des Peer Tutorings. 65 Studien wurden miteinander verglichen, dabei sind 15 verschiedene Einflussfaktoren berücksichtigt worden. Es wurde unter anderem unterschieden, ob das Tutoring strukturiert ist, ob es einen Altersunterschied in Form von Cross-Age gibt und die Dauer des Programmes wurde ebenfalls berücksichtigt (Cohen et al., 1982). Die 65 Studien beschrieben Effekte sowohl auf Tutoren, als auch auf die Tutees und haben diese ebenfalls mittels Effektstärken ausgedrückt. Das Resultat ist, dass sich Peer Tutoring positiv auf den Lernerfolg auswirkt. Allerdings, so Cohen et al. (1982), ist nicht jedes

Unterrichtsfach, beziehungsweise jede Fähigkeit gleichermaßen von einer hohen Effektstärke betroffen. Mathematik hat eine Effektstärke von 0,6, die Lesefähigkeit hingegen nur eine Effektstärke von 0,3 (Cohen et al., 1982).

Peer Tutoring im Unterrichtsfach Mathematik wurde von Robinson (2005) in einem weiteren Werk genauer analysiert. Dabei kommt die Autorin ebenfalls zum Schluss, dass Schülerinnen und Schüler in Peer Tutoring-Programmen bei Tests in Mathematik signifikant besser abschneiden, als Lernende in Kontrollgruppen (Robinson, 2005). Dabei bezieht man sich unter anderem auf das Werk von Early (1999). Da wurde beim *Texas Assessment of Academic Skills (TAAS)* eine Effektstärke von 1,07 von Schülerinnen und Schülern in Peer Tutoring-Programmen ermittelt (Early, 1999), im Vergleich zu herkömmlich unterrichteten.

In einer neueren Arbeit von Korner (2015) wird Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik bezüglich der Themen Elektrizitätslehre und Optik analysiert. Für die Auswertung dienen Prä- und Posttests und in weiterer Folge auch Follow-Up-Tests. Die Leistungen aller Schülerinnen und Schüler haben sich zwischen Prä- und Posttest verbessert. In Effektstärken ausgedrückt konnte bei der Elektrizitätslehre ein Wert von 0,46 ermittelt werden, beim Thema Schatten 0,49 und beim Thema Spiegel sogar 0,62 (Korner, 2015). Diese Ergebnisse zeigen, dass sich Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik auch positiv auf den Lernfortschritt auswirken kann, da die ermittelten Werte nach Hattie größer als 0,4 sind (Hattie, 2009).

Wenn man nun die Effektstärken miteinander vergleicht, ist zu beachten, dass diese nicht nur vom jeweiligen Unterrichtsfach abhängen. Die Wahl der jeweiligen Peer Tutoring-Art beeinflusst das Ergebnis ebenfalls wesentlich. Cross-Age Peer Tutoring erzielt höhere Werte als Peer Tutoring. Weiters spielt es eine Rolle, ob die Tutoren eingeschult wurden und wie strukturiert das Tutoring abläuft. Die Dauer des Tutoring-Programmes beeinflusst die Effektstärke ebenfalls. Bei kürzeren Programmen ist ein besseres Ergebnis zu erwarten, als bei längeren (Cohen et al., 1982).

3.4. Wirkung des Cross-Age Peer Tutorings

3.4.1. Einfluss auf Tutees

Der Einfluss von Cross-Age Peer Tutoring wird in der Metaanalyse von Cohen et al. (1982) beschrieben. In 52 von 65 Studien werden die akademischen Fortschritte der Schülerinnen und Schüler von Peer Tutoring-Programmen dargestellt. Es hat sich gezeigt, dass sich CAPT positiv auf die Prüfungsleistungen auswirkt. 45 von diesen 52 Studien zeigen auf, dass Tutees signifikant besser bei Tests abschneiden, als konventionell unterrichtete Schülerinnen und Schüler (Cohen et al., 1982).

Weitere Studien werden herangezogen, die beschreiben, dass Peer Tutoring auch die Einstellung zum Schulfach positiv beeinflusst. Jedoch wird dies nur in einer Studie anhand signifikanter Daten untermauert (Cohen et al., 1982).

Im Werk von Cohen et al. (1982) wird weiters noch auf den Einfluss auf das Selbstverständnis der Schülerinnen und Schüler eingegangen. Dabei beschreiben 7 Studien, dass Peer Tutoring das Selbstverständnis fördert (Cohen et al., 1982).

Letztendlich werden zwei Unterrichtsansätze miteinander verglichen – herkömmlicher konventioneller Unterricht, bei dem die Lehrkraft Wissen vermittelt, und Cross-Age Peer Tutoring. Cohen bezieht sich auf 19 weitere Studien, in denen Peer Tutoring bezogen auf den Lernertrag befürwortet wird (Cohen et al., 1982).

Warum wirkt sich CAPT nun so positiv auf den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler aus?

Die Tatsache, dass sich CAPT positiv auf den Lernfortschritt auswirkt, ist ein sehr langes erforschtes Thema. Viele gehen einfach davon aus, dass der Erfolg daraus resultiert, dass die Tutees zusätzlich Anweisungen und Erklärungen bekommen, die ihnen einen Vorteil gegenüber konventionell unterrichteten Schülerinnen und Schülern schaffen. Tutoren profitieren davon, weil sie das eigens dafür notwendige Arbeitsmaterial selbst bearbeiten müssen, um anhand dessen Tutees zu unterrichten (Fogarty & Wang, 1982).

Die Meinung vieler anderer Forschungsgruppen ist aber, dass bei Peer Tutorings andere Faktoren eine Rolle spielen, als bei gewöhnlichen Unterrichtseinheiten, in denen Lehrkräfte den Schülerinnen und Schülern gegenüberstehen. Soziale oder motivationale Faktoren spielen beim CAPT eine wesentliche Rolle und beeinflussen auch die „akademischen Zugewinne“ (Fogarty & Wang, 1982).

Gartner, Kohler und Reissmann sind der Auffassung, dass man den Erfolg von CAPT nicht anhand von nur wenigen Faktoren festmachen kann. Der resultierende Lernerfolg eines Peer-Tutoring-Programms kann auf die Fähigkeit des Tutors zurückgeführt werden, sich um die persönlichen Bedürfnisse des Tutees zu kümmern, Verständnisschwierigkeiten aufzudecken und dabei Wissen aufzubauen (Gartner, 1971).

Schülerinnen und Schüler haben gegenüber Lehrkräften einen Vorteil – sie verstehen die Probleme der Tutees leichter, da sie sozial und emotional ähnlich veranlagt sind. Gleichaltrige sind sich, so Allen (2013), kognitiv und sozial näher. Man spricht etwa die selbe Sprache, hat ähnliche Interessen, eine ähnliche Sozialisation (Robinson, 2005). Die Tatsache, dass die kognitiven Rahmenbedingungen sehr ähnlich sind, hilft den Tutoren dabei, Lerninhalte so darzustellen und zu erklären, dass sie von den Tutees besser verstanden werden können (Allen, 2013).

Lippitt liefert einen ähnlichen Erklärungsversuch, warum CAPT den Lernfortschritt positiv beeinflusst. Die soziale Distanz zwischen Tutor-Tutee ist viel näher, als die Beziehung einer Lehrkraft zu einem Lernenden – sie nimmt beinahe Züge einer Freundschaft an (Lippitt, 1976). Diese soziale Nähe kann ebenfalls ein Grund sein, dass Schülerinnen und Schüler eines Peer-Tutoring-Programms bei Tests und Prüfungen besser abschneiden, als von Lehrkräften unterrichtete Kinder und Jugendliche.

Tutoren werden von den Tutees ganz anders wahrgenommen, als Lehrpersonen. Einerseits treten diese ganz anders auf, indem sie aus einer Art Freundesrolle agieren, andererseits ist die persönliche Verbundenheit mit einem Tutor viel höher. Die Lehrperson muss die Klasse schließlich alleine unterrichten und kann nicht, wie im Einzelunterricht des Peer Tutorings, individuell auf die Schülerinnen und Schüler eingehen (Fogarty & Wang, 1982). Der (geringe) Altersunterschied

zwischen den Tutoren und den Tutees beeinflusst die Wirkung des Tutorings ebenfalls maßgeblich. Ist ein minimaler Altersunterschied gegeben, so werden zwar bessere Ergebnisse erzielt, als bei Tutorings unter Gleichaltrigen (Cohen et al., 1982). Da Tutoren etwa Gleichaltrige sind, denen die Fachkenntnisse der Lehrkräfte fehlen, wird der Tutee die Rolle des Tutors wahrscheinlich nicht als Lehrer ansehen (Cohen et al., 1982), die soziale und sprachliche Nähe wird das unter Umständen sogar noch fördern. Wird der Altersabstand zu groß, dann kann sich dieser aber wieder auf den Erfolg einer CAPT-Intervention auswirken.

3.4.2. Einfluss auf Tutoren

Eine Vielzahl an Studien und Metaanalysen beschreibt ausschließlich die Wirkung des CAPT auf Tutees, dabei wirkt sich jede Art des Peer Tutorings auch positiv auf die Leistungen der Tutoren aus (Topping, 1996). In einigen Werken ist auch davon zu lesen, dass Tutoren stärker davon profitieren, als Tutees (Fogarty & Wang, 1982; Gaustad, 1992).

Cohen et al. (1982) haben in ihrer Metastudie die Wirkung des Peer Tutorings auf Tutoren analysiert, mit dem Resultat, dass diese ebenfalls davon profitieren. Die Tutoren entwickeln nämlich nicht nur eine positive Einstellung gegenüber dem Schulfach, das Verständnis wird ebenfalls erhöht (Cohen et al., 1982). Im Unterrichtsfach Mathematik wurde beispielsweise eine Effektstärke von 0,62 ermittelt, was klar über dem von Hattie festgelegten Wert von 0,4 liegt. Dieser Wert weist auf große Effekte beim Lernfortschritt hin (Cohen et al., 1982; Robinson, 2005).

Nun stellt sich die Frage, warum sich CAPT auch positiv auf die Tutoren auswirkt. Einerseits müssen die Tutoren das erstellte Arbeitsmaterial lesen und selbst üben, um es den Tutees näher bringen zu können (Gaustad, 1992). Eine Lehrperson kann diesen Lernfortschritt in einer Mentoring-Phase weiter verstärken. Andererseits lernen die Tutoren beim Unterrichten auch selbst. Um Topping (1992) zu zitieren: „*Learning by Teaching*“ und „*to teach is to learn twice*“ (Topping, 1996, S.324). Um Themen wiedergeben und erklären zu können ist es nämlich wichtig,

sich mit diesen im Vorfeld auseinandergesetzt zu haben. Gibt man diese Themen wieder, so wird das Wissen aus allen im Gedächtnis gespeicherten Elementen rekonstruiert und wieder abgerufen.

3.5. Zusammenfassung wichtiger Erkenntnisse

3.5.1. Einflussfaktoren auf Peer Tutorings und Cross-Age Peer Tutorings

Bei der Planung und Durchführung von Peer Tutoring, beziehungsweise von Cross-Age Peer Tutoring ist es wichtig, bereits gewonnene Erkenntnisse zu berücksichtigen und mit einfließen zu lassen. In der Metastudie von Cohen et al. (1982) werden genau jene Faktoren beschrieben, die die Lernwirksamkeit dieser konstruktivistischen Unterrichtsmethode positiv beeinflussen. Diese werden hier zusammengefasst wiedergegeben:

- Schulung von Tutoren (Mentoring): Werden Tutoren vor der Tutoring-Phase geschult, so ist mit besseren Ergebnissen zu rechnen. Damit ist gemeint, dass den Schülerinnen und Schülern, die die Rolle eines Tutors einnehmen, anhand geeigneter Arbeitsmaterialien das zu unterrichtende Thema näher-gebracht werden sollte.
- Gruppengröße und Gruppeneinteilung: Die Gruppengröße spielt auch eine wesentliche Rolle. Je kleiner eine Gruppe ist, die von einem Tutor betreut wird, desto besser fallen die Resultate anschließender Testungen aus (Topping, 1996). Zudem beeinflusst die Gruppeneinteilung den Lernfort-schritt ebenfalls maßgeblich. Cohen, Kulik und Kulik (1982) halten fest, dass Schülerinnen und Schüler in zufällig eingeteilten Tutee-Gruppen besser abschneiden, als Lernende in von ihnen gewählten Gruppen. Da die Gruppenzuteilungen im Vorhinein auch geplant werden müssen, würde das auch zur Strukturiertheit der Unterrichtsmethode zählen.
- Altersunterschied: Cross-Age Peer Tutoring ist wirksamer als Peer Tutoring, das bedeutet, dass Tutoren gewählt werden sollten, die älter als die zu unterrichtenden Tutees sind (Cohen et al., 1982). Allerdings ist zu beachten, dass der Altersunterschied nicht all zu groß werden darf (Fogarty & Wang,

1982). Idealerweise beträgt der Altersunterschied zwei bis vier Jahre, damit sowohl die Tutees, als auch die Tutoren von dieser Unterrichtsmethode bestmöglich profitieren können (Korner, 2015; Robinson, 2005).

- Dauer der Unterrichtsmethode: Peer Tutoring und Cross-Age Peer Tutoring sollte nicht zu viel Zeit beanspruchen. Je kürzer diese Phase ist, desto größer ist der zu erwartende Lernerfolg (Cohen et al., 1982).
- Strukturiertheit: Strukturierte Programme wirken sich besser aus als unstrukturierte. Damit ist gemeint, dass Peer Tutorings sorgfältig geplant werden müssen. Einerseits muss man festlegen, welche Inhalte bearbeitet werden sollen. Topping schreibt diesbezüglich von „*Curriculum Content*" (Topping, 1996) und meint damit in weiterer Folge auch, dass man bei der Planung solcher Interventionen sowohl den Wissenserwerb, als auch das Aneignen praktischer Fähigkeiten mit unterschiedlichen Gewichtungen kombinieren kann. Andererseits müssen geeignete Materialien erstellt werden, anhand deren die Tutoren die Tutees unterrichten können. Die Unterrichtsmethoden müssen im Vorfeld auch klar kommuniziert und eingeübt werden (Topping, 1996).

  Bei der Planung des Peer Tutorings ist auch zu beachten, dass der zeitliche Rahmen festgelegt wird (Korner, 2015), denn Peer-Tutoring kann in der regulären Unterrichtszeit stattfinden, aber auch außerhalb, wenn der Umfang des Themas zu groß ist (Topping, 1996).
- Ort: örtliche Gegebenheiten beeinflussen den Erfolg dieser konstruktivistischen Unterrichtsmethode ebenfalls maßgeblich und können sich spürbar (beziehungsweise messbar) auf den Lernfortschritt der CAPT-Intervention auswirken (Topping, 1996).

3.5.2. Ergänzende Überlegungen

In der Publikation von Robinson (2005) und von Topping (1996) werden weitere Überlegungen geliefert, die bei der Planung und Durchführung von Peer Tutorings berücksichtigt werden sollten.

Peer Tutoring fördert sowohl kognitive Fähigkeiten, als auch nicht-kognitive Fähigkeiten, etwa im sozio-emotionalen Bereich. Dabei profitieren sowohl die

Tutoren, als auch die Tutees von den Interventionen. Weiters sollten gleichgeschlechtliche Tutor-Tutee-Paarungen gebildet werden, um die Effekte zusätzlich zu vergrößern (Robinson, 2005).

Die Rollenverteilung muss nicht permanent sein. Vor allem gleichgeschlechtliche Tutoren und Tutees, die auf einem ähnlichen Wissensstand sind, können von einem strukturierten Rollentausch profitieren. Topping spricht von „*reciprocal tutoring*“ und erwähnt, dass dabei etwa das Selbstwertgefühl der Schülerinnen und Schüler (beide Rollen) gestärkt werden kann (Topping, 1996).

Für Tutorings müssen nicht zwingend ausschließlich die besten Schülerinnen und Schüler die Rolle des Tutors einnehmen, da sie schnell unterfordert werden können. Unterrichten etwa schwächere Lernende, so ist der Lernfortschritt der Tutees zwar etwas geringer, allerdings lernen die Tutoren ebenfalls einiges bei dieser Intervention und die Summe beider Lernfortschritte ist zufriedenstellend (Topping, 1996). CAPT eignet sich deswegen auch für klassenweise Interventionen (Korner, 2015, S.219).

Generell ist Peer Tutoring für alle Schüler*innengruppen geeignet. Schülerinnen und Schüler aus ethnischen, religiösen und anderen Minderheiten, sowie Risikoschülerinnen und Risikoschüler profitieren auch massiv, unabhängig davon, welche Rolle diese bekleiden (Topping, 1996).

Bezug zu dieser Arbeit

Es wurden zahlreiche Überlegungen und Erkenntnisse geliefert, die den Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler positiv beeinflussen können. Viele dieser Überlegungen werden auch in dieser hier vorliegenden Forschungsarbeit berücksichtigt und sind bei der Planung beziehungsweise beim Forschungsdesign (Kapitel 4.2) berücksichtigt worden.

3.6. Ziel des Mentorings

Das Ziel des Mentorings ist es, dass die Schülerinnen und Schüler, die die Rolle der Tutoren einnehmen, geschult werden. Damit ist gemeint, dass ihnen das zu

unterrichtende Thema nähergebracht werden soll. Die künftigen Tutoren sollen sich also mit den Key Ideas des jeweiligen Themenbereiches auseinandersetzen, oder falls bei ihnen selbst vorunterrichtliche Vorstellungen vorhanden sind, dann sollen sie mit den physikalischen Konzepten konfrontiert werden (Duit, 1993). Da die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsmaterialien selbstständig bearbeiten und anschließend mit dem Plenum (Klasse, Lehrkraft) die gewonnenen Erkenntnisse besprechen und diskutieren sollen, ist eine Reflexion ihres Vorwissens zu erwarten (Korner, 2015). Falls Schülervorstellungen vorhanden sind, dann können diese mittels Konzeptwechselstrategien (Jung, 1986) entkräftet werden.

Der konstruktivistische Ansatz ist im Mentoring also omnipräsent. Die Schülerinnen und Schüler sollen, ausgehend von ihrem Vorwissen, weiteres Wissen selbstständig erarbeiten (Widodo & Duit, 2004). Während des Mentorings geschieht dies sowohl aufgrund des selbstständigen Bearbeitens der Arbeitsmaterialien (Kapitel 5.8.1, 5.8.2), als auch wegen der anschließenden Diskussion im Plenum.

Nun stellt sich abschließend noch die Frage, warum Tutoren vor dem Tutoring überhaupt geschult werden müssen. In einigen Publikationen wird beschrieben, dass es sinnvoll ist, dass die Tutoren ein kurzes Training vor der Tutoring-Phase erfahren, denn sie lernen, welche Inhalte sie anhand welcher Unterrichtsmethode „unterrichten“ müssen. Das Mentoring wirkt sich deswegen auch positiv auf das Resultat der CAPT-Intervention aus (Cohen et al., 1982).

4. Empirischer Teil

In diesem Kapitel werden zunächst die Forschungsfragen aufgelistet und näher erörtert. Beim Forschungsdesign wird einerseits der Ablauf skizziert und es werden Faktoren beschrieben, die das Forschungsergebnis beeinflussen könnten. Es folgt zudem eine Überlegung, ob das gewählte Forschungsdesign auch wirklich sinnvoll ist. Abschließend werden die Schulen in Bezug auf Typ, Anzahl der Lernenden, die Mädchen-Burschen-Verteilung und das jeweilige Vorwissen festgehalten.

4.1. Forschungsfragen

Korner (2015) befasste sich bereits mit Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik. Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 haben CAPT-Interventionen bezüglich der Themengebiete Elektrizitätslehre und Optik durchgeführt. Das Ziel der Forschung bestand unter anderem darin, zu messen, ob sowohl Tutoren, als auch Tutees messbar bessere kognitive Testergebnisse aufgrund des CAPT aufweisen. Weiters wurde getestet, ob ein Rollenwechsel der Lernenden Posttestergebnisse beeinflussen würde. Zudem wurde nach Variablen gesucht, die die Lernenden beeinflussen, um das Abschneiden der Schülerinnen und Schüler a priori abschätzen zu können. Die weiteren Forschungsfragen behandelten die Nachhaltigkeit der kognitiven Verbesserung und auch die Einflüsse auf Posttestergebnisse aufgrund verschiedener Voraussetzungen der getesteten Klassen. Die letzte Forschungsfrage beleuchtet den Einfluss der Motivation auf den Lernerfolg (Korner, 2015).

In dieser hier vorliegenden Forschungsarbeit wird ebenfalls die Wirkung von CAPT im Unterrichtsfach Physik erforscht. Diese Unterrichtsmethode wird anhand zweier weiterer Themenbereiche, Mechanik und Ferromagnetismus, erprobt. Anhand der Erkenntnisse aus Kapitel 3.5 und von Korner (2015) ergeben sich nun jene Forschungsfragen wie folgt:

I. Forschungsfrage 1: Wie wirkt sich die CAPT-Intervention auf Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 (Tutees) aus?

II. Forschungsfrage 2: Wie wirkt sich die CAPT-Intervention auf Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 2 (Tutoren) aus?
III. Forschungsfrage 3: Wie stark ist der gemessene Effekt, falls er messbar ist?
IV. Forschungsfrage 4: Welche schul- und standortspezifischen Unterschiede können bei den schulweisen Analysen festgestellt werden?

Die Forschungsfrag 1 bezieht sich auf das gesamte Sample und soll erheben, ob sich CAPT überhaupt positiv auf den Wissenserwerb der Tutees auswirkt. Bei einem positiven Einfluss, also ab einer ausreichend großer Effektstärke (Forschungsfrage 3), ist es sogar sinnvoll, diese konstruktivistische Unterrichts-methode im Unterricht vermehrt einzubetten (Korner, 2015).

Die Forschungsfrage 2 bezieht sich wie Frage 1 ebenfalls auf das gesamte Sample und erhebt, ob auch bei den Tutoren ein messbarer Lernfortschritt eintritt. Die meisten Studien beschränken sich hauptsächlich auf den Einfluss von CAPT auf die Tutees. Dabei profitieren aber auch die Tutoren von CAPT (Fogarty & Wang, 1982; Topping, 1996). In dieser Frage soll nun erforscht werden, ob sich bei den Themen Mechanik und Ferromagnetismus auch ein Lernfortschritt abzeichnet.

In der dritten Forschungsfrage wird die Wirkung von CAPT anhand Effektstärken, nämlich Cohen`s d, dargestellt, anhand dessen die Lernwirksamkeit mit anderen Studien, etwa die von Hattie (2009), verglichen werden kann.

In der Forschungsfrage 4 werden die Posttest-Ergebnisse der verschiedenen Schulen miteinander verglichen, um zu sehen, ob sich standortspezifische Unterschiede bei den Lernerfolgen sowohl bei den Tutoren, als auch bei den Tutees abzeichnen. Hier werden die Effektstärken der Schulen miteinander verglichen, um Aussagen treffen zu können, falls dies als sinnvoll erachtet wird.

4.2. Forschungsdesign / Forschungsablauf

Diese Arbeit entstand als Fortsetzung der Forschung von Korner (2015). Das Ziel ist es, die Tauglichkeit von Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik anhand zweier weiterer Themenbereiche zu erforschen. Der Fokus der Forschung liegt hierbei auf zwei wesentlichen Punkten:

1. Die Gestaltung einer Lernumgebung, die für CAPT lernförderlich ist. Das beinhaltet sowohl Materialien für die Mentoring-Phase (also die Schulung der Tutoren), als auch für die Tutoring-Phase (die eigentliche CAPT-Intervention).
2. Die resultierenden Lernergebnisse sollen dokumentiert und analysiert werden.

Ziele dieser Arbeit sind die Erforschung des Wissenserwerbs der Schülerinnen und Schüler und die Gestaltung einer geeigneten Lernumgebung. Nach der Durchführung der gesamten Intervention wird eine Evaluation durchgeführt, bei der beurteilt wird, ob man vorher festgelegte Ziele erreicht hat, oder nicht. Dabei spricht man auch von einer „*summativen Evaluation“* (Döring & Bortz, 2016, S.990). Es soll nur überprüft werden, ob tatsächlich ein Wissenserwerb stattgefunden hat. Um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler mit dem Wissen nach der CAPT-Intervention vergleichen zu können, wurden Prä- und Posttests durchgeführt. Auf Follow-Up-Tests wurde verzichtet, da sich die Forschungsfragen nur auf den Wissenserwerb beziehen, nicht aber auf die Nachhaltigkeit.

Die Methodik der Testabfolge entsprach einem „*banalen Ein-Gruppen-Plan*“ (Rost, 2013), also Vortest-Intervention (in dieser Forschung die Turoring-Phase)-Nachtest. Es wird dabei stets eine Gruppe herangezogen, nämlich entweder die Tutoren oder die Tutees, bei denen man anhand von Prä- und Posttest den Lernfortschritt evaluiert. Rost (2013) spricht hierbei auch von einem „*vor-experimentellen Design*“ einer Studie.

Der zeitliche Rahmen wurde wie folgt festgelegt: der Vortest fand vor der CAPT-Intervention statt, der Nachtest war unmittelbar danach geplant, um den Wissensstand direkt zu evaluieren. In einer Schule fand der Posttest allerdings

aufgrund der fehlenden Zeit in der unmittelbar danach folgenden Physikstunde statt (also nicht direkt unmittelbar nach der Intervention). Es wurde ähnlich wie bei Korner (2015) beachtet, dass zwischen Intervention und Nachtest nicht zu viel Zeit verging, um den tatsächlichen Wissenserwerb, der auf die CAPT-Intervention zurückzuführen ist, messen zu können. Verginge zu viel Zeit, so könnte das Testergebnis etwas schlechter ausfallen, so allgemein zu sehen bei den Follow-Up-Tests in der Forschungsarbeit von Korner (2015).

Die Vortests und die meisten Nachtests wurden von der selben Lehrperson durchgeführt. Jene Posttests, die in der darauffolgenden Physikstunde erhoben wurden, wurden von den jeweiligen Klassenlehrpersonen begleitet. Diese waren allerdings auch bei den Vortests anwesend und haben den Nachtest unter denselben Bedingungen durchgeführt.

Die Testung bezüglich Ferromagnetismus beim Vor- und Nachtest dauerte etwa 10 Minuten, die Testdauer beim Thema der Mechanik betrug bei beiden Tests etwa 5 Minuten. Prä- und Posttests haben sich nicht unterschieden, anhand der Antworten der Schülerinnen und Schüler konnte man beim Auswerten bereits erkennen, ob ein Lernfortschritt stattgefunden hat.

4.3. Sinnhaftigkeit dieser Forschungsmethodik

Versuchs- bzw. Untersuchungspläne (im Englischen: *Design*) geben vor, wie die Studien, Erhebungen und Beobachtungen durchzuführen und in weiterer Folge zu analysieren sind. Jeder Versuchsplan hat dabei Vor- und Nachteile, und manchen dieser Designs sind auch Grenzen gesetzt (Rost, 2013).

Rost (2013) steht dem „*Ein-Gruppen-Plan*“, („*vor-experimentelles Design*“ der Forschung) kritisch gegenüber, er kann seiner Meinung nach nur rein illustrativen Zwecken dienen. Bei diesem Design fehlt der Vergleich mit anderen Gruppen – den Kontrollgruppen, die in dieser konkreten Forschungsarbeit herkömmlichen Unterricht erfahren würden. Sollte man beim *vor-experimentellen Design* einen Lernfortschritt wahrnehmen, so ist noch nicht belegbar, dass dieser genau auf die Intervention zurückzuführen ist (Rost, 2013).

