



TUM School of Education
Technische Universität München

**Die Implementation, Wirkung und Akzeptanz von Tools im problemorientierten
Unterricht zur Steigerung des Interesses am Messen**

Eine fallbasierte Untersuchung am Beispiel des Ergonomie-Messkoffers

Inga Cornelia Ingeborg Simm

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät *TUM School of Education* der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzende(r): Prof. Dr. Daniel Pittich

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Prenzel
2. Prof. Dr. Klaus Bengler

Die Dissertation wurde am 04.09.2019 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die *TUM School of Education* am 08.01.2020 angenommen

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	V
Zusammenfassung	VI
1 Problemstellung und Ziel der Untersuchung	1
1.1 <i>Zielsetzung und Vorgehen</i>	4
1.2 <i>Aufbau der Arbeit</i>	5
2 Experimentier- und Messkoffer im naturwissenschaftlichen Unterricht	6
2.1 <i>Experimentier- und Messkoffer und das Interesse an Naturwissenschaften und Technik</i>	8
2.1.1 <i>Das Interesse als theoretisches Hintergrundmodell</i>	8
2.1.2 <i>Allgemeine und geschlechterspezifische empirische Befunde zur Ausprägung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik von Kindern und Jugendlichen</i>	14
2.1.3 <i>Zusammenfassende Überlegungen zu theoretischen Modellen und empirischen Befunden des Interesses</i>	20
2.2 <i>Experimentier- und Messkoffer zur Gestaltung eines problemorientierten Unterrichts</i>	21
2.2.1 <i>Authentische Problemstellung</i>	23
2.2.2 <i>Inhaltliche Strukturierung</i>	26
2.2.3 <i>Kooperatives Lernen und Handlungsorientierung</i>	29
2.2.4 <i>Zusammenfassende Überlegungen zur interessenfördernden Wirkung der Problemorientierung unter Einbezug von Tools</i>	32
2.3 <i>Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern</i>	33
2.3.1 <i>Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern bei Lehrkräften</i>	33
2.3.2 <i>Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern bei Schülerinnen und Schülern</i>	36

Inhaltsverzeichnis

3	Das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“	39
3.1	<i>Ablauf des Projekts.....</i>	<i>40</i>
3.2	<i>Entwicklung der Materialien</i>	<i>41</i>
3.3	<i>Zielsetzung und Umsetzung des Projekts</i>	<i>46</i>
3.4	<i>Eine beispielhafte Unterrichtssequenz.....</i>	<i>47</i>
4	Fragestellungen und Hypothesen	53
4.1	<i>Validität: Wie geeignet sind die Unterrichts- und Evaluationsmaterialien des Ergonomie-Messkoffers für die vorgesehenen Untersuchungen der Hauptstudie? ..</i>	<i>54</i>
4.2	<i>Implementation: Welche Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung lassen sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer finden?.....</i>	<i>56</i>
4.3	<i>Wirkung: Inwieweit gelingt es das Interesse am Messen von Schülern und insbesondere Schülerinnen im problemorientierten Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer zu fördern?</i>	<i>57</i>
4.4	<i>Akzeptanz: Wie wird der Ergonomie-Messkoffer von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern wahrgenommen und inwieweit beeinflusst dies dessen Implementation und Wirkung?</i>	<i>58</i>
5	Empirischer Teil.....	62
5.1	<i>Untersuchungsdesign</i>	<i>62</i>
5.2	<i>Pilotstudie</i>	<i>64</i>
5.2.1	<i>Methode</i>	<i>64</i>
5.2.2	<i>Ergebnisse der Pilotierung.....</i>	<i>68</i>
5.2.3	<i>Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Pilotierung</i>	<i>79</i>
5.3	<i>Teilstudie 1: Implementation des Ergonomie-Messkoffers zur Problemorientierung im Unterricht</i>	<i>83</i>
5.3.1	<i>Methode</i>	<i>83</i>
5.3.2	<i>Ergebnisse Teilstudie 1.....</i>	<i>91</i>
5.3.3	<i>Zusammenfassung und Diskussion der Teilstudie 1</i>	<i>100</i>