In dieser Forschungsarbeit wurde dennoch davon abgesehen, Erkenntnisse mit Kontrollgruppen abzugleichen, da dies aus zeitlichen Gründen und aufgrund des Mangels an der zur Verfügung gestellten Klassen nicht möglich war. Zudem gibt es bereits Studien, wie etwa Korner (2015), die die Lernwirksamkeit von Unterrichtsmethoden auch ohne Kontrollgruppen evaluiert haben. In der Metastudie von Hattie (2009) wurden die „lernbeeinflussenden" Methoden und Faktoren, inklusive Peer Tutoring, sogar mittels Effektstärken miteinander verglichen.

Weiters wurde wie bei Korner (2015) versucht, Störfaktoren, die die Ergebnisse der Untersuchung verfälschen könnten, zu minimieren. Die wichtigsten Störfaktoren, (genauer gesagt „*internale Validität*" (Rost, 2013)), sehen wie folgt aus:

- „*Zwischenzeitliches Geschehen*
- *Reifung und Entwicklung*
- *Testungseffekte*" (Rost, 2013, S.124)

Der Störfaktor „zwischenzeitliches Geschehen" wurde so kontrolliert, dass die Zeitspanne zwischen Vor- und Nachtest so kurz wie möglich gehalten wurde. Effekte, die außerhalb der gesamten Testung parallel ablaufen, wirken sich umso stärker aus, je mehr Zeit vergangen ist (Rost, 2013). Der „Reifung und Entwicklung" wird genau so entgegen gewirkt, denn zwischen den Testungen können sich die Schülerinnen und Schüler Wissen angeeignet haben und reagieren deswegen anders (Rost, 2013). Dem *Test-Retest-Effekt* wurde so entgegengewirkt, dass nach dem Prätest nicht mehr auf diesen eingegangen wurde (während der Intervention oder im Regelunterricht), denn das Merken von Fragen oder Antworten würde das Resultat des Posttest verfälschen (Rost, 2013).

Mit den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler wurde ein weiterer Faktor identifiziert, der das Testresultat beeinflussen kann. Lernen im Unterrichtsfach Physik wird vom Vorwissen der Schülerinnen und Schüler beeinflusst und wird anhand des Vortests kontrolliert (vgl. Korner, 2015). Die Klassen der Sekundarstufe 1 hatten bezüglich der Themen des Peer Tutorings noch kein aus dem Unterricht resultierendes Vorwissen. Die Vortests bilden also das Vorwissen und gegebenenfalls auch die Fehlvorstellungen ab. Zudem liefen die CAPT-Interventionen immer gleich ab und es wurde versucht, dass immer die

selben Lehrpersonen anwesend waren und die Interventionen geleitet haben. Damit wurde versucht, den Einfluss von Lehrpersonen und von spezifischen Abläufen so gering wie möglich zu halten (vgl. Korner, 2015).

Lese- und Verständnisschwierigkeiten wurden bereits bei der Erstellung der Arbeitsmaterialien berücksichtigt. Die Arbeitsaufträge wurden für die Sekundarstufen 1 und 2 entworfen. Vorschulkinder verfügen meist nicht über hinreichend metakognitives Wissen, um Gelesenes deuten zu können (Lenhard, 2019). Diese Arbeitsmaterialien wären daher also ungeeignet, um von Kindern im Vorschulalter selbstständig bearbeitet zu werden.

4.4. Schulen

Die CAPT-Interventionen dieser hier vorliegenden Forschungsarbeit wurden an drei Schulstandorten durchgeführt. Tutoren haben Tutees derselben Schule unterrichtet, die Klassen wurden von der jeweiligen Schule zur Verfügung gestellt und somit waren die Schulstufen vorgegeben. An der Forschung nahmen Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 und 2 teil. Die Sekundarstufe 1 reicht von der fünften bis zur achten Schulstufe und die Schülerinnen und Schüler belegen diese im Alter von 10-14 Jahren (Statistik Austria, 2011). Die Sekundarstufe 2 reicht von der neunten bis zur zwölften Schulstufe und das Alter der Lernenden reicht vom 15. bis zum 18. Lebensjahr. Bei Berufsbildenden Höheren Schulen ist noch ein weiteres Schuljahr, die 13. Schulstufe, zu absolvieren, um den schulischen Werdegang mit der Matura abschließen zu können (Statistik Austria, 2011).

In meiner Studie wurden ausschließlich Schülerinnen und Schüler von Allgemein Bildenden Höheren Schulen aufgenommen. Der Grund liegt darin, dass Tutoren (Sekundarstufe 2) Tutees (Sekundarsufe 1) unterrichten sollen, somit kamen nur Schulen infrage, die beide Schulstufen in einem Schulgebäude hatten. Die Schulen 1 und 3 hatten zwar eine NMS am selben Schulstandort, aus administrativen Gründen konnten aber nur Klassen aus den AHS-Bereichen zusammengeführt werden, siehe Tabelle 1.

Klasse	Schulstufe	Schulform	Schulstandort
1	20	AHS	1
2	11	AHS	1
3	6	AHS	1
4	10	AHS	1
5	6	AHS	2
6	11	AHS	2
7	6	AHS	2
8	9	AHS	2
9	6	AHS	3
10	10	AHS	3
11	7	AHS	3
12	11	AHS	3

Tabelle 1: Überblick der Schulstufen an den drei Schulstandorten

Es folgt nun eine kurze Beschreibung der drei Schulen und der jeweiligen Klassen (hinsichtlich auf Klassengröße laut Klassenbuch, unterrichtetes Thema, Vorwissen).

Schule 1 ist eine römisch-katholische Privatschule des Schultyps Gymnasium/ Realgymnasium in einem „Arbeiterbezirk“, für die Schulgeld bezahlt werden muss. In dieser Schule wurden die Fragebögen und die Arbeitsmaterialien getestet (Pilotschule) und anschließend gegebenenfalls überarbeitet.

Beim Thema Magnetismus bekleidete die Klasse 2 (naturwissenschaftliches Realgymnasium, bestehend aus 12 Schülerinnen und Schüler, 3W, 9M) die Rolle der Tutoren, die Klasse 1 (20 Schülerinnen und Schüler, 7W, 13M) agierte als Tutees. Die Tutoren hatten resultierend aus der Sekundarstufe 1 Vorwissen, die Tutees hatten aus dem Unterricht kein Vorwissen zum Thema Magnetismus. Bei der CAPT-Intervention zum *Münchner Mechanikkonzept* hatte weder Klasse 3 (27 Schülerinnen und Schüler, 15W 12M) noch Klasse 4 (Gymnasium, 22 Schülerinnen und Schüler, 10W, 12M) Vorwissen, da sie anhand des herkömmlichen Konzepts unterrichtet wurden.

Schule 2 ist ein öffentliches Gymnasium/Realgymnasium in einem Randbezirk Wiens mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt. Beim Thema Magnetismus nahm die Klasse 8 (Realgymnasium, bestehend aus 15 Schülerinnen und Schüler, 8W, 7B) die Rolle der Tutoren, die Klasse 7 (27 Schülerinnen und Schüler, 18W, 10M) nahm die Rolle der Tutees an. Viele Tutoren hatten Vorwissen aus der 8. Schulstufe, die Tutees hatten kein Vorwissen zum Thema Magnetismus. Bei der

CAPT-Intervention zum *Münchner Mechanikkonzept* hatte weder Klasse 6 (Realgymnasium mit Schularbeit, 13 Schülerinnen und Schüler, 4W, 9M) noch Klasse 5 (28 Schülerinnen und Schüler, 10W, 12M) Vorwissen.

Schule 3 ist eine römisch-katholische Privatschule des Schultyps Gymnasium/ Realgymnasium in einem der „vornehmen“ Bezirke von Wien. Für diese Schule muss Schulgeld bezahlt werden.

Die Klasse 12 (Gymnasium, bestehend aus 10 Schülerinnen und Schüler, 4W, 6M) übernahm die Rolle der Tutoren, die Lernenden der Klasse 11 (20 Schülerinnen und Schüler, 10W, 10M) agierten als Tutees. Die Tutoren hatten resultierend aus der Sekundarstufe 1 Vorwissen, die Tutees hatten kein Vorwissen. Bei der CAPT-Intervention zum *Münchner Mechanikkonzept* hatte die Klasse 9 (22 Schülerinnen und Schüler, 14W, 10M) kein Vorwissen. Allerdings, so die Klassenlehrkraft, sollten bei Klasse 10 (Realgymnasium, 13 Schülerinnen und Schüler, 2W, 11M) einige Themen, wie etwa die Geschwindigkeitskonstruktion, als Vorwissen angesehen werden, da diese Themen im Zuge des herkömmlichen Mechanikunterrichts gelehrt wurden.

5. Erstellung der Arbeitsmaterialien

Wie aus den Forschungsfragen und dem Forschungsdesign zu entnehmen ist, soll in dieser Forschungsarbeit die CAPT-Methode anhand von zwei weiteren Themengebieten getestet werden. Da diese Interventionen für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 und 2 geplant werden sollen, ist es zunächst sinnvoll, einen Bezug zum Curriculum zu finden. Topping (1996) spricht auch davon, dass CAPT-Interventionen sorgfältig geplant werden müssen. Dabei ist der Lehrplanbezug (*Curriculum Content*) wesentlich, da sich dieser auf die Strukturiertheit der Methode und somit auch auf die Lernwirksamkeit auswirkt (Topping, 1996). Der Lehrplanbezug ist in Kapitel 5.7 aufgelistet.

Weitere Faktoren, die die Wahl der Themen beeinflusst haben, waren das Vorhandensein von genügend Literatur zu Schülervorstellungen und den zu vermittelnden Basisvorstellungen. Daraus wurde die Entscheidung getroffen, dass die CAPT-Interventionen zu den Themen Ferromagnetismus und Mechanik (genauer gesagt ein kleiner Teil aus dem *Münchner Mechanikkonzept*) erprobt und erforscht werden sollen.

Die Arbeitsmaterialien sind inhaltlich den Basiskonzepten (Kapitel 5.4, 5.6), die aus der Literatur zu entnehmen sind, angelehnt und sollen bekannten Lernschwierigkeiten (Kapitel 5.2, 5.5) begegnen. Unter dem Begriff Basiskonzept (Key Idea) versteht man Konzepte, die aufgrund der didaktischen Rekonstruktion als Grundlage weiterer Konzepte angesehen werden können und in den Lehrplänen meist erstgereiht sind (Korner, 2015).

5.1. Auflistung bekannter Schülervorstellungen

In dieser Forschungsarbeit sollen anhand von CAPT-Interventionen die Themen Ferromagnetismus und Mechanik gelehrt werden. Dabei ist es wichtig, alle bekannten Schülervorstellungen zu kennen, um auf diese eingehen zu können.

Vorunterrichtliche Vorstellungen sind die Basis vieler fachdidaktischer Publikationen und wurden dementsprechend bereits aufgelistet (Duit, 1993; Nachtigall, 1986,…). In dieser Arbeit werden allerdings ausschließlich jene Schüler-

vorstellungen festgehalten, die unmittelbar mit der Forschung dieser Diplomarbeit zu tun haben und in den Arbeitsmaterialien angesprochen werden. Diese werden in den Kapiteln 5.2 und 5.5 aufgelistet.

5.2. Schülervorstellungen im Bereich der Mechanik

Vom *Münchner Mechanikkonzept* wird nur ein sehr kleines Teilgebiet in den CAPT-Interventionen unterrichtet. Es werden im Wesentlichen nur die Faktoren, die das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit und die resultierende Richtung der Endgeschwindigkeit beeinflussen, besprochen (Waltner et al., 2007). Einige Fehlvorstellungen wurden von Schecker et al. (2018) festgehalten, ergänzt mit einem Fehlkonzept von Nachtigall (1986):

- „*Große Beschleunigung heißt hohes Tempo.*
- *Beschleunigung ist schneller werden.*
- *Beschleunigung ist Tempoänderung.*“ (Schecker et al., 2018, S.66)
- „*Der Beschleunigungsvektor hat stets gleiche oder entgegengesetzte Richtung wie der Geschwindigkeitsvektor. Beide können somit problemlos miteinander addiert oder subtrahiert werden.*
- *Die Beschleunigung ist eine besondere Art der Geschwindigkeit; eine die schneller oder langsamer wird.*“ (Nachtigall, 1986, S.13ff.)

5.3. Beschreibung des Münchner Mechanikkonzeptes

Das Themengebiet der Mechanik ist ein wesentlicher Bestandteil des Physikunterrichts, als Grundlage dient der Newtonsche Kraftbegriff. Aus Studien geht aber hervor, dass viele Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten haben, dieses Konzept zu verstehen. Das geht oft Hand in Hand mit Verständnis-schwierigkeiten bezüglich der Beschleunigung (Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf, & Wiesner, 2011).

Die Gründe dieser Schwierigkeiten können vielfältig sein. Tobias, Hopf, Waltner, Wilhelm und Wiesner (2009) haben drei mögliche Ursachen aufgelistet:

Die Lernschwierigkeiten können einerseits der Komplexität des Themas geschuldet sein. Dabei spricht man von *sachbedingten Lernschwierigkeiten* (Tobias et al., 2009).

Weiters werden noch *innenbedingte Lernschwierigkeiten* aufgezählt. Zu denen zählen sowohl das Interesse und die Motivation, als auch vorunterrichtliche Vorstellungen. Diese Vorstellungen sind bei der Newtonschen Mechanik besonders zu berücksichtigen, da es hier sehr viele gibt, die noch dazu sehr stabil gegenüber Veränderungen sind (Tobias et al., 2009; Wilhelm et al., 2011).

Zu den *außenbedingten Lernschwierigkeiten* zählen alle anderen Einflussfaktoren, die auf die Schülerinnen und Schüler einwirken. Dazu sind die unangemessenen Unterrichtsangebote zu zählen, die Verständnisschwierigkeiten fördern (Tobias et al., 2009).

Das „*Münchner Mechanikkonzept*“ ist nun ein neuer Zugang zur Mechanik und ist die Folge einer thematischen Aufbereitung. Es wird, ausgehend von den verschiedenen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler versucht, den außenbedingten Lernschwierigkeiten entgegenzuwirken. So entstand zunächst ein neues Unterrichtskonzept für das achtjährige Gymnasium in Bayern. Dieses Konzept unterscheidet sich maßgeblich von anderen Zugängen zur Mechanik (Tobias et al., 2009).

In dem entwickelten Konzept wird von Beginn an betont, dass man bei der Geschwindigkeit von einer zweidimensionalen Bewegung ausgeht. Die Schülerinnen und Schüler lernen also von Beginn an, dass man Geschwindigkeiten als Pfeil (Vektor) darstellen muss, dessen Länge dem Tempo entspricht (Wilhelm, Waltner, Hopf, Tobias, & Wiesner, 2009). Es folgen die Überlegungen zu „*Von nichts kommt nichts“* oder „*Ohne Einwirkung keine Änderung*“ (Wilhelm et al., 2009, S.2), die darauf abzielen, dass jeder Körper seine Geschwindigkeit entweder beibehält, oder in Ruhe verharrt, wenn auf ihn keine Kraft wirkt (Waltner, C.et al., 2007, S.23). Kräfte bewirken also eine Änderung der Geschwindigkeit, in diesem Zusammenhang wird die „*Zusatzgeschwindigkeit“* als eigenständige Größe eingeführt. Mit dieser neu eingeführten Größe werden Lernschwierigkeiten bezüglich der Beschleunigung umgangen, da diese dadurch elementarisiert wird (Waltner et al.,2007).

Die Newtonschen Axiome werden nun anhand von Überlegungen erarbeitet. Wirkt auf eine rollende Kugel kurzzeitig ein senkrechter Stoß, so erfährt diese die Zusatzgeschwindigkeit in Einwirkrichtung. Die Richtung der Endgeschwindigkeit kann nun anhand der Anfangsgeschwindigkeit der Kugel und der Zusatzgeschwindigkeit mittels Vektoraddition („Pfeilkonstruktion“ in der Sekundarstufe 1) ermittelt werden. Dabei können die Stärke und Richtung der Einwirkung, die Anfangsgeschwindigkeit die Masse der Kugel und die Einwirkdauer variiert werden (Wilhelm et al., 2009). Für die Schülerinnen und Schüler ergeben sich Basiskonzepte, die in dieser Forschungsarbeit auch anhand der CAPT-Interventionen gelehrt werden.

> „*Je größer die Kraft ist, desto größer ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei jeweils gleicher Einwirkdauer und Masse).*
>
> *Je länger die Kraft ausgeübt wird, desto größer ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei jeweils gleicher Kraft und Masse).*
>
> *Je größer die Masse des Körpers ist, desto kleiner ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei jeweils gleicher Kraft und Einwirkdauer).*“ (Wilhelm et al., 2009, S.2)

Anhand dieser Überlegungen (die auch bei den Basiskonzepten aufgelistet sind) wird in diesem Konzept die integrale Form $\int \vec{F} dt = m \cdot \Delta \vec{v}$ des zweiten Newtonschen Axioms, beziehungsweise die elementarisierte Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ hergeleitet (Wilhelm et al., 2009).

5.4. Basiskonzepte der Mechanik-CAPT-Intervention

Im Bereich der Mechanik wurden die CAPT-Interventionen mit Hinblick auf zwei Schwerpunkte geplant. Diese sind die Konstruktion der Endgeschwindigkeit und die Faktoren, welche die Zusatzgeschwindigkeit beeinflussen. Die Basiskonzepte stammen aus Waltner et al. (2007), beziehungsweise Wilhelm et al. (2009), und lauten wie folgt:

- Die Zusatzgeschwindigkeit ist die Folge einer Einwirkung.
- Die Endgeschwindigkeit setzt sich aus der Anfangsgeschwindigkeit und der Zusatzgeschwindigkeit zusammen.
- „*Je größer die Einwirkungsstärke einer Kraft ist, die auf einen Körper ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält.*
- *Je länger die Einwirkungsdauer einer Kraft ist, die auf einen Gegenstand ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält.*
- *Je größer die Masse eines Gegenstands ist, auf den eine Kraft ausgeübt wird, desto kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält." (Waltner et al., 2007, S.17ff.)*

5.5. Schülervorstellungen im Bereich des Magnetismus

Schülervorstellungen zum Thema Magnetismus sind in einigen Publikationen aufgelistet und beschrieben, Schecker et al. (2018) haben diese in einem Werk zusammengefasst.

- „*Magnete ziehen alle Arten von Metallen an.*
- *Die Magnetkraft wirkt stets anziehend.*
- *Die Reichweite eines Magneten ist begrenzt*
- *Magnetismus ist etwas Elektrisches (Pole des Magneten: Plus- und Minuspol)*" (Schecker et al., 2018, S.256f.)

5.6. Basiskonzepte der Ferromagnetismus-CAPT-Intervention

Anhand dieser zweiten Intervention sollen den Schülerinnen und Schüler die Grundkonzepte von Ferromagneten und ferromagnetischer Stoffe nähergebracht werden. Wesentliche Key Ideas stammen aus dem Werk von Hewitt (2015), aber auch in Schulbüchern, von zum Beispiel Apolin (2018), wurden diese ausformuliert und lauten wie folgt:

- Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen einander an.
- Ferromagnetische Stoffe sind Stoffe, auf die die magnetische Kraft besonders stark wirkt.
- Die magnetische Kraft ist an den Polen eines Stabmagneten am größten.
- Die magnetische Kraft reicht unendlich weit.
- Ferromagnetische Stoffe schirmen die Magnetkraft eines Stabmagneten ab.
- Es gibt keine magnetischen Monopole.
- Elementarmagnete als kleinste Einheit eines magnetisierbaren Stoffes.

5.7. Didaktische Analysen

Es folgen die didaktischen Analysen bezüglich Mechanik und Ferromagnetismus in Anlehnung an das aus den Lehrveranstaltungen „Begleitseminar zum Schulversuchspraktikum“ beziehungsweise „Begleitseminar zur Schulpraxis“ stammende Raster von Mag. Dr. Ilse Bartosch, aber auch in der Diplomarbeit von Pieler (2018) fand dieser Raster Anwendung. Da Tutoren (Sekundarstufe 2) Tutees (Sekundarstufe 1) unterrichten, sind diese Analysen allerdings etwas verändert worden.

5.7.1. Didaktische Analyse: Mechanik

Schlüsselbegriffe der Intervention	Zusatzgeschwindigkeit, Richtung der Anfangs-, Zusatz- und Endgeschwindigkeit, Einwirkdauer, Einwirkstärke
Ziele – Was sollen die Schülerinnen und Schüler am Ende der Einheit können / wissen?	Die Schülerinnen und Schüler können • die Endgeschwindigkeit eines Körpers interpretieren und konstruieren. • die Zusatzgeschwindigkeit konstruieren. Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass • das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit von der Einwirkungsstärke abhängt. • das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit von der Einwirkungsdauer abhängt. • das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit von der Masse des Körpers abhängt.
	• Die Zusatzgeschwindigkeit ist die Folge einer Einwirkung.

Elementare Grundideen, Key Ideas, Basiskonzepte (Waltner, C., Tobias, V., Hopf, M., Wilhelm, T. & Wiesner, H, 2007, S.17ff.; Wilhelm et al., 2009, S.2)	• Die Endgeschwindigkeit setzt sich aus der Anfangsgeschwindigkeit und der Zusatzgeschwindigkeit zusammen. • *„Je größer die Einwirkungsstärke einer Kraft ist, die auf einen Körper ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit die der Körper erhält.* • *Je länger die Einwirkungsdauer einer Kraft ist, die auf einen Gegenstand ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält.* • *Je größer die Masse eines Gegenstands ist, auf den eine Kraft ausgeübt wird, desto kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit die der Körper erhält.“*
Lehrplanbezug (BMBWF, 2018)	Unterstufe (2. Klasse): **„*Die Welt in der wir uns bewegen:*** *Ausgehend von unterschiedlichen Bewegungsabläufen im Alltag, im Sport, in der Natur bzw. in der Technik sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefer gehendes Verständnis der Bewegungsmöglichkeiten, der Bewegungsursachen und der Bewegungshemmungen von belebten und unbelebten Körpern ihrer täglichen Erfahrungswelt sowie des eigenen Körpers gewinnen. Weg und Geschwindigkeit; die gleichförmige und die gleichförmig beschleunigte Bewegung; Masse und Kraft; Masse und Trägheit; Gewichtskraft und Reibungskraft.*“ (Seite 98) Oberstufe (5. oder 6. Klasse): „*Mechanik I: Relativität von Ruhe und Bewegung, Bewegungsänderung durch Kräfte, Newton’sche Bewegungsgleichung, geradlinige und kreisförmige Bewegung, Gravitation*“ (Seite 184)

Tabelle 2: Didaktische Analyse (Mechanik)

5.7.2. Didaktische Analyse: Ferromagnetismus

Schlüsselbegriffe der Intervention	Magnetischer Nord- und Südpol, Magnetkraft, Elementarmagnete, Remanenz
	Die Schülerinnen und Schüler wissen, • dass magnetische Kraft nur auf ferromagnetische Stoffe wirkt.

Ziele – Was sollen die Schülerinnen und Schüler am Ende der Einheit können / wissen?	• dass sich gleichnamige Pole abstoßen und ungleichnamige Pole anziehen. • dass die anziehende beziehungsweise abstoßende Kraft eines Magneten nicht abrupt endet. • dass die Magnetkraft nur mittels ferromagnetischer Stoffe abgeschirmt werden kann. • dass ferromagnetische Stoffe die magnetische Kraft übertragen können (Remanenz). Die Schülerinnen und Schüler können • die Kraftwirkung zweier Stabmagnete aufeinander beschreiben • die auf den Ferromagnetismus zurückzuführende Ereignisse beschreiben und erklären
Elementare Grundideen, Key Ideas, Basiskonzepte (Hewitt, 2015)	• Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen einander an. • Ferromagnetische Stoffe sind Stoffe, auf die magnetische Kraft wirkt. • Die magnetische Kraft ist an den Polen eines Stabmagneten am größten. • Die Enden des Magneten heißen Nord- und Südpol. • Die magnetische Kraft reicht unendlich weit. • Ferromagnetische Stoffe schirmen die Magnetkraft eines Stabmagneten ab. • Es gibt keine magnetischen Monopole. • Elementarmagnete als kleinste Einheit eines magnetisierbaren Stoffes.
Lehrplanbezug (BMBWF, 2018)	Unterstufe (4. Klasse): „***Elektrizität bestimmt unser Leben:*** *Einsicht in den Zusammenhang zwischen elektrischer und magnetischer Energie gewinnen; Permanentmagnet und Elektromagnet; elektromagnetische Induktion*“ (Seite 99) Oberstufe: Nicht explizit im Lehrplan erwähnt. Aber Grundvoraussetzung für: 7. Klasse: „*Elektrodynamik: Motorprinzip und Induktion*“ (Seite 185)

Tabelle 3: Didaktische Analyse (Ferromagnetismus)

5.8. Erstellung der Arbeitsblätter

Die CAPT-Intervention war so geplant, dass sowohl die Tutoren, als auch die Tutees anhand der selben Arbeitsmaterialien die Themen Mechanik und Ferromagnetismus behandeln sollten. Bei der Erstellung wurde darauf geachtet, dass bekannte Schülervorstellungen angesprochen wurden und dass den Schülerinnen und Schülern Basiskonzepte der jeweiligen Themen vermittelt wurden. Die im vorigen Abschnitt zusammengefassten Überlegungen in den didaktischen Analysen bilden also die Basis bei der Planung und Erstellung der Arbeitsunterlagen.

Die Arbeitsblätter zum Thema Mechanik als auch zum Thema Ferromagnetismus sind ähnlich aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler werden angeleitet, bestimmte Key Ideas anhand kleiner Experimente selbstständig zu erarbeiten und die Erkenntnisse sollen anschließend schriftlich festgehalten werden. Weiters beinhalten die Arbeitsblätter speziell für die Tutoren auch „Lösungen“, in denen beschrieben wird, was bei den Versuchen zu sehen gewesen wäre. Zusätzlich werden physikalisch korrekte Erklärungsversuche geliefert. Dieses Lösungsblatt erhielten die Lernenden der Sekundarstufe 2 allerdings erst vor der Tutoring-Phase.

5.8.1. Arbeitsblätter der Mechanik

Die Arbeitsmaterialien zum Thema Mechanik wurden anhand des „Schülertextes“ aus dem *Münchner Mechanikkonzept* erstellt. Dabei wurden einerseits Grundvorstellungen (wie in Kapitel 5.4 aufgelistet) ausgewählt, die in den CAPT-Arbeitsblättern erarbeitet werden sollen. Andererseits wurden auch Abbildungen teilweise überarbeitet und übernommen (Waltner et al., 2007). Die Schülerinnen und Schüler sollen beim Bearbeiten etwa resultierende Geschwindigkeitsrichtungen einzeichnen, als auch die Konstruktion der Endgeschwindigkeit verstehen und den Begriff *Zusatzgeschwindigkeit* samt Einflussfaktoren kennen lernen. Die Arbeitsmaterialien sind in Anhang A zu sehen.

Bezug der Experimente:

Die ersten beiden Versuche beziehen sich auf die elementare Grundidee, dass die Zusatzgeschwindigkeit die Folge einer Einwirkung ist. Die Endgeschwindigkeit setzt sich aus dieser und der Anfangsgeschwindigkeit zusammen. Die Schülerinnen und Schüler sollen dabei die Richtung der Endgeschwindigkeit interpretieren und konstruieren können. Weiters sollen die Lernenden die Richtung der Zusatzgeschwindigkeit experimentell ermitteln und anschließend konstruieren können, wenn die Endgeschwindigkeit vorgegeben ist (Waltner et al., 2007).

Beim 3. Versuch, der aus drei Aufgaben besteht, sollen den Schülerinnen und Schülern die Einflussfaktoren auf die Zusatzgeschwindigkeit nähergebracht werden. Dabei sollen die Lernenden sehen, dass die Einwirkstärke, die Einwirkdauer und die Masse des Körpers das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit beeinflussen (Waltner et al., 2007).

5.8.2. Arbeitsblätter Ferromagnetismus

Die Arbeitsmaterialien dieser Intervention bestehen aus zwei Teilen. Es wurden Arbeitsblätter von Pieler (2018), bei denen das Thema der Elementarmagnete von den Lernenden zu bearbeiten ist, leicht abgeändert und übernommen. In ihrer Diplomarbeit sind die Arbeitsblätter auf den Seiten 95-97 zu finden. Diese Arbeitsmaterialien bestehen aus einem Text und aus Wissensfragen, die abschließend zu beantworten sind (Pieler, 2018).

Neu erstellte Arbeitsblätter haben dieses Material ergänzt. Diese sind wieder genau so aufgebaut, wie bei der CAPT-Intervention der Mechanik. Die Schülerinnen und Schüler werden angeleitet, Versuche selbstständig durchzuführen und sich die Grundvorstellungen (Kapitel 5.6) selbstständig zu erarbeiten. Die Versuchsanleitungen orientieren sich dabei wieder an den bekannten Schülervorstellungen. Für die Ausformulierung der Lösungsblätter wurden Schulbücher der Sekundarstufe 1 herangezogen, wie zum Beispiel Gollenz, Breyer, Tentschert, & Reichel (2014) oder Apolin (2018). Die Arbeitsblätter (inklusive jene von Pieler (2018)) sind in Anhang B zu finden.

Bezug der Experimente:

Das erste Experiment spricht die Schülervorstellung an, dass alle Metalle von Magneten angezogen werden (Schecker et al., 2018). Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, dass die Magnetkraft nur auf ferromagnetische Stoffe wirkt (Apolin, 2018; Gollenz et al., 2014).

Beim Experiment 2 sollen die Schülerinnen und Schüler einerseits sehen, dass ein Stabmagnet einen magnetischen Nordpol und einen magnetischen Südpol besitzt. Die magnetische Kraft kann dabei anziehend, oder abstoßend wirken. Dabei ist die Lage der Pole zueinander zu beachten (Apolin, 2018; Gollenz et al., 2014). Die angesprochene vorunterrichtliche Vorstellung dazu lautet, dass „*Magnete immer anziehen*“ (Schecker et al., 2018)

Beim dritten Experiment sollen die Lernenden erarbeiten, dass die Reichweite eines Stabmagneten eine unendlich große Reichweite hat (theoretisch). Die Tatsache, dass Büroklammern erst ab einer gewissen Annäherung des Stabmagneten angezogen werden, liegt daran, dass die Reibungskraft von der Magnetkraft erst überwunden werden muss (Schecker et al., 2018). Schülerinnen und Schüler haben die Vorstellung, dass die Reichweite eines Magneten abrupt endet und begründen das z.B. auch mit der Anziehung der Büroklammer (Schecker et al., 2018).

Bei den Experimenten fünf und sechs sollen die Schülerinnen und Schüler einerseits Erfahrungen zu den Key Ideas sammeln, dass ferromagnetische Stoffe die Kraft eines Stabmagneten abschirmen. Andererseits soll erarbeitet werden, dass die Magnetisierung vorübergehend übertragbar ist (Apolin, 2018; Gollenz et al., 2014). Beim 6. Experiment wird also die Remanenz behandelt, ohne diese bei den Versuchsanleitungen anzusprechen.

6. CAPT-Intervention

In diesem Kapitel folgen die Ziele und die Planungen des Mentorings und des Tutorings. Es folgt eine Beschreibung der ersten praktischen Durchführung eines Mentorings in einer Testphase (Schule 1) samt den Problemen, die dabei aufgetreten sind (Pilotstudie). Danach werden die Verbesserungsvorschläge festgehalten, die für die weiteren Schulungen der Tutoren Anwendung gefunden haben. Abschließend wird die Planung und Durchführung des Tutorings beschrieben.

6.1. Planung und Durchführung der CAPT–Intervention

Eine CAPT-Intervention besteht aus zwei Phasen, die zeitlich voneinander getrennt sind (u.a. Fogarty & Wang, 1982; Korner, 2015). Die Tutoren, also die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 2, werden zunächst anhand der Arbeitsmaterialien geschult – diese Phase nennt man Mentoring. Darauf folgt die Tutoring-Phase, in der die Tutees (Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1) von den Tutoren unterrichtet werden. Der Ablauf so einer CAPT-Intervention ist in Abbildung 1 ersichtlich.

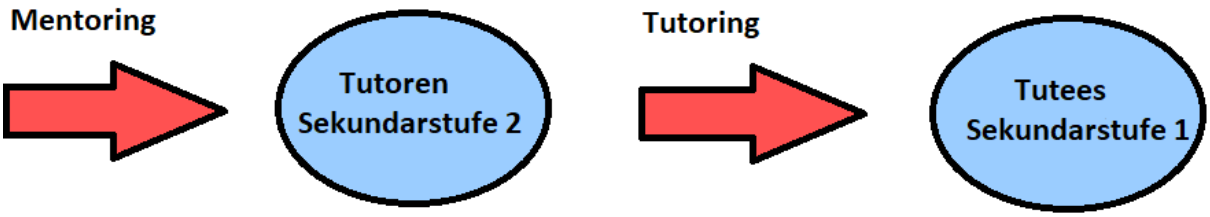

Abbildung 1: Ablauf einer CAPT-Intervention

6.2. Mentoring

6.2.1. Planung des Mentorings

Zu Beginn des Mentoring werden alle Schülerinnen und Schüler der Klasse der Sekundarstufe 2 begrüßt. Anschließend wird ihnen erklärt, was sie im Zuge einer CAPT-Intervention zu machen hätten. Dass sie dabei jüngere Schülerinnen und Schüler Physik beibringen sollen, soll besonders hervorgehoben werden. Anschließend wird das Thema der jeweiligen Unterrichtseinheit erwähnt und die Unterrichtsmethode wird besprochen. Diese Phase soll nicht länger als 5 Minuten dauern.

Das eigentliche Mentoring beginnt damit, dass sich Zweiergruppen bilden sollen, damit die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsaufträge in Partnerarbeit bearbeiten können. Danach werden die Arbeitsblätter und experimentelles Material (Magnete, Büroklammern, etc.) in Klassenstärke verteilt. Die Arbeitsblätter sind genau jene, die auch beim Tutoring der jüngeren Schülerinnen und Schüler verwendet werden.

Beim Bearbeiten der Arbeitsblätter sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst Vermutungen beziehungsweise Vorhersagen aufstellen, diese sollen anschließend experimentell überprüft werden. Das Ziel ist es, Erklärungen für die jeweiligen Phänomene zu finden – es sollen also Basiskonzepte (Kapitel 5.4, 5.6) erarbeitet werden. Diese Phasen sind als Partnerarbeit geplant, damit sich die Schülerinnen und Schüler bei den Erklärungsversuchen ergänzen können.

Die Einheit ist im Wesentlichen so aufgebaut, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst Vorhersagen treffen, diese überprüfen und letztendlich Erklärungen für das physikalische Phänomen schriftlich festgehalten werden sollen. Dieses Konzept beschreiben White und Gunstone, 1992 als *„predict-observe-explain“*-Strategie.

Im Zuge des Mentorings sollen die Tutoren auch die Arbeitsblätter von Pieler (2018) bearbeiten, die Reihenfolge, wann was zu erledigen ist, wird nicht festgelegt. Eines wird aber klar kommuniziert: die Schülerinnen und Schüler sollen die Erklärungen schriftlich festhalten und am Ende des Mentorings die Erkenntnisse mit der Klasse austauschen und diskutieren. Fehlende Erklärungen und Basisideen müssen ergänzt werden, denn anhand dieser Mitschriften und den

zusätzlichen Ergänzungen der Lehrkraft sollen die Schülerinnen und Schüler das Tutoring durchführen. Die Lösungsblätter bekommen die Tutoren erst nach dem Mentoring ausgehändigt.

Für die Experimentierphasen sind je nach Vorwissen jeweils ca. 5-10 Minuten eingeplant. Für die Arbeitsblätter von Pieler (2018) werden auch ca. 10 Minuten angenommen. Die anschließende Diskussion mit der Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse und den Ergänzungen der Lehrkraft (hier ist auch die Erklärung dabei, wie die Schülerinnen und Schüler dieses Thema nun den Tutees beibringen sollen) soll etwa 20 Minuten lange dauern. Daraus ergibt sich insgesamt ein Zeitaufwand von bis zu zwei Unterrichtseinheiten.

6.2.2. Pilotierung und Überarbeitung des Mentorings

Der erste Testlauf des Mentorings fand in Schule 1 statt (Kapitel 4.4), dabei wurde das Thema Ferromagnetismus bearbeitet. Nach einer kurzen Erklärungsphase und der Gruppeneinteilung wurden die Arbeitsblätter und experimentelles Material (Magnete, Büroklammern, etc.) verteilt. Die Schülerinnen und Schüler bekamen von der Lehrperson die Anweisung, die Arbeitsaufträge selbstständig zu bearbeiten. Die Reihenfolge der Versuche sowie der Zeitpunkt, wann die Arbeitsblätter von Pieler (2018) durchgelesen wurden, durften frei gewählt werden. Während dieser Lernphase hat die Lehrperson nur eingewirkt, falls Verständnis-schwierigkeiten bei den Aufgabenstellungen bestanden haben.

Die Schülerinnen und Schüler hatten 50 Minuten Zeit, um alle Experimente in Form der P-O-E-Strategie (White & Gunstone, 1992) und dem Arbeitsblatt von Pieler (2018) abzuarbeiten. Die ersten Gruppen waren allerdings bereits nach spätestens 30-35 Minuten fertig (reine Arbeitszeit). Das hatte zur Folge, dass die schnelleren Schülerinnen und Schüler mit dem experimentellen Material herumgespielt und die noch arbeitenden Gruppen gestört haben. Es war zu erkennen, dass viele Schülerinnen und Schüler bereits über ein gewisses Maß an Vorwissen verfügten, sodass für die Erarbeitung der Key Ideas weniger Zeit in Anspruch genommen wurde, als bei Gruppen mit weniger Vorwissen.

Die Diskussionsrunde begann nach 45 Minuten und wurde von der Lehrperson geleitet. Dabei wurden Schülervorstellungen aufgenommen und mittels Meldungen anderer Gruppen richtiggestellt. Es wurde besonders darauf geachtet, dass die Tutoren zumindest genau jene Basiskonzepte notiert haben, die bei den Fragebögen abgeprüft wurden und somit auch den Tutees nähergebracht werden mussten.

Das gesamte Mentoring dauerte etwas mehr als 60 Minuten. Während der Diskussionsrunde wurde von der Lehrperson auch erklärt, wie dieses Wissen nun den Tutees vermittelt werden soll (Methode).

Das Mentoring wurde wegen der großen Zeitdifferenzen bei der Bearbeitung der Unterrichtsmaterialien und der resultierenden Langeweile der besseren Schülerinnen und Schüler überarbeitet und bei den folgenden Schulungen der Tutoren angewandt. Um diesem Problem entgegenzuwirken, wurden die Schülerinnen und Schüler stärker von der Lehrperson angeleitet und die Reihenfolge der Arbeitsblätter wurde im Vorhinein festgelegt. Das würde zudem wieder die Strukturiertheit der Intervention bekräftigen, die sich lernförderlich auswirkt (Topping, 1996). Die Lernenden mussten mit den Materialien von Pieler (2018) beginnen, danach wurden die Antworten ihrer gestellten Fragen bezüglich des Themas *Elementarmagnete* als Gruppendiskussion besprochen. Anschließend folgten die jeweiligen Experimente, die anhand der erstellten Arbeitsblätter beschrieben wurden. Die Schülerinnen und Schüler bekamen etwa 5 Minuten pro Experiment Zeit, um die Key Ideas zu erarbeiten und schriftlich festzuhalten. Nach jedem Experiment fand eine Klassendiskussion statt, die von der Lehrperson angeleitet wurde, um die Erkenntnisse zu besprechen. Das gesamte Mentoring dauerte in der überarbeiteten Form in etwa 40 Minuten, und die Phasen, an denen die schnelleren Gruppen warten mussten, wurden verringert.

Die Mentoring-Phase der Mechanik wurde ebenfalls in Schule 1 getestet, allerdings ca. zwei Wochen nach der Magnetismus-Schulung. Somit wurden die Erkenntnisse der ersten Testphase bereits angewandt und das Mentoring musste nur minimal überarbeitet werden. In der Pilotierung erarbeiteten sich die Lernenden die Basisvorstellungen anhand von Experimenten, dabei wurden die Einflussfaktoren

auf die Zusatzgeschwindigkeit erst nach allen drei Versuchen im Plenum diskutiert. Es kam vor, dass wieder einige Gruppen länger warten mussten, da sie schneller waren. Die Schülerinnen und Schüler wurden bei der Überarbeitung also angeleitet, in Partnerarbeit zu experimentieren und ihre Erkenntnisse nach jedem Experiment dem Plenum zu präsentieren. Die gesamte Mentoring-Phase inklusive abschließender Besprechung, wie nun das Thema beim Tutoring zu unterrichten wäre, dauerte etwa 40 Minuten.

6.3. Tutoring (Planung und Durchführung)

Das Tutoring fand bei allen Interventionen mindestens eine Woche nach dem Mentoring statt und wurde wie folgt geplant:

Vor dem Tutoring bekamen die Tutoren die Lösungsblätter zu den jeweiligen Themen ausgehändigt und sollten diese zusammen mit ihren Mitschriften lesen, um sich das erarbeitete Wissen wieder in Erinnerung zu rufen. Das wirkt sich nach Topping (1996) positiv auf das Ergebnis des Tutorings aus. Grundsätzlich wird bei der Planung versucht, eine gewisse Strukturiertheit zu gewährleisten. Hilfestellungen in Form von Lösungen ist ein Teil davon, aber auch die Versuchsanweisungen und die im Vorfeld festgelegte Unterrichtsmethode zählen zur Strukturierung der Intervention, siehe Kapitel 3.5.1 (Topping, 1996). Deswegen wurde von der Lehrperson noch einmal kurz vor der Intervention die anzuwendende Unterrichtsstrategie wiederholt. Die Tutees sollten zunächst Vorhersagen treffen, die anschließend experimentell überprüft wurden. Letztendlich sollten Erklärungsversuche für einen physikalischen Sachverhalt geliefert werden (White & Gunstone, 1992).

Weiters war geplant, dass jeder Tutor im Idealfall nur einen Tutee betreuen muss. Die Intervention sollte zudem in zwei voneinander getrennten Räumen stattfinden, wenn die Zahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu groß wird. Die Teilnehmerzahl, also die Klassengröße beeinflusst die Wirksamkeit des Peer-Tutorings ebenfalls (Cohen et al., 1982; Topping, 1996), siehe Kapitel 3.5.1.

Bei der tatsächlichen Durchführung waren die Klassengrößenunterschiede (Kapitel 4.4) zwischen Sekundarstufe 1 und 2 allerdings ein Problem, sodass jeder Tutor

im Schnitt zwei bis drei Tutees betreuen musste. Die Zuteilung der Tutoren zu den zufällig entstandenen Tutee-Gruppen folgte dem Zufallsprinzip. Es entstanden also willkürlich zusammengewürfelte Gruppen, denn in den meisten Fällen kannten sich die jüngeren und älteren Schülerinnen und Schüler nicht. Die Ausnahme war Schule 3. Aus den Gesprächen mit den Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1 und 2 kam heraus, dass sich die meisten kannten. Das hatte aber dennoch keine Auswirkungen auf die Gruppeneinteilungen. Dadurch gab es bei den gebildeten Gruppen auch Konstellationen, bei denen schwächere Tutoren schwächere und bessere Tutees unterrichteten, aber auch bessere Tutoren betreuten bessere und schlechtere Tutees. Die Informationen darüber, welche Schülerinnen und Schüler besser oder schwächer waren, erhielt ich von den Klassenlehrpersonen. Die Vor- und Nachtests wurden aber nicht getrennt voneinander ausgewertet und verglichen, sodass keine Aussagen getroffen werden können, ob diese Gruppeneinteilungen einen Einfluss auf den Wissenszuwachs haben.

Die Tutor-Tutee-Gruppen wurden bei 3 Interventionen auf zwei Räumlichkeiten aufgeteilt. Bei den anderen Interventionen war die Teilnehmer*innenzahl nicht so groß, sodass diese in einem Klassenzimmer durchführbar waren. Zudem war es mit administrativen Schwierigkeiten verbunden, zusätzliche Räume und Lehrkräfte für das Tutoring zur Verfügung zu stellen.

Zwischen den Tutoren und Tutees gab es immer einen Altersunterschied, wie in Kapitel 4.4 zu sehen ist. Das sollte sich positiv auf die Wirksamkeit des Peer-Tutorings auswirken (Topping, 1996). Die Schulklassen wurden dem Forscher in allen Schulen zur Verfügung gestellt, somit war der durchschnittliche Alters-unterschied bereits vorgegeben, der anhand der Tabelle 1 in Kapitel 4.4 zu schätzen ist. Das tatsächliche Alter der Schülerinnen und Schüler wurde nicht erhoben.

Grundsätzlich kann aus den Beobachtungen aller Tutorings, von mir und den Klassenlehrkräften, gesagt werden, dass in allen Gruppen fleißig experimentiert und die Arbeitsaufträge bearbeitet wurden. Die P-O-E-Strategie (White & Gunstone, 1992) fand Anwendung und alle Tutees haben, bis auf wenige Aus-nahmen, ihre Erkenntnisse und Erklärungen der Tutoren schriftlich festgehalten.

Die Tutorings bezüglich Ferromagnetismus dauerten im Schnitt etwa 40 Minuten, die Interventionen bezüglich Mechanik dauerten ca. 30 Minuten. Diese Dauer hat sich an den Schulstandorten allerdings leicht unterschieden. Die Gruppen der Schulen 1 und 2 waren langsamer als die Gruppen der Schule 3.

Es kam vor, dass Tutoren, die beim Mentoring wegen den unterschiedlichsten Gründen gefehlt haben, beim Tutoring anwesend waren. Diese bekamen die Lösungen ausgehändigt und mussten diese lesen und die anderen Tutoren fragen, falls Unklarheiten bestanden haben. Diese Schülerinnen und Schüler unterstützten die anderen Tutoren beim Unterrichten. Die tatsächliche Anzahl der an der Intervention teilnehmenden Lernenden ist Tabelle 4 ersichtlich.

7. Messinstrumente

Wie im Forschungsdesign (Kapitel 4.2) beschrieben wird, soll in dieser hier vorliegenden Arbeit der Wissenszuwachs als Folge einer CAPT-Intervention erforscht werden. Da sich die verwendeten Arbeitsmaterialien an den grundlegenden Basiskonzepten und den bekannten Schülervorstellungen (vgl. Kapitel 5) orientieren, ist davon auszugehen, dass eine Veränderung des Wissensstandes sowohl bei den Tutoren als auch bei den Tutees zu sehen ist. Der Wissenszuwachs wird anhand von Vor- und Nachtests erforscht, die als Wissenstests aufgebaut sind und genau die in den Arbeitsblättern vorkommenden Key Ideas abprüfen.

Die Prä- und Posttests sind exakt gleich aufgebaut, mit den selben Wissensfragen. Sowohl bei der Mechanik, als auch beim Ferromagnetismus müssen offene Fragen und Multiple-Choice-Fragen beantwortet werden, bei denen auch mehrere Antwortmöglichkeiten richtig sein können. Es wurde bei der Erstellung der Fragebögen zudem darauf geachtet, dass jedes Testitem nur eine Grundvorstellung und Schülervorstellung anspricht.

7.1. Erstellung der Tests der Mechanik-CAPT-Intervention

Die in dieser CAPT-Intervention angesprochenen Basiskonzepte stammen aus dem *Münchner Mechanikkonzept* (Waltner, et al., 2007). Bei der Erstellung des Testinstruments wurden bereits bestehende Testitems teilweise abgeändert und übernommen, die im Rahmen einer Vergleichsstudie von Wilhelm et al. (2009) erstellt wurden. Dabei wurde der Einfluss der Sachstruktur auf den Verständniserwerb bezüglich der Newtonschen Mechanik erforscht, indem Prä- und Posttests sowohl von Klassen, die anhand des neuen Konzepts unterrichtet wurden, mit traditionell unterrichteten Klassen verglichen wurden (Wilhelm et al., 2009). Diese Items orientieren sich sowohl an den Key Ideas als auch an möglichen Schülervorstellungen und sind wie Multiple-Choice-Fragen aufgebaut, bei denen immer nur ein Distraktor korrekt ist. In Abbildung 2 ist ein Beispielitem zu sehen.

Der Prä- und Posttest besteht aus drei Items (Fragen 1,2,5) der Vergleichsstudie von Wilhelm et al. (2009) und aus zwei offenen Fragen, die neu erstellt werden mussten, um weitere Basiskonzepte aus den Arbeitsmaterialien abzubilden. Die Items 3 und 4 wurden also erstellt, um einen weiteren direkten Bezug zu den vermittelten Kompetenzen aus den CAPT-Interventionen herzustellen. Diese wurden als offene Fragen erstellt, bei denen die Schülerinnen und Schüler festhalten sollen, von welchen Faktoren nun die Richtung der Endgeschwindigkeit beeinflusst wird.

1) Die Abbildung 1 zeigt eine Scheibe, die mit konstanter Geschwindigkeit auf einer reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch) von Punkt „a" nach Punkt „b" gleitet. Wenn die Scheibe „b" erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen „Kick" (Stoß) in Richtung des dicken Pfeils.

Abbildung 1: Konstante Geschwindigkeit der gleitenden Scheibe (Wilhelm et.al. 2009)

Betrachte nun die Bahnkurven in Abbildung 2, die die Bewegung der Scheibe nach dem Stoß beschreiben. Welche Bahnkurve entspricht unser Sachverhalt? **Kreuze den entsprechenden Buchstaben an.**

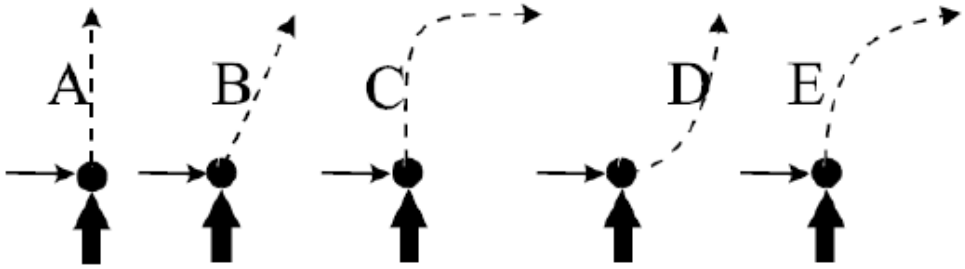

Abbildung 2: Bewegungskurven nach dem Stoß (Willhelm et.al., 2009)

Abbildung 2: Testitem aus dem Fragebogen zum Münchner Mechanikkonzept, abgeändert aus (Wilhelm et al., 2009, S.12)

In Abbildung 2 wird das Basiskonzept der Konstruktion der Endgeschwindigkeit abgeprüft (Waltner et al.,2007). Die Wahl des Distraktors wird vor allem beim Vortest von der Intuition, also den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, beeinflusst. Der gesamte Fragebogen ist im Anhang C zu sehen.

7.2. Erstellung der Tests der Magnetismus-CAPT-Intervention

Die Planung des Testinstruments des Ferromagnetismus verlief ähnlich wie beim Thema Mechanik. Es sollten Wissenstests erstellt werden, um den Wissenszuwachs zwischen den Vor- und Nachtests erforschen zu können. Zwar ist der Magnetismus ein bereits erforschtes Thema in der Physikdidaktik, Basiskonzepte und sehr viele Schülervorstellungen sind bereits bekannt (Kapitel 5.2, 5.5). Es wurde allerdings kein Fragebogen gefunden, der sich an den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler orientiert. Aus diesem Grund wurden alle Testitems selbst erstellt. Es wurde dabei darauf geachtet, dass alle in den Arbeitsblättern vorkommenden Basiskonzepte und Schülervorstellungen vom Test berücksichtigt wurden – jedes Testitem deckt genau eine Fehlvorstellung und eine Key Idea ab.

Für den Fragebogen wurden sowohl Multiple-Choice-Fragen (wobei teilweise mehrere Distraktoren zu kreuzen sind), als auch offene Fragen erstellt. Weiters wurde darauf geachtet, dass die Fragen und Antworten nicht zu anspruchsvoll sind, um das Leseverständnis der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Sekundarstufe 1 nicht zu überfordern (vgl. Kapitel 4.3).

Kreuze die richtige(n) Antworten an, Es kann auch sein, dass mehrere Antworten zutreffen!

1) Aus welchen Stoffen muss ein Gegenstand bestehen, um von Stabmagneten angezogen zu werden?

	Alle Arten von Metallen werden angezogen
	Eisen
	Kupferdraht
	Gummi (z.B. **Radiergummi**)
	Holz
	Nickel
	Aluminium
	Kobalt

Abbildung 3: Testitem aus dem Fragebogen zum Thema Ferromagnetismus

In Abbildung 3 ist ein Testitem zusehen, bei dem die Fehlvorstellung angesprochen wird, dass alle Metalle von Stabmagneten angezogen werden (Schecker et al., 2018). Speziell beim Vortest ist zu erwarten, dass besonders viele Schülerinnen

und Schüler diesen Distraktor ankreuzen, wenn kein (physikalisch korrektes) Vorwissen vorhanden ist.

Die offenen Fragen wurden zusätzlich noch an den Arbeitsmaterialien ausgerichtet, sodass man anhand der Antworten sieht, wie lernwirksam die CAPT-Intervention bei bestimmten Aufgabenstellungen auf den Arbeitsblättern war (z.B. zu sehen bei der Begründung, Item 7b, bei der Analyse: Item 12). Der gesamte Fragebogen ist in Anhang D zu sehen.

7.3. Durchführung, Probleme, Auswertung

Analog zu den Arbeitsmaterialien wurden auch die Fragebögen in Schule 1 (Kapitel 4.4) getestet und gegebenenfalls überarbeitet. Bei der Auswertung der Vortests (sowohl Sekundarstufe 1 als auch Sekundarstufe 2) fiel auf, dass manche Antworten, meist offene Fragen, fehlten. Da stellt sich klarerweise die Frage, wie man mit solchen Fragebögen umgehen soll. Graham (2009) klassifiziert die Typen fehlender Daten wie folgt: „*missing completely at random (MCAR), missing at random (MAR), and missing not at random (MNAR)*“ (Graham, 2009, S.552). Dabei ist MCAR der günstigste Fall. Die Daten fehlen absolut zufällig und beeinflussen die Auswertung der Daten zwar, allerdings nicht so stark wie die anderen beiden Typen. Es sind immer noch unverzerrte Parameterschätzungen möglich. Von MAR wird gesprochen, wenn der Grund der fehlenden Daten bekannt ist und gemessen werden kann. Dieser Fall kann ebenfalls als zufällig angesehen werden, genau-so wie bei MCAR wird die Auswertung der Daten nicht sehr stark beeinflusst und es ist zudem auch noch eine unverzerrte Parameterschätzung möglich (vgl. Graham, 2009)

MNAR ist die Klassifikation des kritischsten Falles, da das Fehlen der Daten nicht zufällig ist, und der Grund nicht bekannt ist. Hier wird die Auswertung der Daten stark beeinflusst und die Parameterschätzung ist verzerrt (Graham, 2009).