Inhaltsverzeichnis

5.4	<i>Teilstudie 2: Wirkung des Ergonomie-Messkoffers auf das Interesse am Messen der Schülerinnen und Schüler</i>	103
5.4.1	Methode	103
5.4.2	Ergebnisse Teilstudie 2.....	107
5.4.3	Zusammenfassung und Diskussion Teilstudie 2	123
5.5	<i>Teilstudie 3: Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers</i>	127
5.5.1	Die Rolle von Einstellungen der Lehrkräfte bei der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers.....	127
5.5.2	Die Rolle der Einstellung gegenüber Technik bei der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers durch die Schülerinnen und Schüler	137
6	Diskussion	159
6.1	<i>Übergreifende Diskussion des Untersuchungsdesigns</i>	159
6.2	<i>Übergreifende Diskussion der zentralen Befunde</i>	161
6.3	<i>Fazit und Ausblick</i>	166
	Literaturverzeichnis	169
	Abbildungsverzeichnis	188
	Tabellenverzeichnis	190
	Anhang	193

Danksagung

Zunächst möchte ich meinem Erstbetreuer Prof. Dr. Dr. Manfred Prenzel danken, der mich durch seinen Weitblick in der Bildungsforschung und sein zugleich bodenständiges Interesse für Prozesse im Klassenzimmer stets inspiriert hat. In wertschätzenden und geduldigen Dialogen hat er mir geholfen, meinen eigenen Zugang zu diesem Forschungsbereich zu finden.

Auch Prof. Dr. Klaus Bengler möchte ich für seine interessierte Begleitung danken. Durch ihn erhielt ich stets die Möglichkeit, eine neue Perspektive auf meine Dissertation zu werfen und neue Brücken zu schlagen.

Darüber hinaus möchte ich meiner Mentorin Dr. Anja Schiepe-Tiska danken, welche mein Interesse an der Forschung weckte und mich durch ihre scheinbar unerschütterliche Begeisterung bestärkte. Ihre Neugier und ihr Enthusiasmus waren mir auch über den Rahmen der Dissertation hinaus eine wertvolle Begleitung. Des Weiteren möchte ich mich bei Stefanie Schmidtner, Heidi Haslbeck und Sibylle Elsässer bedanken, deren Büro- und Haustüren mir bei dringlichen Fragen und Erkenntnissen jederzeit offenstanden. Auch meinen Kolleginnen und Kollegen gilt mein Dank dafür, dass sie jede und jeder auf seine und ihre eigene Art dazu beigetragen haben, dass ich so oft mit einem Lächeln ins Büro ging.

Außerdem möchte ich mich bei Wendy Sadler und ihrem Team bedanken, die mich während meines Auslandsaufenthalts in Cardiff so herzlich empfangen haben und mir gezeigt haben, welche Superheldenkräfte in Naturwissenschaftler und Ingenieuren stecken. Ganz besonderer Dank gilt auch allen Lehrerinnen und Lehrern, sowie ihren Schülerinnen und Schülern, die freiwillig die zahlreichen Fragen meiner Fragebögen ausfüllten und den Hilfskräften, die auch die schwierigsten Interviews transkribierten und kodierten.

Zu guter Letzt gilt mein Dank außerdem meinen Schwestern Anja und Ulla, meinen Eltern und meinen Freunden, die mir an den verschiedensten Stationen immer wieder Oasen der Erholung und des Durchschnaufens geschaffen haben und meiner Nichte Nele, die für alle Notfälle immer einen Platz in ihrer Höhle für mich bereithielt.

P.S.: Vielen Dank auch an Walter! (Wo ist er eigentlich?)