Wendet man die Erkenntnisse von Graham (2009) nun auf die Beobachtungen der Testphase des ersten Prä- und Posttest-Zyklus an, so kann man das Fehlen von Daten dieser Klassifikation zuordnen. Das Fehlen von Antworten, besonders bei

den offenen Fragen, kann als MAR angesehen werden. Sowohl die Tutoren, als auch die Tutees gaben speziell beim Vortest an, dass sie diese Fragen zwar gelesen haben, aber diese nicht beantwortet werden konnten, da die Antworten nicht gewusst wurden. Bei der Auswertung der Posttests war zu sehen, dass die Zahl der frei gelassenen Fragen zurück ging.

Ein zweiter Grund, weswegen Daten fehlen könnten ist, wenn die Schülerinnen und Schüler zwar den Vortest machen, aber beim Nachtest aus diversen Gründen nicht anwesend sind. Dieser Fall wurde von Korner (2015) auch erwähnt und ist in meinen Testungen auch aufgetreten. Lernende waren entweder erkrankt oder aus anderen Gründen, wie eine Chorprobe, verhindert. Dies hat sich bei dem überwiegenden Teil an Interventionen zwar in Grenzen gehalten (bei einer Tutoring-Phase in Schule 3 haben allerdings viele Tutoren gefehlt, siehe Tabelle 4). Dies ist ein komplett zufälliges Fehlen von Daten und würde somit zu MCAR zu zählen sein.

Die Fragen wurden wie folgt ausgewertet: Multiple-Choice-Fragen wurden mit einem Punkt gewertet, wenn alle Distraktoren korrekt angekreuzt wurden. Fehlte eine angekreuzte Antwort, oder wurde ein Distraktor zu viel angekreuzt, dann wurde das Item mit 0 Punkten bewertet. Bei den offenen Fragen konnte ebenfalls 1 Punkt erreicht werden, wenn die Antwort physikalisch korrekt war oder wenn der Sinn, also das Basiskonzept, verstanden wurde und dies auch aus der Antwort herauszulesen war.

Nach der ersten Testphase in Schule 1 war zu sehen, dass beim Ferromagnetismus-Fragebogen beim Vor- und beim Nachtest sehr viele Schülerinnen und Schüler beim Testitem 1 die 5 Cent-Münze nicht angekreuzt haben. Aus einer Befragung ging hervor, dass viele Tutoren das Beispiel der Münze während der CAPT-Intervention nicht erklärt haben, andererseits wird bei Item 1 nach „magnetisierbaren Stoffen“ gefragt. Eine Münze ist kein Stoff und führte offensichtlich zu Verwirrungen. Deswegen wurde die Antwortmöglichkeit der 5 Cent-Münze als Distraktor entfernt und aus der Auswertung aller bereits ausgefüllten Fragebögen weggerechnet. Der restliche Fragebogen, genauso wie die Testitems des *Münchner Mechanikkonzepts* blieben unverändert und wurden auch in den anderen beiden Schulen verwendet.

Letztendlich wurde die Anzahl der richtig beantworteten Fragen beim Vor- und Nachtest aufsummiert, in Tabellen aufgetragen (siehe Anhang E) und anschließend miteinander verglichen. Die Auswertung der Daten folgt in Kapitel 8. Bei fehlenden Antworten wurde angenommen, dass diese nicht gewusst wurden. Dies ging auch aus einer Befragung hervor, beziehungsweise schrieben viele Schülerinnen und Schüler bei den offenen Fragen dazu, dass sie es nicht gewusst haben. Solche Items wurden mit 0 Punkten bewertet.

Zwischen Vor- und Nachtest kam es vor, dass Schülerinnen und Schüler krankheitsbedingt gefehlt haben. Bei der Auswertung wurden deren Prätests anhand der auf den Fragebögen stehenden individuellen Codes aussortiert, sodass wirklich ausschließlich Prä- und Posttests der selben Lernenden miteinander verglichen werden konnten. So wurde der Einfluss des MCAR ausgeschlossen. Bei Klasse 12 (Schule 3), die ohnehin schon sehr klein war (Gymnasialteil einer typengemischten Klasse) fehlten beim Vortest 2 Schülerinnen und Schüler. Beim Nachtest fehlten ebenfalls einige aus den unterschiedlichsten Gründen (laut Lehrkraft Vokabeltest), sodass letztendlich nur 5 Vor- und Nachtests miteinander verglichen werden konnten. Drei von 8 Vortests (37,5 %) hatten also keinen dazugehörigen Nachtest und mussten aussortiert werden.

In Tabelle 4 folgt die tatsächliche Zahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der CAPT-Interventionen (bzw. die Anzahl der verwendeten Prä- und Posttest-Paare).

Klasse	**Anzahl an Test-Paaren (Vortest-Nachtest)**
1	20
2	13
3	27
4	22
5	25
6	10
7	25
8	13
9	21
10	8
11	17
12	5

Tabelle 4:Tatsächlich verwendete Test-Paare (aufgrund von Fehlen bei Vor- und Nachtest)

8. Auswertung, Ergebnisse

8.1. Testhypothesen

- Nullhypothese H_0: Nach der CAPT-Intervention unterscheiden sich die Ergebnisse der Vor- und Nachtests nicht voneinander.
- Alternativhypothese H_1: Nach der CAPT-Intervention unterscheiden sich die Vor- und Nachtests voneinander.

8.2. Methode und Durchführung der Auswertung

Um die Hypothesen zu überprüfen, wurde ein *t-Test für abhängige Stichproben* durchgeführt. Dieser wird angewendet, wenn eine Stichprobe zwei mal untersucht wird, um zu untersuchen, ob sich die Mittelwerte der Stichproben $(\mu_{vor};\ \mu_{nach})$ signifikant voneinander unterscheiden. Präziser ausgedrückt, überprüft dieser t-Test die Nullhypothese und gibt an, ob sich die Werte *nicht* voneinander unterscheiden (Döring & Bortz, 2016).

Dies entspricht genau dem Design dieser Forschung (Kapitel 4.2). Die richtig beantworteten Items wurden mit einem Punkt bewertet und die Ergebnisse aller Schülerinnen und Schüler wurden aufsummiert (vgl. Kapitel 7.3). Den verschiedenen Testitems wurden also Zahlenwerte zugeordnet, die in Tabellen (siehe Anhang E) festgehalten wurden und mittels t-Test miteinander verglichen wurden.

Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 5\,\%$ fixiert. Ist nun die bei dem t-Test erhaltene Irrtumswahrscheinlichkeit p kleiner oder gleich diesem Signifikanz-niveau, dann spricht man von einem *statistisch signifikantem Stichprobenergebnis* und H_0 kann abgelehnt werden (Döring & Bortz, 2016, S.664). Döring und Bortz beschreiben weiters, dass man bei p-Werten kleiner als $\alpha = 1\,\%$ von hochsignifikanten und bei p-Werten kleiner als $\alpha = 0{,}1\,\%$ von höchstsignifikanten Stichprobenergebnissen spricht (Döring & Bortz, 2016). Eine weitere Möglichkeit, die Hypothesen zu überprüfen, ist den t-Wert, den man beim t-Test erhält, mit dem

kritischen t-Wert[1] zu vergleichen. Wird dieser kritische Wert übertroffen, so kann H_0 ebenfalls abgelehnt werden (Döring & Bortz, 2016).

Um Prä- und Posttests miteinander zu vergleichen, wurde der t-Test abhängiger Stichproben mittels Microsoft Excel durchgeführt. Als hypothetische Differenz der Mittelwerte wurde Null angenommen, bei $\alpha = 0{,}05$ (zweiseitige Testung).

Weiters wurden die Mittelwerte beider Stichproben zusätzlich anhand der Effektstärke miteinander verglichen. Dabei wurde das Cohen`s d ermittelt, das die Verschiebung beider Mittelwerte beschreibt. Dabei sind theoretisch Werte von $-\infty$ bis $+\infty$ möglich, die aber wie folgt klassifiziert werden (Döring & Bortz, 2016):

- $d = 0{,}2\ldots$ kleiner Effekt
- $d = 0{,}5\ldots$ mittlerer Effekt
- $d = 0{,}8\ldots$ großer Effekt

Anhand dieser Effektstärken kann man auch Studien und Metaanalysen miteinander vergleichen. Die Effektstärke hängt aber sowohl vom Autor, als auch von den zu vergleichenden Studien der verschiedenen Wissenschaften ab (Döring & Bortz, 2016, S.819f.).

Hattie hat in seinem Werk eine ähnliche Klassifikation für Effektstärken bei der Lernwirksamkeit beschrieben (Kapitel 3.3): Werte zwischen 0,4 und 0,6 drücken einen moderaten Effekt beim Lernfortschritt aus, Werte ab 0,6 weisen bereits auf große Effekte hin (Hattie, 2009).

Cohen`s d wird wie folgt berechnet[2] (Döring & Bortz, 2016, S.822):

$$d = \frac{\mu_{nach} - \mu_{vor}}{\sigma} \qquad \text{Formel 1}$$

Weiters wird die gepoolte Standardabweichung herangezogen (analog zu Hedges g), die sich wie folgt berechnet[2] (vgl. Döring & Bortz, 2016):

$$\sigma_{gepoolt} = \sqrt{\frac{Var_{nach} + Var_{vor}}{2}} \qquad \text{Formel 2}$$

[1] „*Signifikanzstelle am Rand der Prüfverteilung*“ (Döring & Bortz 2016, S.664)
[2] Die Notation wurde festgelegt und kann sich von Literaturen unterscheiden.

8.3. *Ergebnisse und Interpretation*

In den folgenden Kapiteln werden die erhobenen Daten ausgewertet (siehe Kapitel 8.2) und es wird interpretiert, ob sich die Daten der Prä- und Posttests signifikant voneinander unterscheiden.

8.3.1. CAPT-Interventionen: Münchner Mechanikkonzept

Tutoren gesamt

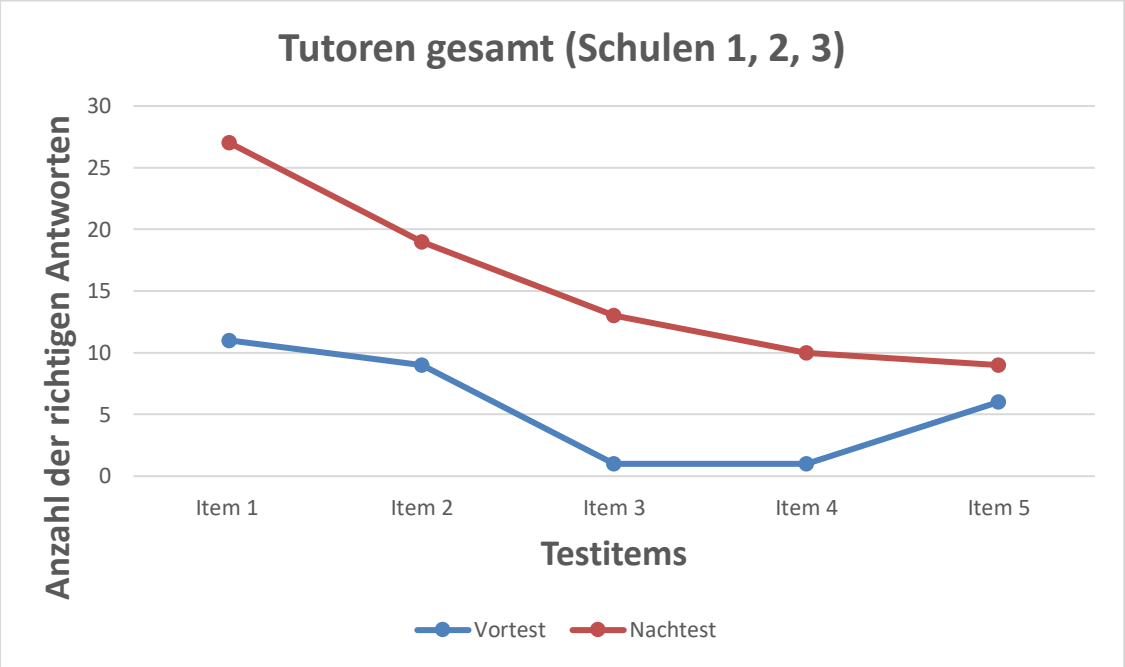

Abbildung 4: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutoren gesamt)

In Abbildung 4 ist die Anzahl der richtig beantworteten Items von N = 40 Fragebögen zu sehen. Dabei ist zu erkennen, dass Schülerinnen und Schüler beim Nachtest bessere Leistungen erzielt haben, als beim Vortest. Da stellt sich nun die Frage, ob sich die Daten signifikant voneinander unterscheiden und ob H_0 abgelehnt werden kann.

Die Daten wurden mittels t-Test abhängiger Stichproben analysiert, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0{,}05$. Dabei wurde ein t-Wert von $t = -4{,}7141$ ermittelt. Der negative Wert beschreibt eine Verschiebung des Mittelwertes nach rechts, das bedeutet, dass der Mittelwert beim Nachtest höher ist.

Um Aussagen bezüglich Hypothesen treffen zu können, müssen die p-Werte sowie die die kritischen t-Werte betrachtet werden. Diese sind in der Tabelle 5 aufgelistet:

p(T≤t) einseitig	0,0046
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0092
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 5: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren gesamt, Mechanik)

Die p-Werte (einseitig und zweiseitig) sind kleiner als die Irrtumswahrscheinlichkeit, der Betrag des t-Werts ist größer als die kritischen t-Werte, siehe Tabelle 5. Die Mittelwerte unterscheiden sich also hochsignifikant – die Wahrscheinlichkeit, H_0 irrtümlich abzulehnen, ist daher gering und die Nullhypothese kann abgelehnt werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Prä- und Posttests sind in Tabelle 6 aufgelistet.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	5,6	15,6
Standardabweichung	4,56	7,47
Beobachtungen	5	5
Anzahl der Tests	40	40

Tabelle 6: Mittelwert und Standardabweichung der Tutoren gesamt (Mechanik)

Anhand der Werte aus Tabelle 6 lässt sich die Effektstärke ermitteln, mit d = 1,66[3].

Tutees gesamt

Die aufsummierten richtigen Antworten bezüglich der 5 Items sind in Abbildung 5 graphisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Nachtests besser ausgefallen sind als Vortests. Der t-Test abhängiger Stichproben hat einen Wert von t = −4,7468, der Mittelwert wurde also erhöht.

Die kritischen t-Werte und p-Werte sind in Tabelle 7 zu entnehmen.

[3] Differenz der Mittelwerte: 10, Standardabweichungsmittelwerte: 6,015

p(T≤t) einseitig	0,0045
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0089
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 7: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees gesamt, Mechanik)

Beim Vergleich der p- und t-Werte aus Tabelle 7 ist zu erkennen, dass sich die Mittelwerte hochsignifikant unterscheiden, H_0 kann abgelehnt werden.

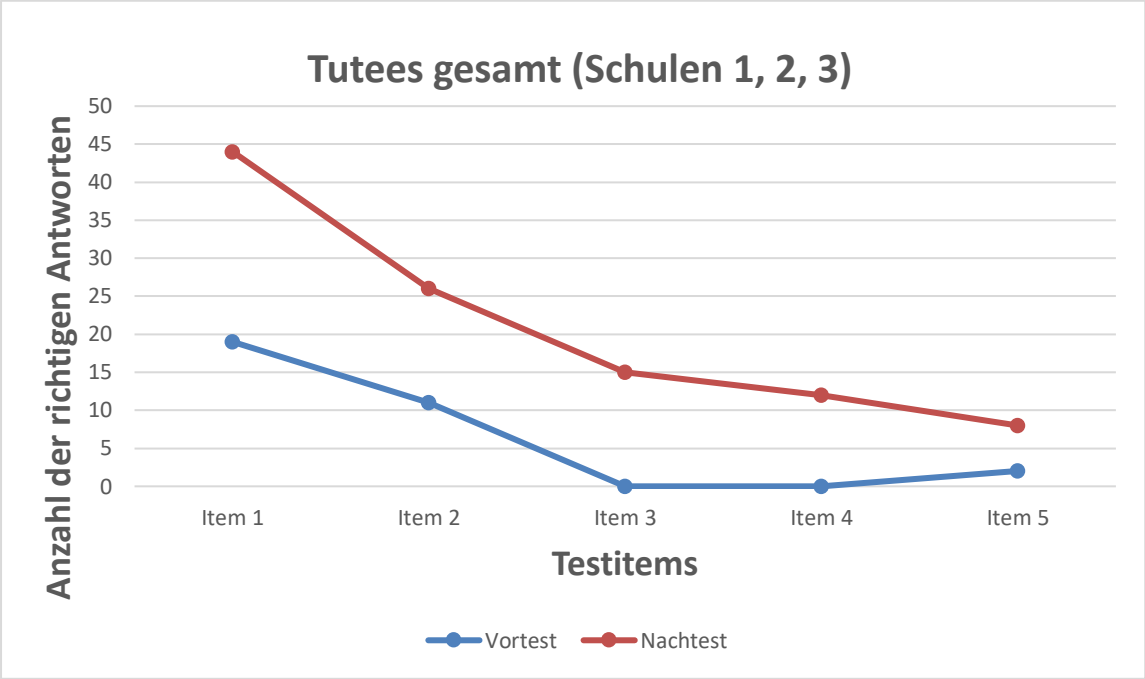

Abbildung 5: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutees gesamt)

Aus den aufsummierten Anzahlen der richtig beantworteten Testitems lassen sich die Mittelwerte, sowie die Standardabweichungen der Vor- und Nachtests, ermitteln, aus denen Cohen`s d zu berechnen ist.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	6,4	21
Standardabweichung	8,38	14,49
Beobachtungen	5	5
Anzahl der Tests	73	73

Tabelle 8: Mittelwert und Standardabweichung der Tutees gesamt (Mechanik)

Aus den in Tabelle 8 aufgetragenen Mittelwerte und Standardabweichungen ergibt sich eine Effektstärke von d = 1,27.

8.3.2. Auswertung der Schulen

8.3.2.1. Schule 1

Tutoren

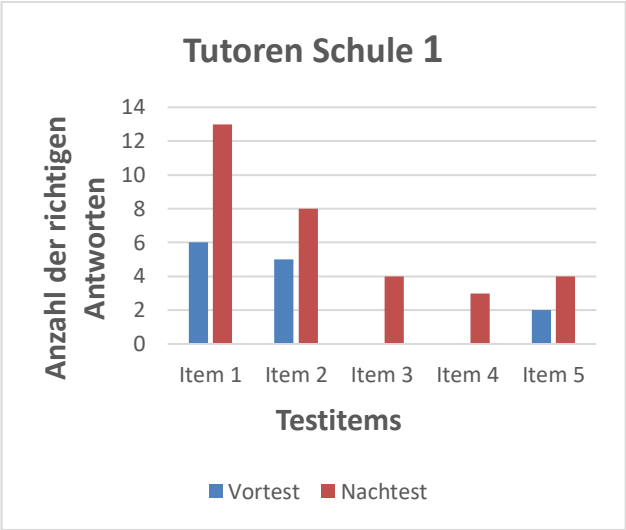

Abbildung 6: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 1)

In Abbildung 6 ist die Anzahl der richtig beantworteten Testitems zu sehen. Der t-Test anhängiger Stichproben ergab kritische t-Werte und p-Werte, die in Tabelle 9 aufgetragen wurden.

t-Wert	-4,4174
p(T≤t) einseitig	0,0058
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0115
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 9: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren der Schule 1, Mechanik)

Man erkennt anhand Tabelle 9 insbesondere beim einseitigen p-Wert, dass sich die Mittelwerte signifikant, bei einseitiger Betrachtung sogar hochsignifikant, voneinander unterscheiden, der Betrag des t-Werts ist ebenfalls größer als die kritischen Werte. Daraus folgt, dass H_0 abgelehnt werden kann.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 10 ersichtlich.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	2,6	6,4
Standardabweichung	2,79	4,16
Beobachtungen	5	5
Anzahl der Tests	22	22

Tabelle 10: Mittelwert und Standardabweichung der (Tutoren der Schule 1, Mechanik)

Anhand der Werte aus Tabelle 10 ergibt sich eine Effektstärke von d = 1,09.

Tutees

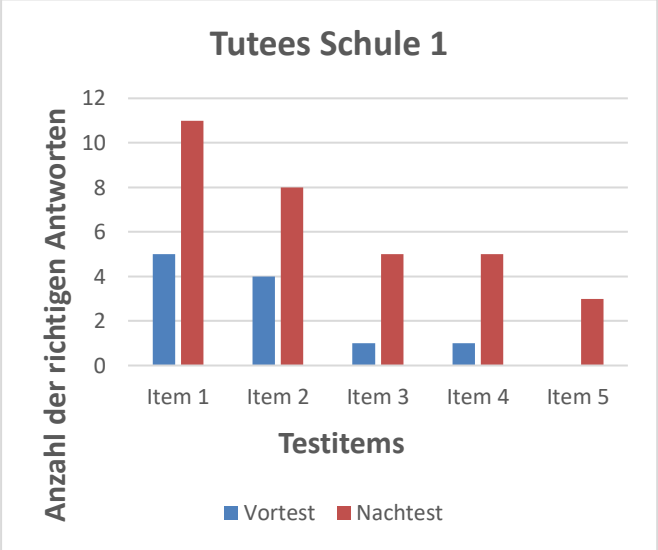

Abbildung 7: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 1)

Die Anzahl der richtig beantworteten Testitems ist in Abbildung 7 graphisch dargestellt. Die vom t-Test abhängiger Stichproben berechneten Werte sind in Tabelle 11 zu sehen.

t-Wert	-8,5732
p(T≤t) einseitig	0,0005
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0010
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 11: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees der Schule 1, Mechanik)

Anhand des einseitigen p-Werts (Tabelle 11) ist zu erkennen, dass sich die Mittelwerte höchstsignifikant unterscheiden. Der Betrag des t-Werts ist ebenfalls

größer als die kritischen t-Werte (einseitig, als auch zweiseitig). Daraus folgt, dass H_0 abgelehnt werden kann.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	2,2	6,4
Standardabweichung	2,16	3,13
Anzahl der Tests	27	27

Tabelle 12: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 1 Mechanik)

Die Effektstärke d lässt sich aus den Mittelwerten und Standardabweichungen aus Tabelle 12 ermitteln und beträgt 1,59.

8.3.2.2. Schule 2

Tutoren

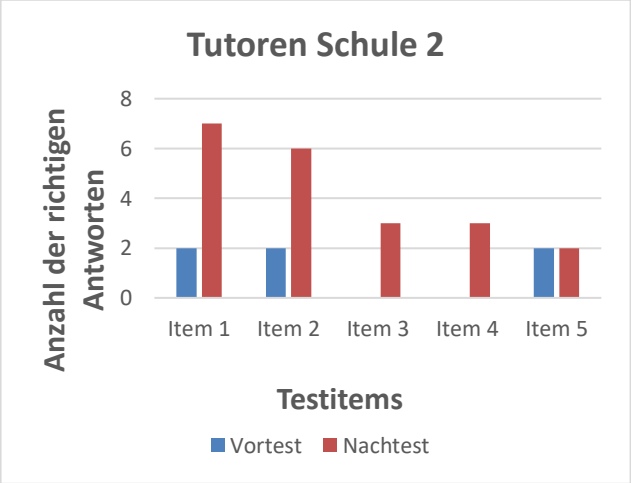

Abbildung 8:Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 2)

In Abbildung 8 ist die Anzahl der richtig beantworteten Testitems graphisch dargestellt. Die Ergebnisse des t-Tests sind in Tabelle13 zu finden.

t-Wert	-3,5857
p(T≤t) einseitig	0,0115
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0230
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7765

Tabelle 13: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren der Schule 2, Mechanik)

Anhand der p- und t-Werte (Tabelle 13) ist zu erkennen, dass sich die Mittelwerte signifikant voneinander unterscheiden. H_0 kann daher abgelehnt werden.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	1,2	4,2
Standardabweichung	1,09	2,17
Anzahl der Tests	10	10

Tabelle 14: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 2, Mechanik)

In Tabelle 14 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Vor- und Nachtests zu sehen. Die Effektstärke d der CAPT-Intervention des *Münchner Mechanikkonzepts* lässt sich aus diesen Werten berechnen und beträgt für die Tutoren 1,84.

Tutees

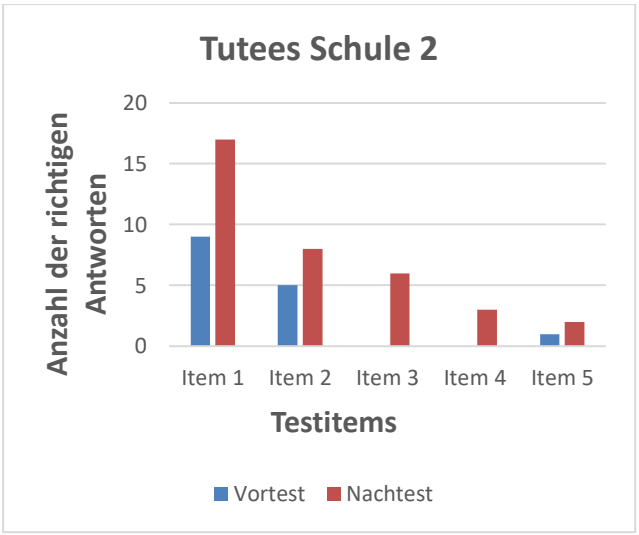

Abbildung 9: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 2)

In Abbildung 9 ist die Anzahl der richtig beantworteten Testitems beim Vor- und Nachtest graphisch dargestellt. Mittels t-Test abhängiger Stichproben konnten folgende Werte, die in der Tabelle 15 aufgelistet sind, ermittelt werden:

t-Wert	-3,3844
p(T≤t) einseitig	0,0138
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0277
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 15: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees der Schule 2, Mechanik)

Anhand der gelieferten Daten des t-Tests in Tabelle 15 kann gesagt werden, dass sich die Mittelwerte der Vor- und Nachtests signifikant voneinander unterscheiden und H_0 abgelehnt werden kann.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	3	7,2
Standardabweichung	3,94	5,97
Anzahl der Tests	25	25

Tabelle 16: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 2, Mechanik)

In Tabelle 16 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der richtig beantworteten Vor- und Nachtests aufgetragen. Die Effektstärke d wird aus diesen Werten ermittelt und beträgt 0,85.

8.3.2.3. Schule 3

Tutoren

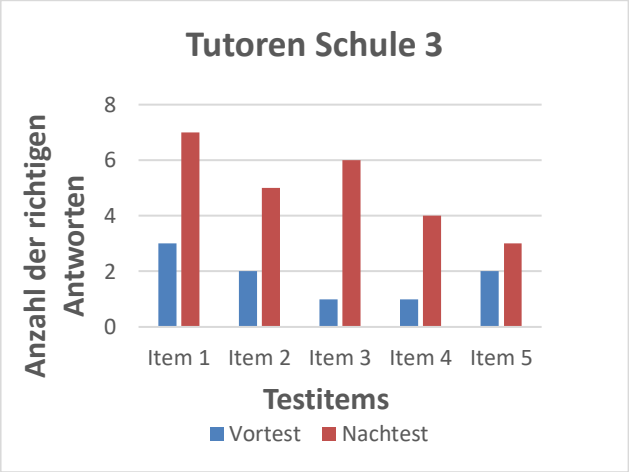

Abbildung 10: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 3)

Abbildung 10 stellt die Anzahl der richtig beantworteten Testitems graphisch dar. Die kritischen t-Werte und p-Werte des t-Test abhängiger Stichproben sind in Tabelle17 zu finden.

t-Wert	-4,8241
p(T≤t) einseitig	0,0042
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0084
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 17: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren der Schule 3, Mechanik)

Auch bei dieser Testung ist zu erkennen (siehe Tabelle 17), dass sich die Mittelwerte der Prä- und Posttests hochsignifikant voneinander unterscheiden. H_0 kann abgelehnt werden, es ist ein Lernfortschritt zu sehen.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	1,8	5
Standardabweichung	0,84	1,58
Anzahl der Tests	8	8

Tabelle 18: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 3, Mechanik)

Für die Tutoren der Schule 3 lässt sich anhand der Mittelwerte und Standard-abweichungen der Tabelle 18 eine Effektstärke d von 2,65 berechnen. Das ist ein sehr starker Effekt, wenn dieser mit dem Raster in Kapitel 8.2 verglichen wird.

Tutees

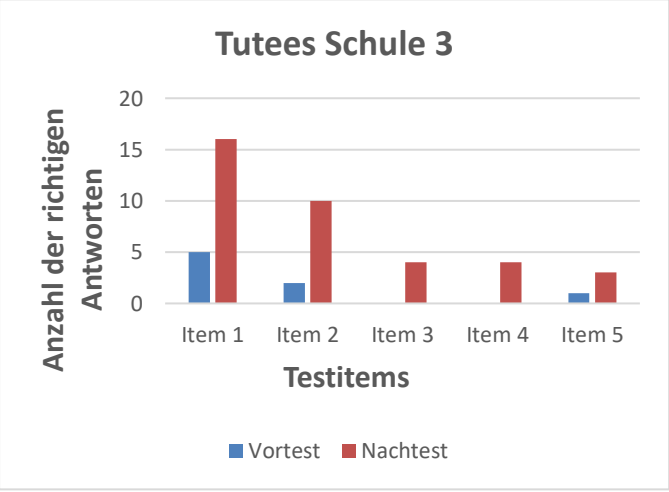

Abbildung 11: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 3)

Abbildung 11 zeigt die Anzahl der richtig beantworteten Testitems. Die Auswertung der Daten ergab einen t-Wert von t = −3,5696. Das bedeutet, dass der Mittelwert des Nachtests größer ist, als beim Vortest. Die restlichen Werte sind in Tabelle 19 ersichtlich.

t-Wert	-3,5696
p(T≤t) einseitig	0,0116
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,1318
p(T≤t) zweiseitig	0,0233
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,7764

Tabelle 19: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees der Schule 3, Mechanik)

Weiters ist aus Tabelle 19 zu schließen, dass sich die Mittelwerte signifikant voneinander unterscheiden, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. H_0 ist also abzulehnen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests sind in Tabelle 20 ersichtlich.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	1,6	7,4
Standardabweichung	2,07	5,55
Anzahl der Tests	21	21

Tabelle 20: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 3, Mechanik)

Die Auswertung der Daten anhand Tabelle 20 hat für die Tutees der Schule 3 eine Effektstärke d von 1,52 ergeben.

8.3.3. CAPT-Interventionen: Magnetismus

Tutoren gesamt

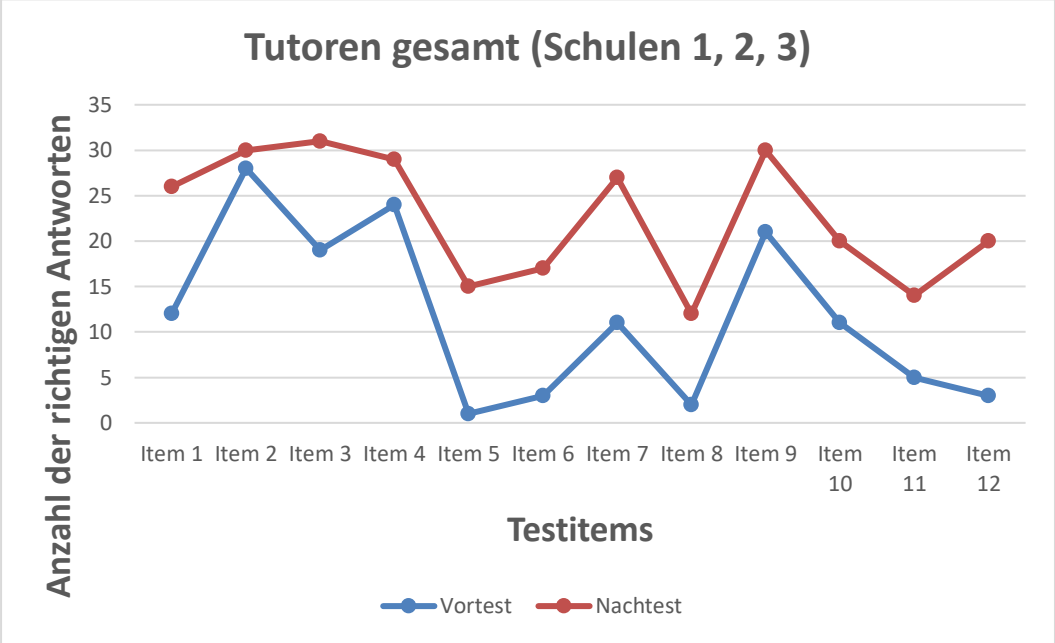

Abbildung 12: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutoren gesamt)

In Abbildung 12 ist zu erkennen, dass Tutoren beim Nachtest bessere Leistungen erzielt haben, als beim Vortest. Da stellt sich nun die Frage, ob sich die Daten signifikant voneinander unterscheiden und ob H_0 abgelehnt werden kann. Die Daten wurden mittels t-Test abhängiger Stichproben analysiert, bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0{,}05$. Dabei wurde ein t-Wert von t = −8,4769 ermittelt. Der negative Wert beschreibt eine Verschiebung des Mittelwertes nach rechts, das bedeutet, dass der Mittelwert beim Nachtest höher ist. Um Aussagen bezüglich der Hypothesen treffen zu können, müssen die p-Werte sowie die die kritischen t-Werte betrachtet werden. Diese sind in der Abbildung 21 aufgelistet.

p(T≤t) einseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7959
p(T≤t) zweiseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 21: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren gesamt, Magnetismus)

Die p-Werte (einseitig und zweiseitig) sind kleiner als die Irrtumswahrscheinlichkeit, der Betrag des t-Werts ist größer als die kritischen t-Werte, siehe Tabelle 21. Die

Mittelwerte unterscheiden sich höchstsignifikant. Die Wahrscheinlichkeit, H_0 irrtümlich abzulehnen, ist daher sehr gering und die Nullhypothese kann somit abgelehnt werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Prä- und Posttests sind in Tabelle 22 ersichtlich.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	11,67	22,58
Standardabweichung	9,35	7,01
Anzahl der Tests	31	31

Tabelle 22: Mittelwert und Standardabweichung der Tutoren gesamt (Magnetismus)

Für die Tutoren kann anhand der Daten aus Tabelle 22 eine Effektstärke d von 1,33 berechnet werden.

Tutees gesamt

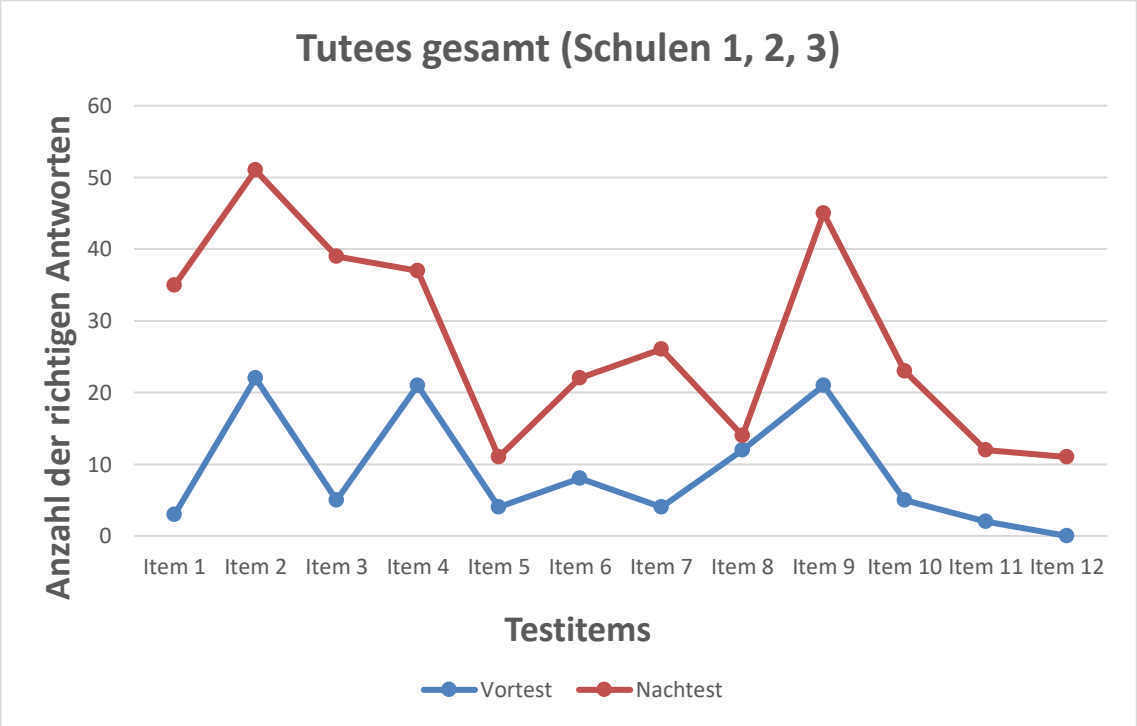

Abbildung 13: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutees gesamt)

In Abbildung 13 ist die Anzahl der richtig beantworteten Testitems graphisch dargestellt. Der t-Test abhängiger Stichproben hat bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\ \%$ einen t-Wert von $t = -6.2258$ ergeben, der Mittelwert beim Nachtest ist also höher. Um Aussagen bezüglich der Hypothesen treffen zu

können, müssen die p-Werte sowie die die kritischen t-Werte betrachtet werden. Diese sind in der Tabelle 23 dargestellt.

p(T≤t) einseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 23: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees gesamt, Magnetismus)

Wie anhand der Werte in Tabelle 23 zu sehen ist, sind die Unterschiede der Mittelwerte höchstsignifikant. H_0 kann also abgelehnt werden. Die Mittelwerte und Standard-abweichungen (Prä- und Posttest) sind in Tabelle 24 ersichtlich.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	8,91	27,17
Standardabweichung	8,06	13,99
Anzahl der Tests	62	62

Tabelle 24: Mittelwert und Standardabweichung der Tutees gesamt (Magnetismus)

Anhand der Daten aus Tabelle 24 kann eine Effektstärke von d = 1,65 ermittelt werden.

8.3.4. Auswertung der Schulen

8.3.4.1. Schule 1

Tutoren

Die Abbildung 14 zeigt die Anzahl der richtig beantworteten Testitems auf. In Tabelle 25 sind die vom t-Test abhängiger Stichproben erhaltenen Werte eingetragen.

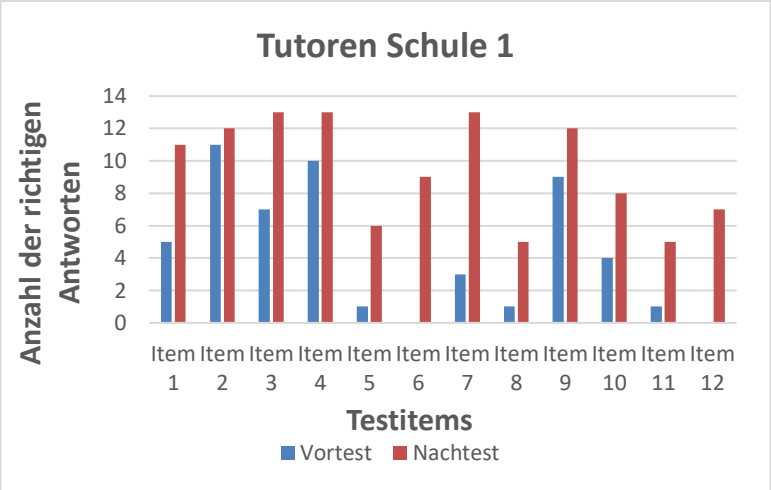

Abbildung 14: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 1)

t-Wert	-6,9161
p(T≤t) einseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 25: kritische t- und p-Werte (Tutoren der Schule 1, Magnetismus)

Der Unterschied zwischen Prä- und Posttest ist sowohl bei einseitiger, als auch bei zweiseitiger Betrachtung, höchstsignifikant (siehe Tabelle 25). Die Nullhypothese kann abgelehnt werden.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	4,33	9,5
Standardabweichung	4,03	3,21
Anzahl der Tests	13	13

Tabelle 26: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 1, Magnetismus)

In Tabelle 26 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Prä- und Posttests ersichtlich. Anhand dieser Daten lässt sich eine Effektstärke d von 1,43 berechnen.

Tutees

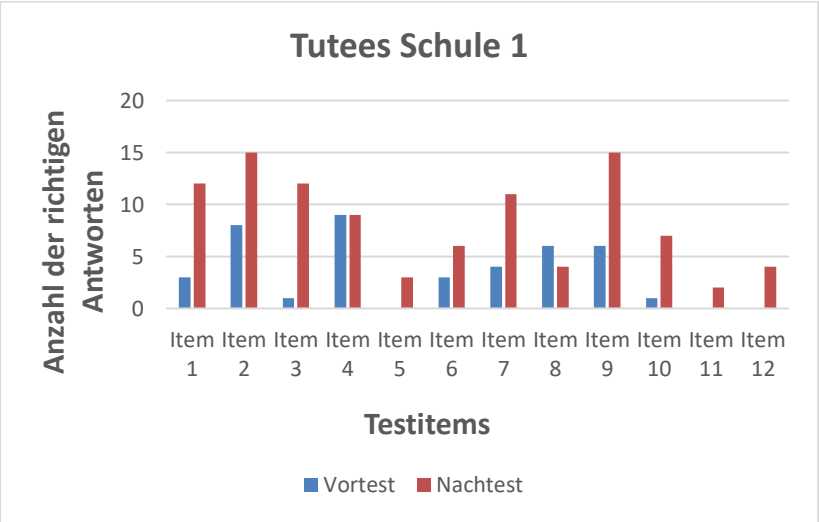

Abbildung 15: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 1)

In Abbildung 15 sind die richtig beantworteten Testitems graphisch dargestellt.

Die erhaltenen Daten wurden mittels t-Test ausgewertet und die resultierenden Werte wurden in Tabelle 27 festgehalten.

t-Wert	-4,3463
p(T≤t) einseitig	0,0005
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	0,0011
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 27: kritische t- und p-Werte (Tutees der Schule 1, Magnetismus)

Die Analyse hat ergeben, dass sich die Mittelwerte bei zweiseitiger Betrachtung hochsignifikant, bei einseitiger Betrachtung aber höchstsignifikant (bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %), unterscheiden. Die Nullhypothese kann abgelehnt werden. In Tabelle 28 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen ersichtlich.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	3,42	8,33
Standardabweichung	3,21	4,64
Anzahl der Tests	12	12

Tabelle 28: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 1, Magnetismus)

Anhand der Tabelle 28 wurde Cohen`s d ermittelt (mit gepoolter Standard-abweichung). Dies ergab eine Effektstärke von 1,25.

8.3.4.2. Schule 2

Tutoren

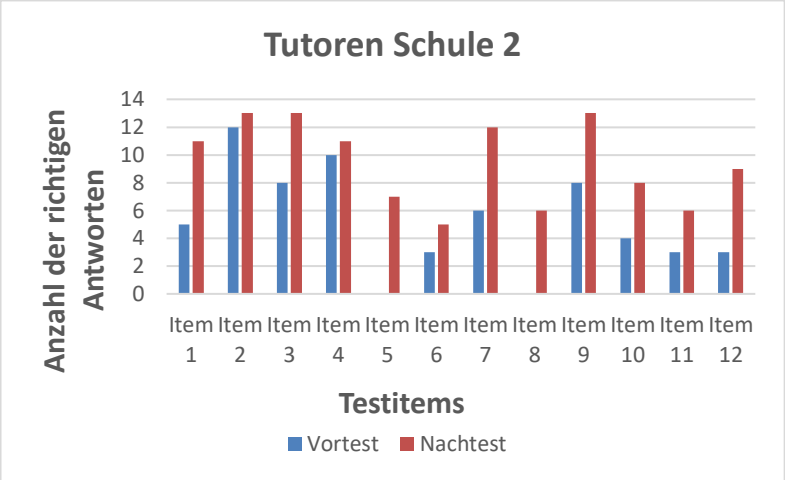

Abbildung 16: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 2)

Die Abbildung 16 bildet die Anzahl der korrekt beantworteten Testitems ab. Die Werte des t-Tests wurden in Tabelle 29 festgehalten.

t-Wert	-7,1366
p(T≤t) einseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 29: kritische t- und p-Werte (Tutoren der Schule 2, Magnetismus)

Bei Betrachtung der Tabelle 29 ist ersichtlich, dass sowohl bei einseitiger, als auch bei zweiseitiger Betrachtung der p-Wert kleiner als 0,1 % ist, was als höchstsignifikanter Unterschied zwischen Prä- und Posttest gedeutet werden kann. H_0 kann abgelehnt werden.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	5,17	9,50
Standardabweichung	3,76	3,03
Anzahl der Tests	13	13

Tabelle 30: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 2, Magnetismus)

Aus den in Tabelle 30 festgehaltenen Mittelwerten und Standardabweichungen der Tutoren der Schule 2 ergibt sich eine Effektstärke von d = 1,27.

Tutees

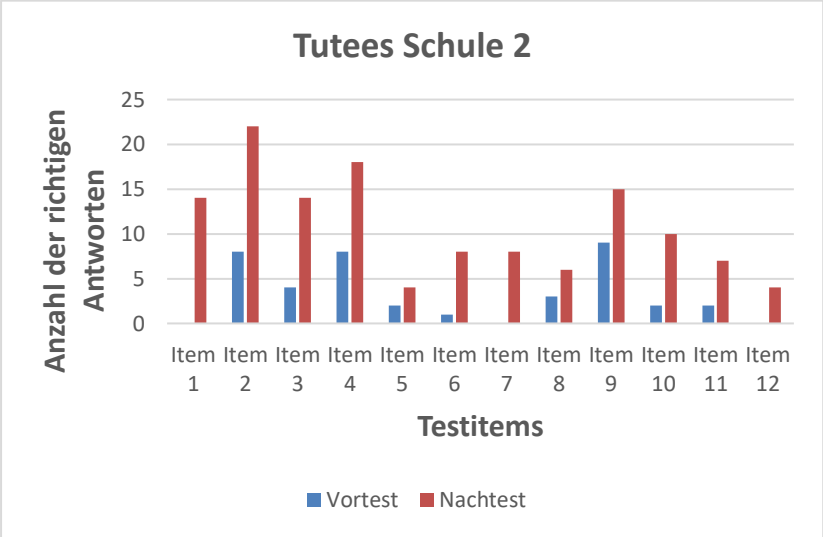

Abbildung 17: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 2)

In Abbildung 17 ist die Anzahl der von den Tutees der Schule 2 richtig beantworteten Testitems. Diese Daten wurden mittels t-Test abhängiger Stichproben analysiert und die resultierenden Werte wurden in der Tabelle 31.

t-Wert	-6,7036
p(T≤t) einseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 31: kritische t- und p-Werte (Tutees der Schule 2, Magnetismus)

Vor- und Nachtest unterscheiden sich höchstsignifikant, da der p-Wert kleiner als die Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % ist. Auch der Betrag des t-Werts ist größer als die kritischen Werte (einseitig und zweiseitig, siehe Tabelle 31). Deswegen ist

die Wahrscheinlichkeit gering, H_0 irrtümlich abzulehnen. Die Nullhypothese kann also abgelehnt werden.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	3.25	10.83
Standardabweichung	3,31	5,73
Anzahl der Tests	25	25

Tabelle 32: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 2, Magnetismus)

Anhand der Daten aus Tabelle 32, der Mittelwerte und Standardabweichungen, ergibt sich für Cohen`s d ein Wert von 1,68.

8.3.4.3. Schule 3

Tutoren

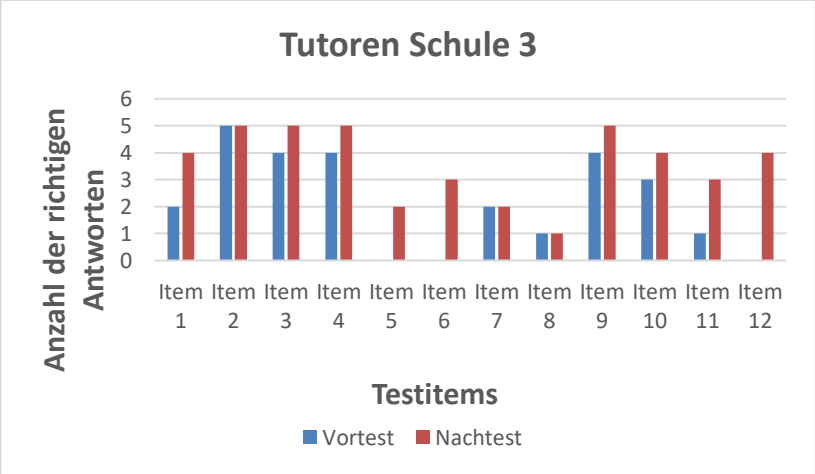

Abbildung 18: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 3)

Die Abbildung 18 stellt die Anzahl der korrekt beantworteten Testitems der Tutoren der Schule 3 graphisch dar. Diese Daten wurden mittels t-Test analysiert und die kritischen t- sowie die p-Werte wurden in Tabelle 33 festgehalten.

t-Wert	-3,9572
p(T≤t) einseitig	0,0011
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	0,0022
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 33: kritische t- und p-Werte (Tutoren der Schule 3, Magnetismus)

Anhand der p-Werte aus Tabelle 33 sieht man, dass sich die Mittelwerte hochsignifikant unterscheiden, auch der Betrag des t-Werts ist größer als die kritischen Werte. H_0 kann abgelehnt werden.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	2,17	3,58
Standardabweichung	1,8	1,38
Anzahl der Tests	5	5

Tabelle 34: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 3, Magnetismus)

In Tabelle 34 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen ersichtlich. Daraus errechnet sich eine Effektstärke d von 0,89.

Tutees

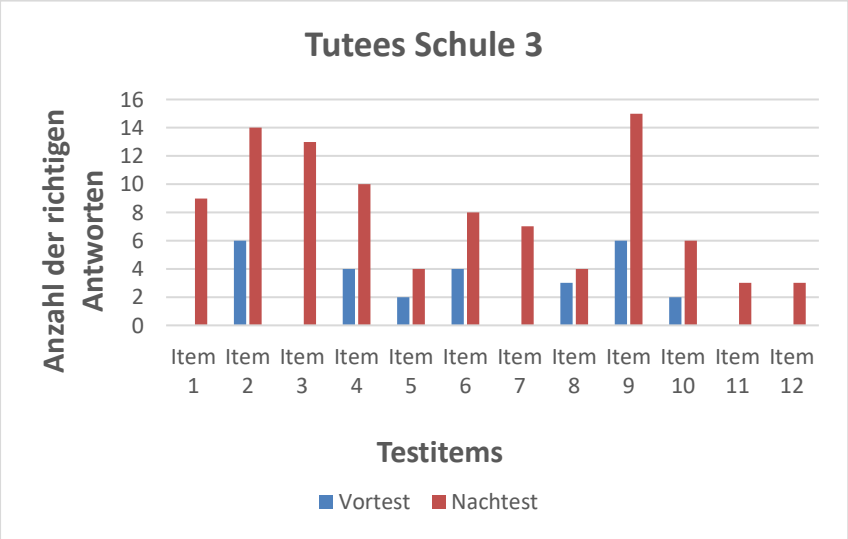

Abbildung 19 Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 3)

Die Werte aus Abbildung 19 (die die Anzahl der richtig beantworteten Testitems der Vor- und Nachtests graphisch gegenüberstellt) wurden mittels t-Test abhängiger Stichproben analysiert und die resultierenden Werte wurden in Tabelle 35 festgehalten.

t-Wert	-5,6185
p(T≤t) einseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,7958
p(T≤t) zweiseitig	p < 0,001
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,2009

Tabelle 35: kritische t- und p-Werte (Tutees der Schule 3, Magnetismus)

Anhand Tabelle 35 ist zu sehen, dass sich die Mittelwerte der Prä- und Posttests höchstsignifikant voneinander unterscheiden. Dies wird mittels t-Wert unterstrichen. Die Nullhypothese kann abgelehnt werden.

	Vortest	*Nachtest*
Mittelwert	2,25	8
Standardabweichung	2,34	4,29
Anzahl der Tests	17	17

Tabelle 36: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 3, Magnetismus)

Anhand der Mittelwerte und Standardabweichungen aus Tabelle 36 kann eine Effektstärke d von 1,74 für die Tutees der Schule 3 ermittelt werden.

9. Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse 8.3 bezüglich der Forschungsfragen diskutiert. Dabei wird erörtert, ob sich die jeweiligen CAPT-Interventionen positiv auf den Lernerfolg der Tutoren und der Tutees ausgewirkt hat und ob die Themen des *Münchner Mechanikkonzepts* und des Magnetismus überhaupt geeignet sind, um mittels dieser konstruktivistischen Unterrichtsmethode unterrichtet zu werden. Bei der Analyse der Datensätze (Anzahl der richtigen Antworten bei den Prä- und Posttests) wurde zudem noch die Effektstärke ermittelt, die unter Verwendung der gepoolten Standardabweichung berechnet wurde. Diese Effektstärken werden nun gedeutet und helfen auch bei der Beantwortung der 4. Forschungsfrage (siehe Kapitel 4.1).

Mechanik

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 1 ist beim Thema des *Münchner Mechanikkonzepts* anzumerken, dass ein Lernfortschritt stattgefunden hat. In Abbildung 5 ist bereits sehen, dass die Anzahl der richtigen Antworten des gesamten Samples bezüglich der fünf Testitems erhöht werden konnte. Die itemweise Analyse hat sogar gezeigt, dass bei allen Testitems eine Verbesserung eingetreten ist. Dies schlägt sich auch in der Effektstärke von d = 1,27 (Forschungsfrage 3) nieder. Dieses Cohen`s d lässt sich nun bewerten und kann als starker Effekt gedeutet werden (Döring & Bortz, 2016; Hattie, 2009). Das bedeutet, dass sich die CAPT-Intervention bezüglich des *Münchner Mechanikkonzepts* sehr stark positiv auf den Lernfortschritt ausgewirkt hat.

Bei der Betrachtung der Abbildung 5 fällt auf, dass sich die Anzahl der richtig beantworteten Testitems sehr stark unterscheidet. Vor allem das Testitem 1 wurde besonders häufig beim Nachtest richtig beantwortet, Testitem 5 am schlechtesten. Die hohe Standardabweichung beim Nachtest (Tabelle 8) lässt sich unter anderem wegen des großen Unterschieds der Frage 1 und 5 erklären. Weiters wurden nur fünf Testitems, eine sehr kleine Anzahl, erstellt. Aber dennoch hat der Stichprobenumfang ausgereicht, um einen signifikanten Unterschied der Mittelwerte zwischen Prä- und Posttest aufzuzeigen. Die großen Standardabweichungsunterschiede beeinflussen die Berechnung von Cohen`s d, auch wenn dieses anhand der gepoolten Standardabweichung ermittelt wurde. Die

ermittelte Effektstärke eignet sich aber dennoch, um mit anderen standardisierten Effektgrößen (Döring & Bortz, 2016, S.821f.) verglichen zu werden. Herkömmlicher Unterricht beispielsweise weist eine durchschnittliche Effektstärke von 0,35 auf (Hattie, 2009). Der starke Effekt dieser CAPT-Intervention lässt sich noch mit der absoluten und relativen Häufigkeit untermauern. Bei einem Sample von 73 Fragebögen wurden beim Vortest 32 von in Summe 365 Testitems richtig beantwortet – im Mittel also gerundet 8,77 %. Beim Nachtest konnten die Tutees hingegen in Summe 105 Testitems richtig beantworten, das entspricht im Mittel 28,77 % der Testitems. Das bekräftigt die anfangs getätigte Aussage, dass sich die CAPT-Intervention positiv auf den Lernerfolg ausgewirkt hat.