Zusammenfassung

Schülerinnen und Schüler lernen in Naturwissenschaften und Technik wichtige Konzepte, Vorstellungen sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, von denen ihre Umwelt und die Gesellschaft in vieler Hinsicht geprägt werden. Diese Erfahrungen und Bezüge im naturwissenschaftlichen Unterricht aufzugreifen und an ihnen anzuknüpfen, erweist sich aus Sicht der Interessenförderung als wirksam. Jedoch findet eine systematische Aufbereitung mit Erfahrungen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler nach wie vor in deutschen Klassenzimmern selten statt. Naturwissenschaften und Technik im Unterricht erscheinen für viele Jugendliche nicht relevant und interessant. Die Arbeit verfolgt daher das Ziel, Experimentier- und Messkoffer als exemplarische Möglichkeit zu untersuchen, mit denen ein naturwissenschaftlicher Unterricht lebensweltbezogener und interessenfördernder umgesetzt werden kann. Dabei wird innerhalb des Projekts „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“ den Fragen nachgegangen (a) wie geeignet die Unterrichts- und Evaluationsmaterialien des Ergonomie-Messkoffers für den Unterricht sind, (b) welche Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer finden lassen, (c) inwieweit es gelingt, das Interesse am Messen von Schülerinnen und Schülern im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer zu fördern, (d) wie Einstellungen von Lehrkräften und Schülerinnen und Schüler den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer beeinflussen.

Dabei zeigen die Ergebnisse, dass der Unterricht mit Experimentier- und Messkoffern authentische, problemorientierte und kooperative Lerngelegenheiten liefern kann, in denen Schülerinnen und Schüler Strukturen und gleichzeitig Freiheiten zum eigenständigen Handeln erleben. Gerade Schülerinnen und Schüler, die sich zu Beginn weniger interessiert zeigen, scheinen von dieser Form des Unterrichts zu profitieren. Während ihr Interesse steigt, erleben ihre negativen Empfindungen im Unterricht einen leichten Rückgang, der sich auch über einen Monat als stabil erweist. Einige Schülerinnen und Schüler berichten darüber hinaus auch eine Nachhaltigkeit in ihrem Verhalten. Hinsichtlich der Wirkung des Unterrichts auf das Interesse und die negativen Empfindungen konnte kein Unterschied zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden. Betrachtet man darüber hinaus jedoch die Rolle der Einstellungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber Technik im Allgemeinen und am Messkoffer im Speziellen, erweisen sich einige Merkmalskonstellationen der Schülerinnen und Schüler als günstiger für die Wirkung des Unterrichts als andere. Die Lehrkräfte weisen hingegen eine überwiegend positive Einstellung gegenüber dem Einsatz von Experimentier- und Messkoffern auf, obgleich sie hinsichtlich ihrer Erfahrungen Unterschiede aufweisen.

1 Problemstellung und Ziel der Untersuchung

Naturwissenschaften und Technik spielen in unserer Gesellschaft eine wichtige Rolle. Das genaue Analysieren, Verstehen und kriteriengeleitete Verbessern unserer Umwelt sind zentrale Konzepte der Naturwissenschaften und Technik, von denen unsere Gesellschaft und das Individuum in seiner Umwelt in vieler Hinsicht geprägt ist.

Für eine Gesellschaft sind diese naturwissenschaftlichen und technischen Konzepte relevant, um zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen wie Klimawandel, Digitalisierung und Mobilität angehen und unter Berücksichtigung verschiedenster Interessengruppen lösen zu können. Dies trägt nicht nur entscheidend zur Innovationsfähigkeit einer Gesellschaft bei, sondern stellt nicht zuletzt auch ein entscheidendes Kriterium für den wirtschaftlichen Erfolg und die Wirtschaftskraft eines Landes dar.

Für das Individuum sind Fähigkeiten und Fertigkeiten wie das Analysieren von Daten, das Ableiten von Maßnahmen und das Verbessern der eigenen Umwelt zentral, um in einer Gesellschaft teilhaben und verantwortungsbewusst und selbstbestimmt handeln zu können. Insbesondere in Zeiten von Fake News oder von Entscheidung über zentrale gesellschaftliche Herausforderungen, ist es wichtig, dass Personen die notwendigen Skills erwerben, um auch über die Schulzeit hinaus über naturwissenschaftliche und technische Themen informiert zu sein. Im Sinne des lebenslangen Lernens bedarf es daher der Freude und dem Interesse an Naturwissenschaften und Technik, um diese Fähigkeiten und Fertigkeiten selbst aufzufrischen und zu erweitern.