Für die Beantwortung der 2. Forschungsfrage liefert die Abbildung 4 erste Eindrücke des Einflusses von Cross-Age Peer Tutoring auf den Lernfortschritt von Tutoren. Auch hier ist zu sehen, dass die Anzahl der richtig beantworteten Testitems beim Nachtest höher war, als beim Vortest. Auch hier hat die itemweise Analyse gezeigt, dass bei allen Testitems eine Verbesserung erzielt werden konnte. Es wurde eine Effektstärke von d = 1,66 beobachtet, das entspricht einem starken Einfluss bei der Lernwirksamkeit. Die Standardabweichungen beim Prä- und Posttest waren kleiner als bei den Tutees, dies ist aber dem geschuldet, dass die Klassen der Sekundarstufe 2 (gesamtes Sample) wesentlich kleiner waren, als bei den Schülerinnen und Schüler der Unterstufe. Die Mittelwerte der beiden Testungen haben sich signifikant voneinander unterschieden. Die Antwort auf Forschungsfrage 2 lautet also, dass sich die CAPT-Intervention des *Münchner Mechanikkonzepts* positiv auf den Lernerfolg der Tutoren auswirkt. Der prozentuelle Zuwachs der richtig beantworteten Testitems ist ein weiterer Beleg dafür. Im Mittel wurden 14 % der Testitems beim Vortest und 39 % der Testitems des Nachtests richtig beantwortet.

Der vollständige Fragebogen ist in Anhang C zu ersichtlich. Die Nachtests sind sowohl bei den Tutoren als auch bei den Tutees gut ausgefallen. Dies würde ich nicht alleine der Lernwirksamkeit der CAPT-Intervention zuschreiben. Die Fragen wurden so entwickelt, dass die in den Interventionen unterrichteten Basisvorstellungen abgeprüft wurden. Item 5 wurde nicht explizit von den Tutoren

unterrichtet – hier wurde verlangt, dass das Wissen auf andere Phänomene angewendet werden kann. Diese Frage wurde von den Tutoren (9 von 40), als auch von den Tutees (8 von 73) am schwächsten beantwortet. Die große Differenz an richtig beantworteten Testitems ist offensichtlich dem unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad zuzuschreiben. Eine Befragung von vier Fachkollegen hat ergeben, dass das Item 1 am einfachsten und das Item 5 am schwierigsten zu beantworten war. Bei den Testitems 2, 3 und 4 war man sich uneinig. Genau diese Einschätzung spiegelt sich bei Betrachtung der Abbildungen wider. In den Abbildungen 4-11 unterscheiden sich die Testitems 3 und 4 beim Nachtest nicht signifikant voneinander (zu sehen bei der schulspezifischen Auswertung). In der Abbildung 6 und 9 ist zum Beispiel zu erkennen, dass das Item 3 öfter richtig beantwortet wurde, als das Item 4. In den Abbildungen 7 und 8 ist zu erkennen, dass diese exakt gleich häufig richtig beantwortet wurden. Das Testitem 2 wurde hingegen stets häufiger richtig beantwortet, als die Items 3 und 4. In Abbildung 10 hingegen wurde bei einem Sample von 8 das 4. Testitem häufiger korrekt beantwortet, als die Items 2 und 4.

Magnetismus

Um die Forschungsfrage 1 zu beantworten, also den positiven Einfluss der CAPT-Intervention auf die Tutees, muss Abbildung 13 genauer betrachtet werden. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der richtig beantworteten Testitems beim Posttest höher ist, als beim Prätest. Die Mittelwerte in Tabelle 24 untermauern diese Erkenntnis. Weiters unterscheiden sich die Mittelwerte der Vor- und Nachtests höchstsignifikant voneinander. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die CAPT-Intervention in dieser geplanten Unterrichtseinheit bezüglich Magnetismus einen Lernfortschritt zur Folge hatte. Die berechnete Effektstärke von d = 1,65 sagt zudem noch aus, dass sich sogar ein starker Effekt abgezeichnet hat.

Bei näherer Betrachtung der Abbildung 13 fällt auf, dass die Items 1, 2, 3, 4 und 9 beim Nachtest die größten prozentuellen Verbesserungen aufweisen. Das Sample von 62 Tests ist in Tabelle 37 dargestellt zu sehen.

	Vortest	Nachtest
Item 1	0,0484	0,5645
Item 2	0,3548	0,8226
Item 3	0,0806	0,6290
Item 4	0,3387	0,5968
Item 9	0,3387	0,7258

Tabelle 37: Vergleich der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests

Bei den Arbeitsmaterialien von Pieler (2018) wird genau erklärt, dass nur ferromagnetische Stoffe magnetisierbar sind. Dieses Grundkonzept wird beim Versuch Nummer 1 der selbst erstellten Arbeitsblätter lernwirksam gefördert. Diese Kombination könnte die Steigerung bei der korrekten Beantwortung des Testitems 1 als Erklärung dienen. Die Basisideen der Testitems 2 und 3 (die Bezeichnung der Enden der Magnete und die Basisidee, dass es keine magnetischen Monopole gibt) wurden ebenfalls von Pieler (2018) in Form ihres Arbeitsblattes den Schülerinnen und Schülern näher gebracht. Weiters ist der Begriff der magnetischen Pole Hauptbestandteil vieler Experimente und wurden von den Schülerinnen und Schülern besser in Erinnerung behalten. Testitem 9 beruht auf den Grundvorstellungen, dass die magnetische Kraft an den Polen gleich stark und am stärksten ist (z.B. Apolin, 2018). Dies wurde ebenfalls anhand eines Experiments erarbeitet.

Auch bei dieser Beurteilung der Testergebnisse wurden 3 Expertinnen und Experten bezüglich der Reihung nach dem Schwierigkeitsgrad der Testitems befragt. Das Resultat war zwar nicht einstimmig, die Items 2 und 4 waren aber von 2/3 als die einfachsten eingeschätzt worden. Im Anhang E ist dies auch zu sehen, denn beim Vortest wurde das Item 2 von 22, das Item 4 von 21 Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 richtig beantwortet – Item 9 wurde ebenfalls von 21 Tutees beim Prätest richtig beantwortet. Genau diese Items haben beim Nachtest aber auch die größten Zuwächse verzeichnet. Ich würde das so interpretieren, dass durch das Bearbeiten der Arbeitsmaterialien sehr viele Kea Ideas vermittelt wurden. Bei den Items 2, 4 und 9 könnte es auch sein, dass die Schülerinnen und Schüler bereits über vorunterrichtliche Vorstellungen verfügten, die bei der CAPT-Intervention nochmal in Erinnerung gerufen oder richtig gestellt wurden, *Konzepte wurden geändert* (Duit, 1993; Jung, 1986). Zudem fand der Nachtest unmittelbar

nach den Interventionen ststt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die neu erarbeiteten Grundvorstellungen noch nicht vergessen wurden.

Die CAPT-Intervention hat den Wissensstand der Tutoren ebenfalls beeinflusst. In Abbildung 12 ist zu sehen, dass die Anzahl an richtigen Antworten beim Nachtest ebenfalls größer ist, als beim Vortest. Die Mittelwerte der richtig beantworteten Testitems aus Tabelle 22 untermauern dies. Zudem unterscheiden sich die Mittelwerte der Vor- und Nachtests höchstsignifikant. Somit kann anhand der Effektstärke von d = 1,33 gesagt werden, dass Cross-Age Peer Tutoring den Lernerfolg der Tutoren positiv beeinflusst hat (Forschungsfrage 2). Abbildung 12 zeigt auch, dass das Vorwissen der Tutoren im Mittel höher war als bei den Tutees. Die Testitems 1, 5, 6, 7 und 12 zeigten beim Nachtest starke Verbesserungen.

	Vortest	**Nachtest**
Item1	0,3871	0,8387
Item 5	0,0322	0,4839
Item 6	0,0968	0,5483
Item 7	0,3548	0,8710
Item 12	0,0968	0,6452

Tabelle 38: Vergleich der richtigen Antworten der Vor– und Nachtests

In Tabelle 38 sind jene Testitems aufgelistet, bei denen sich die Schülerinnen und Schüler beim Nachtest sehr stark verbessert haben. Das kann man wie bei den Tutees den Arbeitsblättern von Pieler (2018) und den neu erstellten Materialien zuschreiben. Durch das selbstständige Bearbeiten und der anschließenden Diskussion in der Mentoring-Phase wurde das Wissen selbstständig erarbeitet. Im Sinne einer konstruktivistischen Betrachtungsweise kann man sagen, dass Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit hatten, das Wissen selbst zu konstruieren (Widodo & Duit, 2004) und beim Unterrichten zu verdichten. Um Topping zu zitieren: „*to teach is to learn twice*“ (Topping, 1996, S.324). Das erklärt aber nicht, warum genau jene Testitems aus Tabelle 38 so große Zuwächse an richtigen Antworten bei den Nachtests hatten. Die naheliegendste Begründung wäre, dass diese Steigerung den Resultaten der Vortests zuzuschreiben ist. Bis auf Item 1 und 7 wurden alle von weniger als 10 % der Tutoren richtig beantwortet und es war somit ein hohes Steigerungspotential möglich.

Der Schulvergleich anhand der Effektstärken, wie in Forschungsfrage 4 gefragt wird, ist etwas schwieriger, da diese vom Sample abhängen. Anhand der Formeln 1 und 2 ist zu erkennen, dass Cohen`s d von den Mittelwerten der Prä- und Posttests abhängt, aber auch von den Standardabweichungen. Diese hängen wiederum auch vom Stichprobenumfang ab. Dennoch ist grundsätzlich zu sagen, dass in allen Schulen (sowohl bei den Tutoren, als auch bei den Tutees) große Effekte, resultierend aus den CAPT-Interventionen, zu sehen waren, denn alle Effektstärken waren größer als 0,8 (Döring & Bortz, 2016). Die Effektmaße haben sich in den meisten Fällen sowohl bei der Mechanik, als auch beim Magnetismus nicht (sehr) stark voneinander unterschieden. Es gab allerdings einige Ausreißer, die nun näher beschrieben werden. In den Tabellen 39 und 40 sind die Effektstärken der Klassen aufgelistet.

Magnetismus	Effektstärken Tutees	Effektstärken Tutoren
Schule 1	1,25	1,43
Schule 2	1,68	1,27
Schule 3	1,74	0,89
Mittelwert	1,55	1,20
Standardabweichung	0,27	0,28

Tabelle 39: Effektstärken der Tutoren und Tutees beim Thema Magnetismus

Mechanik	Effektstärken Tutees	Effektstärken Tutoren
Schule 1	1,59	1,09
Schule 2	0,85	1,84
Schule 3	1,52	2,65
Mittelwert	1,32	1,86
Standardabweichung	0,41	0,78

Tabelle 40: Effektstärken der Tutoren und Tutees beim Thema Mechanik

Beim Thema Magnetismus wurde für die Tutoren der Schule 3 eine Effektstärke von d = 0,89 ermittelt, die deutlich niedriger ist, als an den anderen Schulen. Dies ist möglicherweise auf die Resultate der Vortests und dem damit verbundenen Deckeneffekt zurückzuführen (Abbildung 18). Die Tutoren haben bei den Vortests bereits 43,33 % der Fragen richtig beantwortet, zum Vergleich haben die Schülerinnen und Schüler der Schule 1 nur 33,33 % der Fragen und 39,74 % in Schule 2.

Bei der Mechanik betrug die Effektstärke der Schule 1 (Pilotschule) 1,09 und ist damit sehr hoch, aber dennoch deutlich niedriger als an den anderen Schulen. Als Erklärung könnte einerseits lauten, dass an dieser Schule die Testung durchgeführt wurde, das Mentoring und Tutoring fand also zum ersten Mal statt. Die gesamte CAPT-Intervention verlief zwar ohne Komplikationen, die Routine der Lehrperson war aber noch nicht gegeben. Nach der Pilotierung wurden Veränderungen vorgenommen.

Für die Tutoren der Schule 3 wurde eine Effektstärke von 2,65 ermittelt. Nach Rücksprache mit der Klassenlehrerin wurde erwähnt, dass das Thema der Mechanik zwar herkömmlich unterrichtet wurde, aber die Geschwindigkeitsaddition als Vektoraddition wurde sehr genau unterrichtet. Dieses Wissen könnte bei der CAPT-Intervention wieder in Erinnerung gerufen worden sein.

Die Tutees der Schule 2 haben bei der Mechanik-Intervention einen Wert von 0,85 bei der Effektstärke des Cross-Age Peer Tutorings erreicht. Dieser Wert ist zwar sehr hoch, allerdings fand der Nachtest erst in der darauffolgenden Physikstunde statt, und der „Vergessensprozess“ kann nicht ausgeschlossen werden.

Bei näherer Betrachtung der Prä- und Posttests der Tutees und Tutoren (Kapitel 8.3.1, Kapitel 8.3.3) ist zu sehen, dass die Schülerinnen und Schüler nach den CAPT-Interventionen im Mittel bessere Resultate bei den Nachtestungen erzielen konnten – es hat also sowohl bei den Themen Mechanik und Magnetismus, ein Lernprozess stattgefunden. Es konnte sogar noch gezeigt werden, dass sich die CAPT-Interventionen in allen Schulen positiv auf den Wissenserwerb ausgewirkt haben (Kapitel 8.3.2 und 8.3.4). Selbst die Piloteinheiten (Kapitel 8.3.2.1 und 8.3.4.1) bewirkten eine Effektstärke von mindestens 1,09.

Die Daten wurden itemweise analysiert, um die Wirkung der CAPT-Interventionen auf die verschiedenen Testitems beschreiben zu können. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Anzahl der richtig beantworteten Items bei den Nachtestungen immer höher (oder gleich) war, als bei den Vortests – die Schülerinnen und Schüler haben sich bei den Nachtests nie verschlechtert (Abbildungen 5-19).

Die Effektstärken haben sich massiv vom Forschungsergebnis von Korner (2015) unterschieden. In ihrer Dissertation erzielten die Schülerinnen und Schüler bei den Themen Optik und Elektrizitätslehre Effektstärken von 0,46-0,62. Allerdings nahmen ausschließlich Lernende der Sekundarstufe 1, genauer gesagt Schülerinnen und Schüler von Neuen Mittelschulen, an den CAPT-Interventionen teil. Der Anteil der Schülerinnen und Schüler mit nicht deutscher Muttersprache war ebenfalls zu berücksichtigen. In dieser hier vorliegenden Diplomarbeit fanden die CAPT-Interventionen ausschließlich in Ober- und Unterstufen von Gymnasien statt und die Lernenden erzielten Effektstärken von 1,27-1,66. Bei den schulspezifischen Auswertungen der richtig beantworteten Testitems wurden teilweise sogar noch größere Werte erreicht, siehe Tabelle 40. Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler haben sich in beiden Forschungen also unterschieden. Das könnte den Unterschied der Effektstärken erklären.

Bei den guten Ergebnissen ist zudem zu beachten, dass diese auch ein Resultat dessen sein können, dass bei den Vor- und Nachtests genau jene Grundvorstellungen abgeprüft wurden, die bei den jeweiligen Interventionen direkt angesprochen wurden. Schließlich wurden die Testitems bei der Erstellung genau den Arbeitsmaterialien angepasst.

Dennoch wurde es als sinnvoll erachtet, die Items resultierend auf vorunterrichtliche Vorstellungen und Key Ideas zu erstellen. Teilweise musste Wissen sogar kombiniert werden, siehe Testitem 5 beim Thema des *Münchner Mechanikkonzepts* (Anhang C). Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass die Effektstärken als Resultat der CAPT-Intervention stets viel höher als herkömmlicher Unterricht (d = 0,35 (Hattie, 2009)) sind. Dies war auch bei den Teilergebnissen in den jeweiligen Schulen zu sehen. Diese Unterrichtsmethode ist also geeignet, um die Methodenvielfalt des Unterrichts zumindest bei den Themen Magnetismus und dem *Münchner Mechanikkonzept* zu ergänzen, auch wenn dies mit administrativen Schwierigkeiten verbunden ist.

10. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser hier vorliegenden Arbeit wurde die Lernwirksamkeit von Cross-Age Peer Tutoring im Unterrichtsfach Physik anhand zweier Themenbereiche erforscht. Hierzu wurden zunächst Arbeitsmaterialien erstellt, die sich an den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler und an den wesentlichen Grundvorstellungen orientieren, anhand dieser die CAPT-Interventionen durchgeführt wurden. Für die Evaluierung des Lernfortschrittes wurden Prä- und Posttestungen durchgeführt und ausgewertet, um den Wissenszuwachs ermitteln zu können. Diese Daten wurden nun mittels t-Test abhängiger Stichproben analysiert und die Effektstärken der jeweiligen Interventionen wurden berechnet.

Die CAPT-Intervention bestand für die Tutoren (Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 2) aus zwei Phasen, dem Mentoring und dem Tutoring. Im Mentoring wurden die Tutoren geschult und ihnen wurde sowohl der Inhalt als auch die Unterrichtsmethode nähergebracht. Die Themen der Interventionen waren Magnetismus und Mechanik (kleiner Teil des *Münchner Mechanikkonzepts*), als Methode wurde die P-O-E-Strategie (White & Gunstone, 1992) gewählt. Die Schülerinnen und Schüler sollten während des Mentorings die Arbeitsblätter selbstständig oder in Partnerarbeit bearbeiten, die Großteils so aufgebaut waren, dass anhand kleiner Experimente Grundideen erarbeitet werden sollten. Das selbstständige Erarbeiten der Wissensinhalte stand im Vordergrund – deswegen würde ich diese Unterrichtsmethode zu den konstruktivistischen Unterrichts-methoden (Widodo & Duit, 2004) zählen. Die Mentoring-Phasen dauerten durchschnittlich etwa 40 Minuten.

Das Tutoring fand ca. ein bis zwei Wochen nach dem Mentoring statt. In dieser Phase bekleideten die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 die Rolle der Tutees, die von den geschulten Tutoren unterrichtet wurden. Die Tutees haben die selben Arbeitsmaterialien bearbeitet und wurden in den P-O-E-Phasen von den Tutoren unterstützt. Die Tutoring-Phasen dauerten 30-40 Minuten (reine Arbeitszeit).

Insgesamt nahmen 71 Tutoren und 135 Tutees an den CAPT-Interventionen teil. Die Testung erstreckte sich über ca. drei Monate, an denen die Mentorings und

Tutorings durchgeführt wurden. Für die Schülerinnen und Schüler, die die Rollen der Tutoren einnahmen, dauerte die gesamte Intervention (Vortest, Mentoring, Tutoring und Nachtest) etwa zwei bis drei Wochen lang.

Eine zentrale Forschungsfrage war, ob sich die Unterrichtsmethode des Cross-Age Peer Tutorings positiv auf den Wissenszuwachs bei den Themen Magnetismus und Mechanik auswirkt. Sowohl bei den Tutoren, als auch bei den Tutees wurden Effektstärken ermittelt, die über dem Wert von 0,8 gelegen sind, was nach Döring und Bortz (2016) starke Effekte beschreibt. Nach Hattie (2009) bedeuten diese Ergebnisse, dass die CAPT-Interventionen sowohl den Wissenserwerb der Tutoren als auch der Tutees positiv beeinflusst haben. Da beide Gruppen von dieser Unterrichtsmethode profitieren und die Effektstärken auch über der des herkömmlichen Unterrichts liegen, scheint sich Cross-Age Peer Tutoring zu eignen, um gelegentlich zusätzlich im Regelunterricht durchgeführt zu werden.

In dieser Arbeit wurde die Lernwirksamkeit des CAPT anhand von Nachtests bestimmt, die unmittelbar nach den Interventionen stattgefunden haben. Aus dem Vergleich mit dem Vortest wurden Effektstärken ermittelt, anhand dessen die Aussagen getroffen werden konnten. Die Nachhaltigkeit dieser Interventionen wurde aber nicht erforscht. Es wäre bestimmt interessant, ausgehend von dieser Arbeit, die Nachhaltigkeit des Wissenserwerbs mittels Follow-Up-Tests zu evaluieren, die einige Wochen nach den Tutorings stattfinden würden. Dabei könnte erforscht werden, ob der Wissenszuwachs nur temporär ist, oder über einen längeren Zeitraum anhält, sodass die Follow-Up-Testungen immer noch besser ausfallen würden, als die Vortests, so wie es in der Arbeit von Korner (2015) ebenfalls gemacht wurde. Es wurde in dieser hier vorliegenden Diplomarbeit nicht erforscht, ob die Effektstärken den erstellten Arbeitsmaterialien oder den CAPT-Interventionen zuzuschreiben sind. Dies könnte mit einer Kontrollgruppe erforscht werden.

Abschließend ist zu sagen, dass CAPT nun mit den Themen Magnetismus und Mechanik bei zwei weiteren Themengebieten der Physik getestet wurde – mit positiven Ergebnissen. Somit kann diese konstruktivistische Unterrichtsmethode für den Unterricht empfohlen werden.

11.Literaturverzeichnis

Allen, V. L. (2013). *Children as teachers: Theory and research on tutoring*: Academic Press.

Apolin, M. (2018). *Big Bang 4, Schulbuch* (1. Auflage).

Barmeier, M., Boldt, J., Ciprina, H. J. (2009). *Prisma Physik 4.*

BIFIE (2019). Pisa-Studie 2018. Retrieved from https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2019/12/PISA2018_Erstbericht_final.pdf

BMBWF (2018). Lehrpläne (AHS - Unterstufe AHS - Oberstufe). Retrieved from https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/lp/lp_ahs.html

Brinkman, R. Mathematik und Physik für Schüler, Lehrer und Eltern. Retrieved from https://www.brinkmann-du.de/physik/sek1/ph09_06a.htm

Cohen, P. A., Kulik, J. A., & Kulik, C.-L. C. (1982). Educational outcomes of tutoring: A meta-analysis of findings. *American educational research journal*, *19*(2), 237–248.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation. *Wiesbaden: Springerverlag*.

Duit, R. (1993). Schülervorstellungen-von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, *4*(16), 4–10.

Duit, R. (2010). Piko-Briefe. *Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst, Februar*.

Early, J. W. (1999). The impact of peer tutoring on self-esteem and Texas Assessment of Academic Skills mathematics performance of tenth-grade students.

Fogarty, J. L., & Wang, M. C. (1982). An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. *The Elementary School Journal*, *82*(5), 451–469. https://doi.org/10.1086/461281

Gartner, A. O. (1971). *Children Teach Children: Learning by Teaching*: Harper & Row, Publishers, Inc., 49 East 33rd Street, New York, N.Y. 10016.

Gaustad, J. (1992). Tutoring for At-Risk Students. *OSSC Bulletin*, *36*(3), n3.

Gaustad, J., & others (1993). Peer and cross-age tutoring.

Gollenz, F., Breyer, G., Tentschert, H.-H., & Reichel, E. (2014). *Gollenz Physik 4, Schulbuch*. Wien: ÖBV.

Graham, J. W. (2009). Missing data analysis: Making it work in the real world. *Annual Review of Psychology*, *60*, 549–576. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085530

Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V. (2013). Das Physik-Skript. Retrieved from http://www.schule.promathika.de/index.php?n=PhysikSkript.PhysikSkript

Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge. Retrieved from http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10266302

Hewitt, P. G. (2015). *Conceptual physics* (12. ed., global ed.). *Always learning*. Boston, Mass.: Pearson.

Hopf, M., & Wiesner, H. (2011). *Physikdidaktik kompakt*: Aulis-Verlag.

Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik/Chemie*, *34*(13), 2–6.

King, A. (1998). Mutual Peer Tutoring: Effects of Structuring Tutorial Interaction to Scaffold Peer Learning. *Journal of Educational Psychology*, *90*(1), 134–152.

Korner, M. (2015). *Cross-Age Peer Tutoring in Physik: Evaluation einer Unterrichtsmethode* (Vol. 186): Logos Verlag Berlin GmbH.

Lenhard, W. (2019). *Leseverständnis und Lesekompetenz: Grundlagen-Diagnostik-Förderung*: Kohlhammer Verlag.

Lippitt, P. (1976). Learning through cross-age helping: Why and how. *Children as teachers: Theory and research on tutoring*, 157–168.

Nachtigall, D. (1986). Vorstellungen im Bereich der Mechanik. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie*, *34*, 13.

Niedderer, H., & Schecker, H. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, 74–98.

Pieler, J. (2018). *Entwicklung der Skala relatedness des IMI zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von SchülerInnen* (Diplomarbeit), Wien.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, *66*(2), 211–227.

Robinson, D. (2005). Peer and Cross-Age Tutoring in Math:Outcomes and Their Design Implications. *Educational Psychology Review*, *17*(4), 327–362.

Rohrbeck, C. A. (2003). Peer-Assisted Learning Interventions With Elementary School Students: A Meta-Analytic Review. *Journal of Educational Psychology*, *95*(2), 240–257.

Rost, D. H. (2013). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien: Eine Einführung* (3., vollst. überarb. und erw. Aufl.). *utb-studi-e-book: Vol. 8518*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. Retrieved from http://www.utb-studi-e-book.de/9783838585185

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Eds.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2

Statistik Austria (2011). Internationale Standardklassifikation im Bildungswesen (ISCED). Retrieved from https://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/klassifikationsdatenbank/weitere_klassifikationen/bildungsklassifikation/index.html

Supermagnete.at. Neodym-Magnete. Retrieved from https://www.supermagnete.at/supermagnete-starke-neodym-magnete?adwords_at_ger&gclid=CjwKCAiAo7HwBRBKEiwAvC_Q8RwZ5qHrSnynjTip9OTx0WBcH9A2fXCDjh-kScalzJpt8pTgy_LHUhoCMdsQAvD_BwE

Tobias, V., Hopf, M., Waltner, C., Wilhelm, T., & Wiesner, H. (2009). Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht. Qualitatives Forschungsvorhaben im Rahmen einer integrativen Studie. *CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik. Bochum*.

Topping, K. (1996). The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *Higher Education*, *32*(3), 321–345.

Waltner, C., Tobias, V., Hopf, M., Wilhelm, T. & Wiesner, H (2007). Einführung in die Mechanik (Schülertext). Retrieved from https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/mechanik.pdf

White, R. T., & Gunstone, R. (1992). Probing Understanding (London: Falmer). In *WHITE, RT, & MITCHELL, IJ (1993) The promotion of good learning behaviours. Paper given at the conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Aix-en-Provence*.

Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*, 233–255.

Wilhelm, T. (2013). Mechanik in Jahrgangsstufe 7 des bayerischen G8.

Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M., & Wiesner, H. (2011). Design-based research am beispiel der zweidimensional-dynamischen mechanik. *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Jahrestagung der GDCP in Oldenburg*, 31–47.

Wilhelm, T., Waltner, C., Hopf, M., Tobias, V., & Wiesner, H. (2009). Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht-quantitative Ergebnisse zur Verständnis-und Interessenentwicklung. *Didaktik der Physik-Bochum*.

11.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf einer CAPT-Intervention.....47
Abbildung 2: Testitem aus dem Fragebogen zum Münchner Mechanikkonzept, abgeändert aus (Wilhelm et al., 2009, S.12).....56
Abbildung 3: Testitem aus dem Fragebogen zum Thema Ferromagnetismus 57
Abbildung 4: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutoren gesamt).....63
Abbildung 5: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutees gesamt).....65
Abbildung 6: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 1).....66
Abbildung 7: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 1).....67
Abbildung 8:Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 2).....68
Abbildung 9: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 2).....69
Abbildung 10: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 3).....70
Abbildung 11: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 3).....71
Abbildung 12: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutoren gesamt).....73
Abbildung 13: Anzahl der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests (Tutees gesamt).....74
Abbildung 14: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 1).....76
Abbildung 15: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 1).....77
Abbildung 16: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 2).....78
Abbildung 17: Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 2).....79
Abbildung 18: Anzahl der richtigen Antworten (Tutoren, Schule 3).....80
Abbildung 19 Anzahl der richtigen Antworten (Tutees, Schule 3).....81
Abbildung 20: Stoß aus dem Münchner Mechanikkonzept (Waltner, C. et al., 2007, S.10).....103
Abbildung 21: Schuss nach Flanke, Münchner Mechanikkonzept (vgl. Waltner, C. et al., 2007, S.10).....105
Abbildung 22: Das Tor in der Mitte treffen (vgl. Waltner, C. et al., 2007, S.10) .106
Abbildung 23: Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit, vgl. Münchner Mechanikkonzept. (Waltner, C. et al., 2007, S.11).....107

Abbildung 24: Konstruktion der Endgeschwindigkeit, Münchner Mechanikkonzept (Waltner, C. et al., 2007, S.12) 108
Abbildung 25: Ermittlung der Zusatzgeschwindigkeit, Münchner Mechanikkonzept (Waltne C. et al., 2007, S.12) 108
Abbildung 26: Versuchsskizze, Münchner Mechanikkonzept (Waltner, C. et al., 2007, S.10) 110
Abbildung 27: (Fachportal-Physik, 2017) 126
Abbildung 28: (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013) 127
Abbildung 29: (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013) 127
Abbildung 30: (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013) 127
Abbildung 31: (Brinkman) 128
Abbildung 32: Konstante Geschwindigkeit der gleitenden Scheibe (Wilhelm et al., 2009, S.12) 129
Abbildung 33: Bewegungskurven nach dem Stoß (Wilhelm et al., 2009, S.12). 129
Abbildung 34: Antwortmöglichkeiten (Wilhelm et al., 2009, S.11) 130
Abbildung 35: Mondbahn (Wilhelm et al., 2009, S.11) 130

11.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick der Schulstufen an den drei Schulstandorten 33
Tabelle 2: Didaktische Analyse (Mechanik) 41
Tabelle 3: Didaktische Analyse (Ferromagnetismus) 42
Tabelle 4:Tatsächlich verwendete Test-Paare (aufgrund von Fehlen bei Vor- und Nachtest) 60
Tabelle 5: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren gesamt, Mechanik) 64
Tabelle 6: Mittelwert und Standardabweichung der Tutoren gesamt (Mechanik) 64
Tabelle 7: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees gesamt, Mechanik) 65
Tabelle 8: Mittelwert und Standardabweichung der Tutees gesamt (Mechanik) . 65
Tabelle 9: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren der Schule 1, Mechanik) 66
Tabelle 10: Mittelwert und Standardabweichung der (Tutoren der Schule 1, Mechanik) 67

Tabelle 11: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees der Schule 1, Mechanik) 67
Tabelle 12: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 1 Mechanik) 68
Tabelle 13: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren der Schule 2, Mechanik) 68
Tabelle 14: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 2, Mechanik) 69
Tabelle 15: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees der Schule 2, Mechanik) 69
Tabelle 16: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 2, Mechanik) 70
Tabelle 17: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren der Schule 3, Mechanik) 71
Tabelle 18: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 3, Mechanik) 71
Tabelle 19: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees der Schule 3, Mechanik) 72
Tabelle 20: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 3, Mechanik) 72
Tabelle 21: kritische t-Werte und p-Werte (Tutoren gesamt, Magnetismus) 73
Tabelle 22: Mittelwert und Standardabweichung der Tutoren gesamt (Magnetismus) 74
Tabelle 23: kritische t-Werte und p-Werte (Tutees gesamt, Magnetismus) 75
Tabelle 24: Mittelwert und Standardabweichung der Tutees gesamt (Magnetismus) 75
Tabelle 25: kritische t- und p-Werte (Tutoren der Schule 1, Magnetismus) 76
Tabelle 26: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 1, Magnetismus) 76
Tabelle 27: kritische t- und p-Werte (Tutees der Schule 1, Magnetismus) 77
Tabelle 28: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 1, Magnetismus) 77
Tabelle 29: kritische t- und p-Werte (Tutoren der Schule 2, Magnetismus) 78
Tabelle 30: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 2, Magnetismus) 79
Tabelle 31: kritische t- und p-Werte (Tutees der Schule 2, Magnetismus) 79
Tabelle 32: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 2, Magnetismus) 80
Tabelle 33: kritische t- und p-Werte (Tutoren der Schule 3, Magnetismus) 80

Tabelle 34: Mittelwert und Standardabweichung (Tutoren der Schule 3, Magnetismus)..... 81
Tabelle 35: kritische t- und p-Werte (Tutees der Schule 3, Magnetismus) 81
Tabelle 36: Mittelwert und Standardabweichung (Tutees der Schule 3, Magnetismus)..... 82
Tabelle 37: Vergleich der richtigen Antworten der Vor- und Nachtests 86
Tabelle 38: Vergleich der richtigen Antworten der Vor– und Nachtests 87
Tabelle 39: Effektstärken der Tutoren und Tutees beim Thema Magnetismus ... 88
Tabelle 40: Effektstärken der Tutoren und Tutees beim Thema Mechanik 88

12. Abstract

12.1. Abstract (Deutsch)

In dieser hier vorliegenden Diplomarbeit wird die Lernwirksamkeit von Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) im Unterrichtsfach Physik erforscht und dokumentiert. Unter CAPT wird eine Unterrichtsmethode verstanden, bei der ältere Schülerinnen und Schüler (Tutoren) jüngere (Tutees) unterrichten.

Es gibt bereits einige Studien, die sich mit der Lernwirksamkeit von CAPT beschäftigen. Korner (2015) stellte einen Bezug zu den Naturwissenschaften her, indem in ihrer Arbeit erforscht wurde, welchen Einfluss CAPT auf den Wissenserwerb bei den Themen Optik und Elektrizitätslehre hat. Resultierend aus den Erkenntnissen wurde Cross-Age Peer Tutoring anhand zwei weiterer Themen aus Magnetismus und Mechanik, erprobt und analysiert. An der Forschung nahmen insgesamt 71 Tutoren und 135 Tutees teil, die Interventionen erfolgten klassenweise. Der Wissensfortschritt wurde anhand von Prä- und Posttests evaluiert und Effektstärken wurden ermittelt. Es wurden Effektstärken von 1,27-1,66 beobachtet, und zwar sowohl für die Tutees, als auch für die Tutoren. Es konnte also gezeigt werden, dass beide Gruppen von dieser Unterrichtsmethode profitieren.

12.2. Abstract (Englisch)

In this diploma thesis, the learning effectiveness of cross-age peer tutoring (CAPT) in physics is evaluated and documented. CAPT is a teaching method in which older students (tutors) teach younger ones (tutees).

The learning effectiveness of CAPT has already been investigated in several studies and meta-analyzes. Korner (2015) conducted a study in some contexts of natural sciences when she investigated the influence of CAPT on the increase of knowledge in the fields of optics and electricity in her dissertation. Based on the findings of her research, Cross-Age Peer Tutoring was tested and analyzed in the context of two further topics, magnetism and mechanics. A total of 71 tutors and 135 participated in this study, and the interventions. The academic achievement was evaluated on the basis of pre- and post-tests and effect sizes were determined.

Effect sizes of 1.27-1.66 were calculated, including the tutees and for the tutors. It was shown that both groups benefit from this teaching method.

13. Anhänge

13.1. Anhang A

1) Torschuss „Elfmeterschießen“

Was brauchst du?

- Ball für Fußballtisch
- 3 Stifte (Begrenzung des Tores und „Stürmer“)

Wie gehst du vor?

1) Bilde mit zwei Stiften eine Begrenzung die als Tor dienen soll.
2) Lege zunächst den Ball mit einem Abstand von etwa 20 cm zentral vor das Tor (siehe Abb.20, links).
3) Gib dem Ball nun mit einem Stift einen Stoß und versuche die Mitte des Tores zu treffen.

Zeichne die Bewegungsbahn des Balles in Abbildung 1, rechts ein

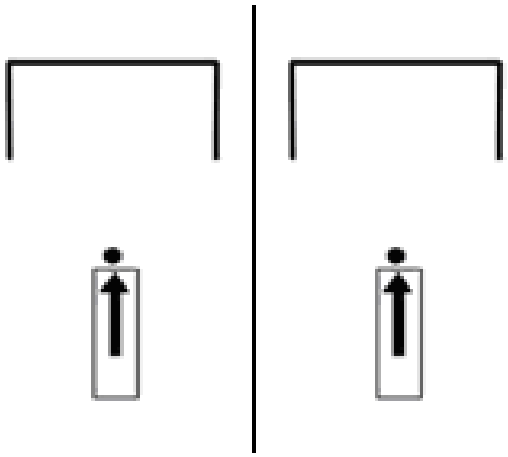

Abbildung 20: Stoß aus dem Münchner Mechanikkonzept (Waltner, C. et al., 2007, S.10)

Beschreibe mit wenigen Sätzen, was du siehst.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2) Torschuss nach Flanke

Was brauchst du?

- Ball für Fußballtisch
- 3 Stifte

Wie gehst du vor

Aufgabe 1

1) Bilde mit zwei Stiften eine Begrenzung die als Tor dienen soll.
2) Rolle nun den Ball parallel zum Tor.
3) Wenn der Ball nun die Mitte des Tores erreicht, gib ihm mit dem Stift einen Stoß und versuche das Tor zu treffen (siehe Abb.2, links).

Zeichne die Bewegungsbahn des Balles in Abbildung 21, rechts ein.

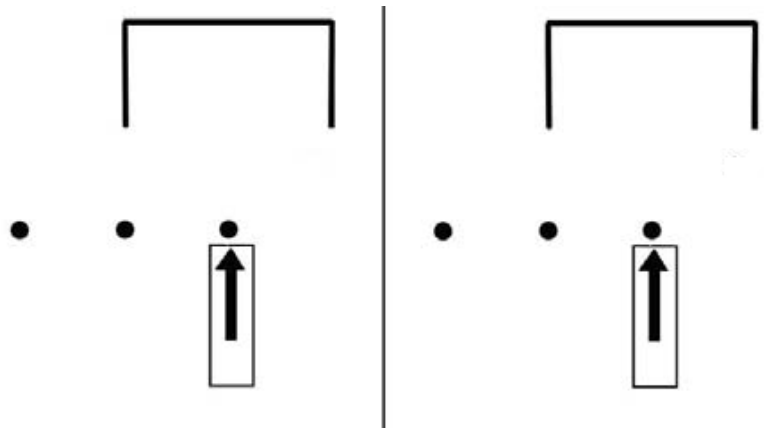

Abbildung 21: Schuss nach Flanke, Münchner Mechanikkonzept (vgl. Waltner, C. et al., 2007, S.10)

Beschreibe kurz, was du siehst:

_____

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 2 (Zusatz)

1) Wiederhole den Versuch von Aufgabe 1 und verändere dabei die Stoßrichtung. Versuche damit, das Zentrum (die Mitte) des Tores zu treffen.

Skizziere nun die Richtung des Stoßes und Zeichne das in Abb. 22, rechts ein. Die Mentorin, der Mentor hilft dir dabei, wenn du Schwierigkeiten hast.

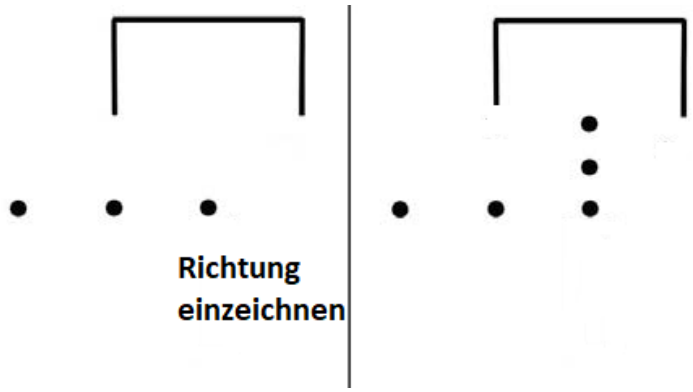

Abbildung 22: Das Tor in der Mitte treffen (vgl. Waltner, C. et al., 2007, S.10)

Hilfestellungen und Erklärungen zu Versuch 1 und 2

Was soll man sehen?

Beim ersten Versuch landet der Ball im Tor, beim zweiten Versuch allerdings nicht, wenn der Stoß mit dem Stift nicht zu stark war.

Erklärung:

In der Physik muss beim Begriff „Geschwindigkeit“ aufgepasst werden, denn damit werden die Informationen Tempo und Richtung zusammengefasst. Die Richtung der Geschwindigkeit lässt sich als Pfeil (Geschwindigkeitspfeil) darstellen und entspricht der Richtung der Bewegung, das Tempo entspricht der Länge des Pfeiles (Waltner et.al.2007).

Der Ball landet beim 2. Versuch nicht im Tor. Der Grund ist, dass der Ball nach dem Stoß die Bewegung in Anfangsrichtung beibehält (Abb. 23., blauer Pfeil) und eine Bewegung in die Richtung des Stoßes ausführt (schwarzer Pfeil). Dabei wird die Geschwindigkeit vor dem Stoß Anfangsgeschwindigkeit genannt, die Geschwindigkeit nach dem Stoß heißt Endgeschwindigkeit.

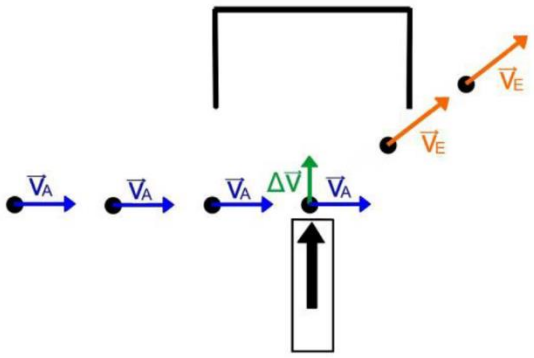

Abbildung 23: Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit, vgl. Münchner Mechanikkonzept. (Waltner, C. et al., 2007, S.11)

Durch den Stoß erfährt der Fußball eine weitere Geschwindigkeit in Stoßrichtung, die sogenannte Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$, in grün eingezeichnet. Letztendlich beobachtet man eine Endgeschwindigkeit $\vec{v}_E$, die sich aus der Anfangsgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit zusammensetzt. Das kann man sich so vorstellen, dass sich der Tischfußball – Ball gleichzeitig mit der Anfangsgeschwindigkeit nach rechts bewegt und mit der Zusatzgeschwindigkeit in Richtung des Tors. Der Ball rollt am Tor vorbei (Waltner et.al.2007).

Um die Richtung der Endgeschwindigkeit zu erhalten, muss man die Anfangsgeschwindigkeit und die Zusatzgeschwindigkeit zusammensetzen. Man muss also den Pfeil der Anfangsgeschwindigkeit mit dem Schaft (unteres Ende) der Zusatzgeschwindigkeit verbinden. Die Richtung der Endgeschwindigkeit ergibt sich aus der Verbindung des Pfeilfußes der Anfangsgeschwindigkeit mit der Spitze der Zusatzgeschwindigkeit (Abbildung 24, rechts unten).

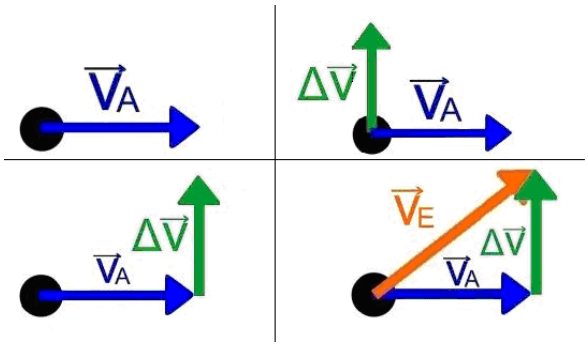

Abbildung 24: Konstruktion der Endgeschwindigkeit, Münchner Mechanikkonzept (Waltner, C. et al., 2007, S.12)

Um den rollenden Tischfußball – Ball in das Tor zu befördern, muss man die Richtung des Stoßes und der damit verbundenen Richtung der Zusatzgeschwindigkeit ändern. Nun sind die Richtung der Anfangsgeschwindigkeit und der Endgeschwindigkeit vorgegeben und man muss die Zusatzgeschwindigkeit ermitteln. Diese erhält man, indem man beide Spitzen miteinander verbindet, siehe Abbildung 25 (vgl. Waltner, C. et al, 2007, S.12ff.)

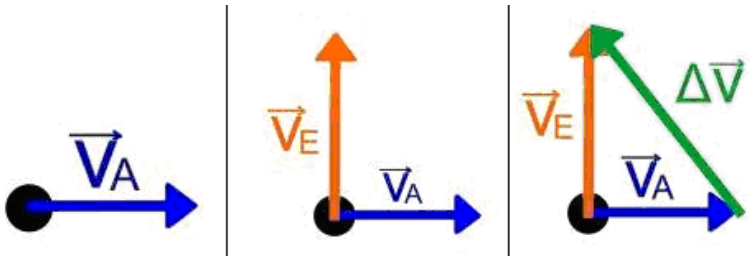

Abbildung 25: Ermittlung der Zusatzgeschwindigkeit, Münchner Mechanikkonzept (Waltne C. et al., 2007, S.12)

3) Resultierende Geschwindigkeitsrichtung: Einflussgrößen

Aufgabe 1: Einfluss der Kraft

Was brauchst du?

- Ball für Fußballtisch
- Karton
- Federpennal

Wie gehst du vor?

1. Baue dir eine Rampe. Nutze dafür den Karton und ein Federpennal.
2. Lass nun den Ball von der Rampe rollen und gib ihm einen leichten Stoß mit einem Stift. Merke dir die Richtung der Endgeschwindigkeit.
3. Wiederhole nun den Versuch, und übe an der selben Stelle des Balles einen stärkeren Stoß aus.

Beschreibe, welche Unterschiede du bei den Richtungen der Endgeschwindigkeit bemerkt hast.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 2: Einfluss der Masse

Was brauchst du?

- Tischtennisball
- Tischfußball-Ball
- Strohhalm
- Papier / Karton
- Federpennal

Wie gehst du vor?

1) Baue zunächst mittels Karton und Federpennal eine Rampe, von der aus du den jeweiligen Ball losrollen lässt.
2) Lasse zuerst den Tischtennisball losrollen.
3) Übe nun mittels Strohhalm per Luftstoß einen Impuls auf den Tischtennisball aus und merke dir die Richtung der Endgeschwindigkeit.
4) Wiederhole nun den Versuch mit dem Tischfußball-Ball.

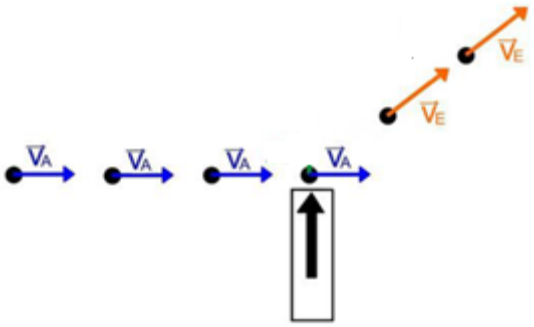

Abbildung 26: Versuchsskizze, Münchner Mechanikkonzept (Waltner, C. et al., 2007, S.10)

Notiere, was du bemerken konntest.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 3

Was brauchst du?

- Tischtennisball
- 2 Strohhalm

Wie gehst du vor?

1) Baue zunächst mittels Karton und Federpennal eine Rampe, von der aus du den jeweiligen Ball losrollen lässt.
2) Lasse den Tischtennisball losrollen.
3) Übe nun mittels Strohhalm per Luftstoß einen Impuls auf den Tischtennisball aus.
4) Wiederhole den Versuch, benutze aber 2 Strohhalme direkt nebeneinander. Die Mentorin, der Mentor kann dir dabei helfen.

Notiere, was du bemerkt hast.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

3) Resultierende Geschwindigkeitsrichtung: Einflussgrößen

Was soll man sehen

Die Endgeschwindigkeit eines Körpers (Tischtennisball, Tischfußball–Ball) hängt von der Zusatzgeschwindigkeit ab. Diese ist von der Einwirkungsstärke, der Masse des Körpers und von der Einwirkungsdauer abhängig.

-) Der Tischtennisball wird stärker abgelenkt, wenn der Luftstoß zweier Strohhalme wirkt.

-) Der Tischtennisball wird stärker abgelenkt, als der Tischfußball–Ball

-) Der Ball wird stärker abgelenkt, wenn der Stoß stärker ist.

Das stammt aus dem Münchner Mechanikkonzept und sind wesentliche Lerninhalte (Waltner C. et al., 2007).

Erklärung

Es gilt: *Je länger die Einwirkungsdauer einer Kraft ist, die auf einen Gegenstand ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält* (Waltner C. et al., 2007, S.18). Der Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit wird also länger – der Gegenstand wird stärker abgelenkt.

Je größer die Masse eines Gegenstands ist, auf den eine Kraft ausgeübt wird, desto kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält (Waltner C. et al., 2007, S.19). Der massivere Körper wird nicht so stark abgelenkt.

Je größer die Einwirkungsstärke einer Kraft ist, die auf einen Körper ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit die der Körper erhält (Waltner C. et al., 2007, S.17). Der Körper wird stärker abgelenkt.

13.2. Anhang B

1) Welche Dinge zieht ein Stabmagnet an?

Was brauchst du?

- Stabmagnet
- Gegenstände aus der Materialschachtel (z.B. Aluminiumstück, Glas, Holz, Eisen, etc.)
- Eventuell Gegenstände aus dem Klassenzimmer.

Wie gehst du vor?

1) Wähle einen Gegenstand aus, den du auf „Magnetisierbarkeit“ untersuchen willst.
2) Schreibe den Gegenstand in die erste Spalte der unten folgenden Tabelle.
3) Bestimme jeweils das Material des Gegenstandes und vermute, ob er vom Stabmagneten angezogen wird. Trage beides in die Tabelle ein. Der Tutor steht für Fragen bereit, falls du das Material nicht bestimmen kannst.
4) Überprüfe deine Vermutungen nun mit einem Stabmagneten und halte das in der rechten Spalte fest.

Gegenstand	**Material**	**Vermutung: Wird der Gegenstand angezogen?**	**Experimenteller Nachweis: Wurde der Gegenstand angezogen?**

Stelle eine Vermutung auf, welche Dinge beziehungsweise welche Stoffe tatsächlich von Stabmagneten angezogen werden. Halte das mit wenigen Sätzen unterhalb best.

1) Welche Dinge zieht ein Stabmagnet an?

Was soll man sehen?

Magnete üben auf manche Gegenstände eine Kraft aus, auf manche allerdings nicht. Wichtig: Die magnetische Kraft wirkt nicht auf alle Metalle. Es werden nur bestimmte Metalle beziehungsweise Legierungen angezogen.

Erklärung

Magnete üben auf Gegenstände eine Kraft aus, wenn diese aus Eisen, Nickel, Kobalt oder bestimmten Legierungen bestehen. Diese Stoffe nennt man auch ferromagnetische Stoffe. Diese haben die Eigenschaft, dass sich Elementarmagnete im Magneten in bestimmten Bereichen gleichartig ausrichten (Gollenz et al., 2014).

Bei magnetisierbaren Stoffen bilden die Elementarmagnete kleine Gruppen, beziehungsweise Bereiche (sogenannte Domänen). Sind benachbarte Bereiche entgegengesetzt magnetisiert, so heben sich die Magnetkräfte auf. Wirkt jedoch ein äußeres Magnetfeld auf diese Domänen ein, so vergrößern sie sich und richten sich nach diesem Magnetfeld aus. Je größer die ausgerichteten Bereiche sind, desto stärker wirkt die magnetische Kraft – ein (Permanent)-Magnet ist entstanden (Apolin, 2018). Diese Bereiche nennt man auch Weiß´sche Bezirke, benannt nach dem französischen Physiker Pierre-Ernest Weiss.

In diesem Experiment wird Kupfer nicht angezogen, jedoch aber die „Kupfermünzen“. Grund: Die 1–5 Cent-Münzen bestehen aus einem Eisenkern. Dieser ist ferromagnetisch und somit kann die Magnetkraft wirken.

2) Wirkung zweier Magnete aufeinander

Was brauchst du?

- 2 Stabmagnete

Wie gehst du vor?

1) Lege einen Stabmagneten auf den Tisch.
2) Schiebe nun einen zweiten Stabmagneten in die Richtung des bereits liegenden Magneten. Was kannst du beobachten?
3) Drehe nun einen der beiden Stabmagneten um und wiederhole den Versuch. Was kannst du jetzt beobachten?
4) Nimm nun beide Magnete in die Hand und wiederhole die beiden Versuche.

Formuliere nun deine Vermutung, wie zwei Magnete aufeinander wirken und halte das schriftlich fest.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2) Wirkung zweier Magnete aufeinander

Was soll man sehen?

Bewegt man einen Stabmagneten in die Richtung eines anderen, so ziehen sie sich an, oder sie stoßen sich ab. In unserem Experiment sind die Enden des Magneten mit zwei verschiedenen Farben gekennzeichnet. Enden mit der gleichen Farbe stoßen einander ab, Enden mit einer verschiedenen Farbe ziehen einander an.

Erklärung

Die Enden der Magnete werden Pole genannt. Jeder Magnet hat einen Nordpol und einen Südpol. Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen einander an (Apolin, 2018). Die Pole können durch zwei verschiedene Farben gekennzeichnet sein, das muss aber nicht immer der Fall sein. Einfärbige, beziehungsweise unbemalte Magnete sind auch weit verbreitet.

Zusatz (falls Fragen diesbezüglich auftreten):

Magnete besitzen immer zwei Pole, gibt also keine „Monopole“. Das ist auf die Überlegungen der Weiß`schen Bezirke zurückzuführen. Ein zerbrochener Magnet besitzt immer noch einen Nordpol und einen Südpol. Die Größe der Bruchstücke spielen dabei keine Rolle, siehe Arbeitsblätter der Elementarmagnete (Pieler, 2018).

3) Reichweite von Magneten

Was brauchst du?

- Stabmagnet
- Büroklammer
- Lineal oder Geodreieck
- Hufeisenmagnet

Wie gehst du vor?

1) Lege zunächst eine Büroklammer auf den Tisch.
2) Nimm nun ein Lineal oder Geodreieck, sodass die Markierung der „0“ bei der Büroklammer beginnt.
3) Nimm nun einen Stabmagneten und nähere diesen der Büroklammer an. Dabei ist wichtig, dass sich der Stabmagnet vom anderen Ende des Lineals/Geodreieck annähert.
4) Stoppe sofort, wenn sich die Büroklammer in Bewegung versetzt wird und lies ab, wie weit der Stabmagnet von der „0er-Markierung“ entfernt ist.
5) Drehe den Stabmagneten um und wiederhole das Experiment.
6) Wiederhole den Versuch nun mit einem Hufeisenmagneten.

Schreibe deine Beobachtungen in wenigen Sätzen auf und gehe dabei insbesondere auf deine Vermutungen bezüglich der Reichweite von Magneten ein. (Wirken sie auch auf große Entfernungen oder nur in unmittelbarer Nähe, ist der „Kraftbereich“ bei allen Magneten gleich groß?)