Die Ergebnisse der jüngsten PISA-Studie zeigen jedoch, dass Schülerinnen und Schüler in Deutschland im internationalen Vergleich weniger Freude und Interesse an Naturwissenschaften im Unterricht erleben und das Erlernte weniger relevant für ihren späteren Alltag wahrnehmen (Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016). Gerade technische Berufe scheinen in der Berufserwartung der Jugendlichen nur gering vertreten (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). In der Jugend zeigt sich zudem eine Abnahme des Interesses über alle Fächer hinweg, von dem jedoch die naturwissenschaftlichen Fächer und insbesondere Physik besonders stark betroffen sind. Dabei werden Schülerinnen und Schüler in Physik mit wichtigen Grundlagen im Umgang mit quantitativen Daten, Statistiken und Studien vertraut gemacht. Gerade in Zeiten, in denen Studien und Statistiken häufiger auch missbraucht werden, müssen Schülerinnen und Schüler die kritische Betrachtung solcher Daten und Untersuchungen frühzeitig lernen.

Auch für die Wirtschaft ist das Interesse an Naturwissenschaften und Technik in Zeiten von Industrie 4.0 und dem Fachkräftemangel in der Informatik, den Ingenieurwissenschaften und technischen Ausbildungsberufen von Bedeutung. Der Bedarf an Nachwuchs bleibt in diesen Domänen auf dem Arbeitsmarkt nach wie vor bestehen (Bundesagentur für Arbeit, 2016, 2019). Trotz überdurchschnittlicher naturwissenschaftlicher Kompetenzen einiger

Problemstellung und Ziel der Untersuchung

Schülerinnen und Schüler scheitert die Ergreifung eines naturwissenschaftlichen oder technischen Berufs oftmals am fehlenden Interesse oder dem fehlenden Vertrauen in die eigenen Fertigkeiten und Fähigkeiten (Taskinen, Schütte & Prenzel, 2013). Werden zukünftig Schülerinnen und Schüler nicht stärker für Naturwissenschaften und Technik begeistert, werden viele Stellen auf dem Arbeitsmarkt unbesetzt bleiben.

Besonders auffällig für Deutschland sind in der PISA-Studie 2015 zudem die ausgeprägten Geschlechterunterschiede im Interesse an Naturwissenschaften und Technik und in der Bereitschaft, einen technischen Beruf zu ergreifen. Dabei erleben Jungen deutlich mehr Freude und Interesse an Naturwissenschaften und Technik, erkennen deren zukünftige Bedeutung und geben öfter als Mädchen an, einen naturwissenschaftlichen und technischen Beruf wählen zu wollen (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Dieses Phänomen ist nicht neu. Seit Jahren liegt der Frauenanteil in MINT-Studienfächern bei 30 Prozent. In Fächern wie Informatik oder den Ingenieurwissenschaften liegt er nochmal deutlich unter diesem Anteil. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren zahlreiche Förderprogramme wie „CyberMentor“ oder „MuT“ ins Leben gerufen, welche junge Frauen für Naturwissenschaften und Technik begeistern sollen. Deren Ziel ist maßgeblich, Frauen als wichtige bisher ungenutzte Ressource für die Industrie zu gewinnen. Der Erfolg bleibt meist jedoch noch aus. Erklärungen dafür führen in die Kindheit und Jugend zurück.

Bereits im Grundschulalter zeigen sich Geschlechterunterschiede zugunsten der Jungen in der Nutzung technischer Spielsachen sowie im Vertrauen in die eigenen naturwissenschaftlichen und technischen Fähigkeiten (acatech, 2009). Während Jungen ein ausgeprägtes Interesse an solchen quantitativen und technischen Zugängen wie in Physik zeigen, weisen Mädchen daran nur ein geringes Interesse auf. Die starke Abnahme des Interesses an Physik im Verlauf der Sekundarstufe ist daher insbesondere auf das stark sinkende Interesse der Mädchen zurückzuführen. Doch auch Mädchen können sich für naturwissenschaftliche Themen interessieren, wenn sie einen Zusammenhang zu lebenden Systemen, gesellschaftliche Relevanz oder einen hohen Lebens- und Anwendungsbezug aufweisen. Dem scheint der Physikunterricht im Vergleich zum Biologie- und Chemieunterricht weniger zu entsprechen. Eine empirische Studie zur geschlechterspezifischen Auswertung der Schwerpunktthemen des Physikunterrichts bestätigt dies (Hoffmann, 2002). Eine stärkere Ausrichtung des Unterrichts an den Interessen der Mädchen könnte eine Möglichkeit bieten, um mehr junge Menschen zukünftig für Naturwissenschaften und Technik zu begeistern. Denn orientieren sich physikalische Kontexte stärker an den Interessen der Mädchen, steigt deren Interesse an Physik, während gleichzeitig das der Jungen nicht abfällt (Häussler & Hoffmann, 1995).