_____

_____

_____

_____

3) Reichweite von Magneten

Was soll man sehen?

Die Büroklammer wird bereits bei einer größeren Entfernung des Stabmagneten bzw. des Hufeisenmagneten in Bewegung versetzt. Bei Stabmagneten sollte sich die Büroklammer bei beiden Polen etwa bei der gleichen Entfernung bewegen, bei Hufeisenmagneten ist die Reichweite größer.

Erklärung

Wahrnehmung: Ein Magnet ist von einem Kraftfeld umgeben. Und die Magnetkraft wirkt bereits aus der Entfernung. Je größer und stärker der Magnet ist, desto weiter wirkt seine Kraft. Das Gebiet um den Magneten, in dem die magnetische Kraft wirkt, heißt Magnetfeld. Die magnetische Kraft ist an den Polen am stärksten und wird mit der Entfernung immer schwächer (Apolin, 2018; Gollenz et al., 2014).

Vorsicht: Die Entfernung hört nicht abrupt auf – die magnetische Kraft wird aber geringer.

Physikalische Sichtweise: Die anziehende (oder abstoßende) Kraft wirkt unendlich weit, auch wenn sie ab einer bestimmten Entfernung nicht mehr messbar ist (Schecker et al., 2018).

Warum bewegt sich die Büroklammer nicht mehr ab einer gewissen Entfernung zum Stabmagneten?

Die Reibungskraft (Büroklammer–Tischoberfläche) kompensiert die Anziehungskraft des Stabmagneten. Erst wenn die Anziehungskraft des Stabmagneten größer ist, als die Reibungskraft, so wird die Büroklammer in Bewegung versetzt (Schecker et al., 2018). Bei glatten Oberflächen werden die Büroklammern also bei einer größeren Entfernung des Magneten angezogen.

4) Wovon hängt die Magnetkraft ab?

Was brauchst du?

- Stabmagnet, Hufeisenmagnet, Knopfmagnet
- Büroklammern
- Schale, in der die Büroklammern liegen

Wie gehst du vor?

1) Führe ein Ende eines Stabmagneten in eine Schale, die mit Büroklammern gefüllt ist und zähle (bzw. notiere) die Anzahl der haften gebliebenen Büroklammern.
2) Wiederhole das mit dem anderen Ende des Stabmagneten.
3) Versuche nun, mit der Mitte des Stabmagneten Büroklammern anzuheben. Bewege ihn hierfür waagrecht Richtung Büroklammern.
4) Tausche nun den Magneten aus und wiederhole die Versuche.

Halte fest, was du gesehen hast und beschreibe insbesondere, an welchen Bereichen die magnetische Kraft am stärksten sein könnte und von welchen weiteren Faktoren die Magnetkraft abhängt.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

4) Wovon hängt die Magnetkraft ab?

Was soll man sehen?

Die meisten Büroklammern haften an den Polen des Stabmagneten. Zudem sind nicht alle Magnete gleich stark. Die Stärke hängt von der Form, der Größe und vom Material ab.

Erklärung

Die Anziehungskraft ist an den Polen am stärksten, in der Mitte haften weniger Büroklammern. Bei einem Hufeisenmagnet wirkt die Magnetkraft viel stärker, da sich die Kraft beider Pole auswirkt (Apolin, 2018).

Weiters beeinflusst das Material die Stärke von Magneten. Neodym–Magnete (genauer gesagt Dauermagnete aus einer Neodym-Eisen-Bor-Legierung) sind derzeit die stärksten Dauermagnete am Markt. Selbst kleine Exemplare üben eine größere Kraft als gewöhnliche Stabmagnete (Legierung aus Eisen, Nickel, Kobalt) aus (Supermagnete.at).

Vorsicht: Stoßen Neodym-Magnete zusammen, so können Verletzungen wie Quetschungen verursacht werden.

Wenn Magnete die selbe Form haben und aus dem selben Material bestehen, dann beeinflusst die Größe die Magnetstärke (es haften mehr Büroklammern). In diesem Fall gilt: Je größer ein Magnet ist, desto stärker ist er (Apolin, 2018).

5) Magnetische Kraft abgeschirmt werden?

Was brauchst du?

- Büroklammer
- Stabmagnet
- Eisen-, Kupfer-, Aluminiumplatte,

Wie gehst du vor?

1) Lege eine Büroklammer unter eine Kupferplatte.
2) Halte einen Stabmagneten an die Platte und versuche die Büroklammer zu bewegen.
3) Wiederhole den Versuch mit anderen Platten (anderes Material).

Stelle eine Vermutung auf, ob und wie die Kraft eines Stabmagneten abgeschirmt werden kann und halte diese schriftlich fest.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

5) Kann die magnetische Kraft abgeschirmt werden?

Was soll man sehen?

Hält man einen Magneten an eine Kupferplatte, so wird die Büroklammer angezogen. Bewegt man nun den Magneten, so kann die Büroklammer bewegt werden. Weiters sieht man, dass man die Magnetkraft mit Stoffen wie Aluminium, Kupfer, Papier, Plastik usw. nicht abschirmen kann – mit ferromagnetischen Stoffen allerdings schon.

Erklärung

Die Magnetkraft kann bestimmte Materialien durchdringen. In diesem Experiment durchdringt sie Kupfer, Aluminium, Papier und zum Beispiel Holz.

Generell werden nicht ferromagnetische Stoffe von der Magnetkraft durchdrungen. Aber Materialien, die selbst ferromagnetisch sind, schirmen von der magnetischen Kraft ab (Apolin, 2018; Gollenz et al., 2014).

6) Ist die Magnetkraft übertragbar?

Was brauchst du?

- Stabmagnet, Hufeisenmagnet
- Büroklammern
- Eventuell Stahlstift

Wie gehst du vor?

1) Halte einen Stabmagneten in einer Hand, sodass er nach unten zeigt. Halte nun eine Büroklammer an diesen Magneten.
2) Lasse nun die Büroklammer los.
3) Halte eine weitere Büroklammer an das untere Ende der Büroklammer.
4) Entferne nun den Stabmagneten.

Skizziere zunächst, was du siehst und beschreibe dies kurz.

6) Ist die Magnetkraft übertragbar?

Was soll man sehen?

Die Büroklammer bleibt an der ersten Büroklammer haften, solange er mit dem Magneten „verbunden“ ist. Entfernt man nun den Magneten, so fällt die Büroklammer nach einer Zeit zu Boden.

Erklärung

„Der Stabmagnet überträgt die Magnetkraft auf die Büroklammer, sodass auch weitere Büroklammern angezogen werden können“. Genauer gesagt wird die Büroklammer vom Stabmagneten magnetisiert, sodass ein „neuer“, schwächerer Magnet entsteht. Entfernt man den Stabmagneten, so verliert die Büroklammer die Magnetkraft wieder (aber nicht vollständig). Es bleiben weniger Büroklammern haften Dies lässt sich wieder mittels Weiß`scher Bezirke erklären. Sind benachbarte Domänen entgegengesetzt magnetisiert, so heben sich die Magnetkräfte auf. Wirkt jedoch ein Magnetfeld auf diese Domänen ein, so vergrößern sie sich und richten sich nach dem Magnetfeld aus. Jie größer die ausgerichteten Bereiche sind, desto stärker wirkt die magnetische Kraft. Bei der ersten Büroklammer richten sich also die Domänen aus, wenn dieser vom Magneten berührt wird, sodass dieser ebenfalls eine Magnetkraft ausüben kann. Entfernt man nun den Stabmagneten, so nimmt die Ausrichtung der Domänen ab, die magnetische Kraft lässt nach, aber nicht vollständig – das nennt man Restmagnetismus oder Remanenz (Apolin, 2018; Gollenz et al., 2014).

13.2.1. Arbeitsblätter von Pieler (2018)

Diese Arbeitsblätter wurden von Pieler (2018), S.95-97, übernommen und leicht überarbeitet/umformatiert

Arbeitsblatt Magnetismus

(Pieler, 2018, S.95-97)

ELEMENTARMAGNETE

1. Lest euch den folgenden Informationstext durch und markiert das Wichtigste!

2. Bearbeitet gemeinsam die Aufgaben am Ende!

3. Besprecht wie eure Ergebnisse mit dem Text zusammenpassen!

Text Elementarmagnete

Alle Magnete bestehen aus einem Nordpol und einen Südpol. Im Bereich der Pole ist die magnetische Kraft am größten. Zwischen zwei Magneten können anziehende und abstoßende Kräfte auftreten. Gleichnamige Pole stoßen sich ab und ungleichnamige Pole ziehen einander an. Zwischen einem Magneten und Gegenständen, die Eisen, Nickel, oder Cobalt enthalten, gibt es eine starke magnetische Anziehung. Diese Stoffe nennt man ferromagnetische Stoffe. Körper, bestehend aus Eisen, Nickel oder Cobalt, können magnetisiert werden. Dazu muss man mehrmals mit einem Pol eines Magneten über den zu magnetisierenden Gegenstand streichen. Es ist zu beachten, dass man stets in die gleiche Richtung streicht (Barmeier, M., Boldt, J., Ciprina, H. J., 2009).

Es gilt: „Körper, die von Magneten angezogen werden, sind auch selbst magnetisierbar.“ (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013)

Experiment: In diesem Experiment wird ein magnetisierter Nagel auseinander-geschnitten und dabei in zwei Hälften geteilt. Es stellen sich nun die Fragen, ob der Nagel noch magnetisch ist und ob die beiden Stücke noch zwei Pole haben. Macht man das Experiment, so sieht man, dass die beiden Teile des Nagels magnetisch sind und jedes Teilstück sowohl Nordpol als auch Südpol hat. Man könnte ein Teilstück des Nagels nochmals teilen. In der nebenstehenden Abbildung siehst du dieses

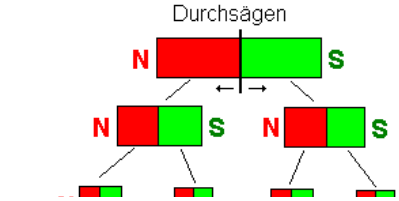

Abbildung 27: (Fachportal-Physik, 2017)

Prinzip bei einem Stabmagneten, der in der Mitte geteilt wird.

Der Vorgang lässt sich beliebig oft wiederholen. Doch wie oft kann man den Nagel nun teilen, gibt es eine Grenze?

Ja, die gibt es. Man stellt sich vor, dass Magnete aus sehr vielen, sehr kleinen und nicht weiter teilbaren Magneten, den sogenannten **Elementarmagneten**, bestehen. Hier siehst du ein nicht magnetisches Material. In einem nicht magnetischen Material sind die kleinen Elementarmagnete ungeordnet und heben sich in ihrer magnetischen Wirkung auf.

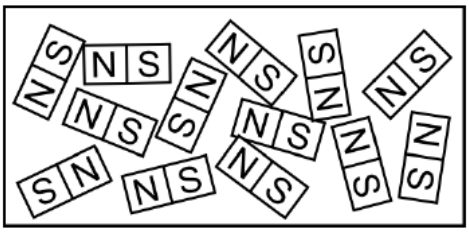

Abbildung 28: (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013)

Der ferromagnetische Stoff hat hier als Ganzer keine magnetischen Pole. Streicht man mit einem Magneten den ferromagnetischen Stoff entlang, so richten sich die Elementarmagnete größtenteils aus. Dadurch verstärken die Elementarmagnete ihre Wirkung und der ferromagnetische Stoff bildet Pole aus.

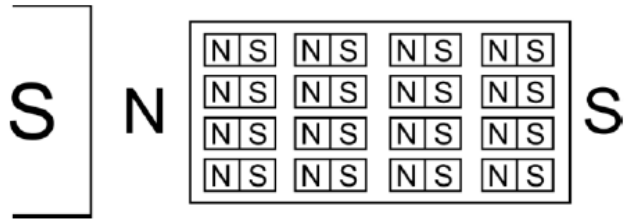

Abbildung 29: (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013)

Teilt man den magnetisierten Stoff, so bleibt die Ausrichtung der Elementarmagnete bestehen. Beide Pole sind, wie in der Abbildung dargestellt, in beiden Bruchstücken vorhanden.

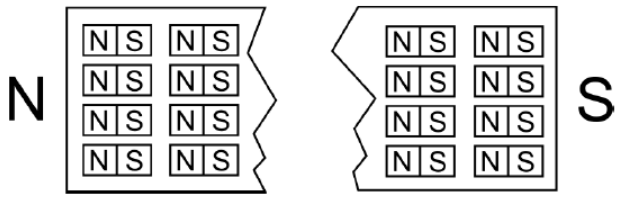

Abbildung 30: (Guse, C., Noble, E., Schneiderbauer, L., Kramer, P., Liebel, V., 2013)

Durch Erhitzung oder starke mechanische Einwirkung wird die Ordnung der Elementarmagnete wieder zerstört. Der ferromagnetische Stoff hat dann seine

Magnetisierung verloren. Man sagt er ist entmagnetisiert (Barmeier, M., Boldt, J., Ciprina, H. J., 2009).

Wichtig ist: Es gibt keine magnetischen Monopole. Magnete haben immer zugleich einen Nordpol **und** einen Südpol.

Frage 1:

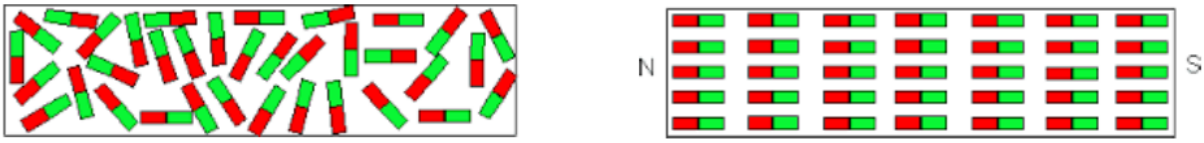

Abbildung 31: (Brinkman)

Betrachte die Abbildung, die oberhalb dargestellt ist. Beschreibe mit wenigen Sätzen, was in den Bildern rechts und links zu sehen ist. Was ist passiert?

_____
_____
_____
_____
_____

Frage 2:

Gegeben sind 5 Aussagen. Kreuze an, ob diese richtig oder falsch sind!

Aussage	**richtig**	**Falsch**
In einem magnetischen Material sind die Elementarmagnete größtenteils ausgerichtet.		
Es gibt Magnete, die nur einen Pol haben.		
Körper aus Eisen, Nickel und Kobalt sind magnetisierbar.		
Ist ein magnetisiertes Material einmal magnetisch, so bleibt es für immer magnetisch.		
Teilt man einen Magneten in der Hälfte, so haben beide Teile jeweils einen Nordpol und einen Südpol.		

13.3. Anhang C

Fragebogen zur Mechanik

Name (Code):_____

Liebe Schülerinnen, liebe Schüler

Alle Antworten werden anonym behandelt und werden nicht benotet. Versuche aber bitte dennoch, die einzelnen Fragen möglichst genau zu beantworten. Vielen Dank für deine Mithilfe!

1) Die Abbildung 1 zeigt eine Scheibe, die mit konstanter Geschwindigkeit auf einer reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch) von Punkt „a“ nach Punkt „b“ gleitet. Wenn die Scheibe „b“ erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen „Kick“ (Stoß) in Richtung des dicken Pfeils.

Abbildung 32: Konstante Geschwindigkeit der gleitenden Scheibe (Wilhelm et al., 2009, S.12)

Betrachte nun die Bahnkurven in Abbildung 2, die die Bewegung der Scheibe nach dem Stoß beschreiben**.** Welche Bahnkurve entspricht unser Sachverhalt? **Kreuze den entsprechenden Buchstaben an.**

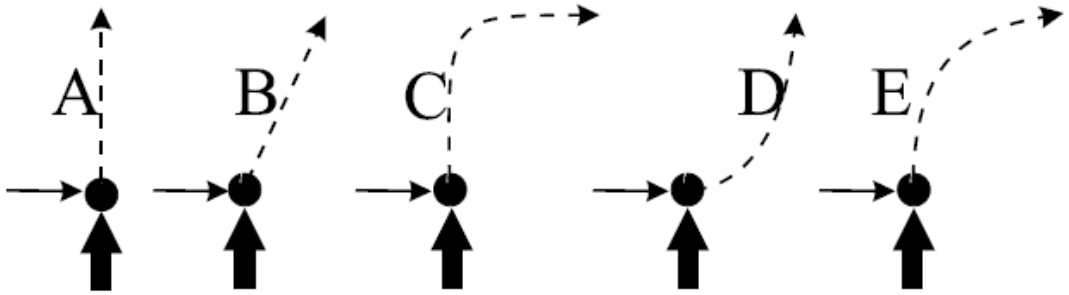

Abbildung 33: Bewegungskurven nach dem Stoß (Wilhelm et al., 2009, S.12)

2) Wie groß ist das Tempo der Scheibe, nachdem sie den „Kick“ bekommen hat (Wilhelm et al., 2009, S.12)?
   - Gleich groß wie das Tempo v_0 vor dem „Kick“.
   - So groß wie das Tempo v, das von dem „Kick“ bewirkt wird und unabhängig von v_0 ist.
   - So groß wie die Summe von v_0 und v.
   - Kleiner als v_0 und auch als v.
   - Größer als v_0 und auch als v, aber kleiner als die Summe der beiden.

3) Von welchen Faktoren hängt das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit ab. Welche Einflussfaktoren kann man verändern, um die Scheibe stärker abzulenken. Liste alle dir bekannten Faktoren auf!

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

4) Ausgehend von Frage 3): Beschreibe mögliche Experimente, wie man diese Faktoren herausfinden kann!

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5) Die Zeichnung in Abbildung 30 zeigt den Ort des Mondes zu zwei Zeitpunkten, die ungefähr sieben Tage auseinander liegen. Welche Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ erhält der Mond in diesen sieben Tagen? Bitte ankreuzen.

BITTE ANKREUZEN (es ist nur eine Antwort richtig)

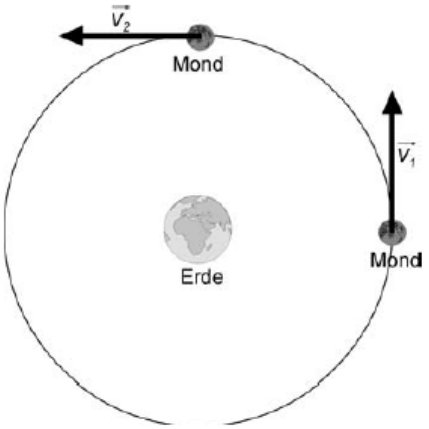

Abbildung 35: Mondbahn (Wilhelm et al., 2009, S.11)

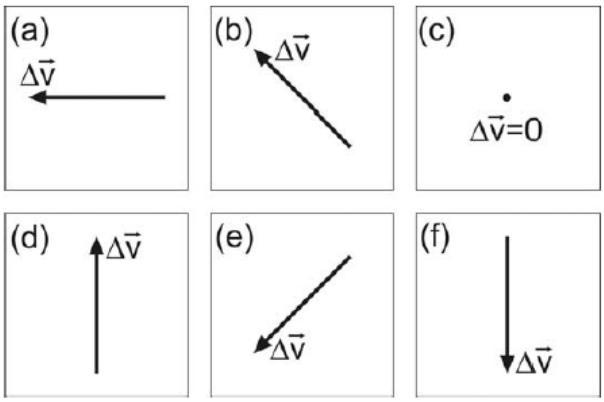

Abbildung 34: Antwortmöglichkeiten (Wilhelm et al., 2009, S.11)

13.4. Anhang D

Fragebogen zum Magnetismus

Name (Code):_____

Liebe Schülerinnen, liebe Schüler

Alle Antworten werden anonym behandelt und werden nicht benotet. Versuche aber bitte dennoch, die einzelnen Fragen möglichst genau zu beantworten. Vielen Dank für deine Mithilfe!

Kreuze die richtige(n) Antworten an, Es kann auch sein, dass mehrere Antworten zutreffen!

1) Aus welchen Stoffen muss ein Gegenstand bestehen, um von Stabmagneten angezogen zu werden?

	Alle Arten von Metallen werden angezogen
	Eisen
	5 Cent – Münze
	Kupferdraht
	Gummi (etwa Radiergummi)
	Holz
	Hartplastik (z.B. Lineal)
	Aluminium
	Nickel
	Kobalt

2) Wie nennt man die Enden eines Magneten?

_____

3) Was passiert, wenn man einen Magneten teilt?

_____

_____

_____

4) Du näherst die Enden zweier Stabmagnete einander an. Dabei erkennst du folgendes:

	Beide Stabmagnete ziehen einander immer an, unabhängig von der Ausrichtung.
	Zwei gleiche Pole ziehen einander an.
	Zwei gleiche Pole stoßen einander ab.
	Zwei ungleiche Pole ziehen einander an.
	Zwei ungleiche Pole stoßen einander ab.
	Es wirkt keine Kraft zwischen zwei Stabmagneten.

5) Wie verhält sich die Magnetkraft eines Stabmagneten mit zunehmender Entfernung?

	Die Magnetkraft endet bei einer gewissen Entfernung plötzlich.
	Die Magnetkraft lässt mit zunehmender Entfernung nach, bis diese verschwunden ist.
	Theoretisch ist die Reichweite eines Magneten unendlich weit.
	Starke Magnete reichen weiter als schwache.

6) Die magnetische Kraft kann durch folgende Stoffe / Materialien abgeschirmt werden.

	Alle Stoffe schirmen die magnetische Kraft eines Stabmagneten ab.
	Ein zweiter Stabmagnet, der verkehrt herum gehalten wird, kann die magnetische Kraft eines Magneten abschirmen.
	Die magnetische Kraft kann nicht abgeschirmt werden.
	Die magnetische Kraft kann durch geladene Körper abgeschirmt werden.
	Nur ferromagnetische Stoffe können die magnetische Kraft abschirmen.

7) a) Kreuze an, ob und mit welchen Materialien die magnetische Kraft übertragen werden kann.

	Die magnetische Kraft kann nicht übertragen werden.
	Alle Materialien übertragen die magnetische Kraft.
	Glas
	Papier
	Eisen
	Aluminium
	Holz
	Nickel

b) **Begründe deine Antwort!**

_____

8) Von welchen Faktoren hängt die Stärke eines Magneten ab.

	Von der Form
	Alle Magnetformen (Ferromagnete) sind gleich stark.
	Vom Material
	Von der Größe

9) Gibt es Bereiche eines Stabmagneten, bei denen die Magnetkraft am größten ist?

	Die magnetische Kraft ist (nur) am magnetischen Nordpol am größten.
	Die magnetische Kraft ist (nur) am magnetischen Südpol am größten.
	Die magnetische Kraft ist an beiden Polen gleich und am größten.
	Die magnetische Kraft ist in der Mitte eines Stabmagneten am größten.
	Die magnetische Kraft eines Stabmagneten ist überall gleich groß.

10) Beschreibe ein Experiment, mit dem man Frage 9) beantworten kann!

_____
_____
_____
_____
_____

11) Beschreibe ein/das Experiment, bei dem man erkennt, ob sich die magnetische Kraft abschirmen lässt. Welche Stoffe verwendet man? Gelingt das Experiment? **(Rückseite)**

13.4.1. Überarbeitetes Testitem

Kreuze die richtige(n) Antworten an, Es kann auch sein, dass mehrere Antworten zutreffen!

1) Aus welchen Stoffen muss ein Gegenstand bestehen, um von Stabmagneten angezogen zu werden?

	Alle Arten von Metallen werden angezogen
	Eisen
	Kupferdraht
	Gummi (etwa Radiergummi)
	Holz
	Hartplastik (z.B. Lineal)
	Aluminium
	Nickel
	Kobalt

13.5. Anhang E: Daten aus Prä- und Posttest

Hier werden die richtig beantworteten Testitems anhand Tabellen dargestellt.

13.5.1. Mechanik

Tutoren gesamt

	Vortest	Nachtest
Item 1	11	27
Item 2	9	19
Item 3	1	13
Item 4	1	10
Item 5	6	9

Tutees gesamt

	Vortest	Nachtest
Item 1	19	44
Item 2	11	26
Item 3	0	15
Item 4	0	12
Item 5	2	8

Schule 1

Tutoren	Vortest	Nachtest
Item 1	6	13
Item 2	5	8
Item 3	0	4
Item 4	0	3
Item 5	2	4

Tutees	Vortest	Nachtest
Item 1	5	11
Item 2	4	8
Item 3	1	5
Item 4	1	5
Item 5	0	3

Schule 2

Tutoren	Vortest	Nachtest
Item 1	2	7
Item 2	2	6
Item 3	0	3
Item 4	0	3
Item 5	2	2

Tutees	Vortest	Nachtest
Item 1	9	17
Item 2	5	8
Item 3	0	6
Item 4	0	3
Item 5	1	2

Anzahl der richtigen Antworten (Vor- und Nachtest)

Schule 3

Tutoren	Vortest	Nachtest
Item 1	3	7
Item 2	2	5
Item 3	1	6
Item 4	1	4
Item 5	2	3

Tutees	Vortest	Nachtest
Item 1	5	16
Item 2	2	10
Item 3	0	4
Item 4	0	4
Item 5	1	3

13.5.2. Magnetismus

Tutoren gesamt

	Vortest	Nachtest
Item 1	12	26
Item 2	28	30
Item 3	19	31
Item 4	24	29
Item 5	1	15
Item 6	3	17
Item 7	11	27
Item 8	2	12
Item 9	21	30
Item 10	11	20
Item 11	5	14
Item 12	3	20

Tutees gesamt

	Vortest	Nachtest
Item 1	3	35
Item 2	22	51
Item 3	5	39
Item 4	21	37
Item 5	4	11
Item 6	8	22
Item 7	4	26
Item 8	12	14
Item 9	21	45
Item 10	5	23
Item 11	2	12
Item 12	0	11

Schule 1

Tutoren	Vortest	Nachtest
Item 1	5	11
Item 2	11	12
Item 3	7	13
Item 4	10	13
Item 5	1	6
Item 6	0	9
Item 7	3	13
Item 8	1	5
Item 9	9	12
Item 10	4	8
Item 11	1	5
Item 12	0	7

Tutees	Vortest	Nachtest
Item 1	3	12
Item 2	8	15
Item 3	1	12
Item 4	9	9
Item 5	0	3
Item 6	3	6
Item 7	4	11
Item 8	6	4
Item 9	6	15
Item 10	1	7
Item 11	0	2
Item 12	0	4

Schule 2

Tutoren	Vortest	Nachtest
Item 1	5	11
Item 2	12	13
Item 3	8	13
Item 4	10	11
Item 5	0	7
Item 6	3	5
Item 7	6	12
Item 8	0	6
Item 9	8	13
Item 10	4	8
Item 11	3	6
Item 12	3	9

Tutees	Vortest	Nachtest
Item 1	0	14
Item 2	8	22
Item 3	4	14
Item 4	8	18
Item 5	2	4
Item 6	1	8
Item 7	0	8
Item 8	3	6
Item 9	9	15
Item 10	2	10
Item 11	2	7
Item 12	0	4

Anzahl der richtigen Antworten (Vor- und Nachtest)

Schule 3

Tutoren	Vortest	Nachtest
Item 1	2	4
Item 2	5	5
Item 3	4	5
Item 4	4	5
Item 5	0	2
Item 6	0	3
Item 7	2	2
Item 8	1	1
Item 9	4	5
Item 10	3	4
Item 11	1	3
Item 12	0	4

Tutees	Vortest	Nachtest
Item 1	0	9
Item 2	6	14
Item 3	0	13
Item 4	4	10
Item 5	2	4
Item 6	4	8
Item 7	0	7
Item 8	3	4
Item 9	6	15
Item 10	2	6
Item 11	0	3
Item 12	0	3