Problemstellung und Ziel der Untersuchung

Obgleich das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und Technik im Mittel abnimmt, konnte dies in verschiedenen Projekten verhindert werden, in denen Schülerinnen und Schüler einen hohen Anwendungs- und Lebensweltbezug erlebten (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Prenzel, Carstensen, Senkbeil, Ostermeier & Seidel, 2005). Zu diesen zählen beispielsweise das Projekt SINUS (Prenzel, Friedrich & Stadler, 2009) oder die Unterrichtsprogramme wie „Chemie im Kontext“ (Parchmann et al., 2006) oder „Biologie im Kontext“ (Bayrhuber et al., 2007). Diese vermittelten naturwissenschaftlichen Basiskonzepte anhand lebensweltbezogener Kontexte. Der Erfolg der Idee zeigt sich darin, dass Schülerinnen und Schüler die Relevanz des Fachs anschließend höher einschätzen und sich keine Unterschiede in der Leistungsentwicklung im Vergleich zu einem traditionellen Unterricht zeigten (Parchmann et al., 2006). Jedoch zeigt sich dabei im Unterricht eine sehr kognitive („minds-on“) Ausrichtung des Unterrichts, in dem Schülerinnen und Schüler nur wenig selbst experimentieren und ausprobieren konnten („hands-on“).

Die Kombination aus hohen Lebenswelt- und Anwendungsbezügen in Kombination mit Gelegenheiten, in denen Schülerinnen und Schüler sowohl zum Denken („minds-on“) als auch zum Handeln („hands-on“) angeregt werden, scheint allerdings besonders günstig für die Kompetenz- und Interessenentwicklung von Jugendlichen (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Diese Form des Unterrichts findet in deutschen Klassenzimmern bisher nur sehr selten statt und wird eher an außerschulische Lernorte wie Schülerlabore oder Science Center ausgelagert (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Vorteile von Schülerlaboren sind insbesondere die professionelle materielle und personelle Ausstattung. Die Schülerinnen und Schüler erhalten daher eine Begleitung durch Experten, welche ein fundiertes Wissen in dem Themengebiet aufweisen. Dabei geht die erhöhte wahrgenommene Authentizität in Schülerlaboren oftmals mit einem erhöhten Interesse einher (Sommer, Wirth & Rummel, 2018). Bleibt der Besuch im Schülerlabor jedoch losgelöst vom Fachunterricht, sind die positiven motivationalen Effekte lediglich von kurzer Dauer und zeigen kaum Auswirkungen auf das Interesse am Fach selbst (Engeln, 2004).

Einen Kompromiss, um Schülerinnen und Schüler im Unterricht zentrale Konzepte in einer lebensweltbezogen und authentischen Lernumgebung zu vermitteln, bieten Experimentier- und Messkoffer. Sie enthalten neben Arbeitsaufträgen und -materialien zu lebensweltbezogenen Themen und Kontexten auch authentische Tools wie Experimentiermaterial und Messgeräte. Diese sind für den Einsatz in unterrichtlichen und außerunterrichtlichen Angeboten konzipiert und stellen eine Abwechslung und Ergänzung für den bestehenden Unterricht dar. Sie versprechen das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler an den Themen und am Fach zu steigern, indem sie fachliche Themen lebensweltbezogen und interessenfördernd aufbereiten. Neben dem Thema allein liefern sie jedoch auch einen Rahmen und gleichzeitig Freiheiten, damit Schülerinnen und Schüler im Unterricht eigene interessen geleitete

Analysen vornehmen können. Da ein Großteil dieser Experimentier- und Messkoffer bisher jedoch nicht evaluiert ist, fehlen bisher fundierte Erkenntnisse zur Wirkung auf das Interesse von Schülerinnen und Schülern gleichermaßen. Darüber hinaus stellen die Koffer jedoch auch Möglichkeiten dar, um den Unterricht handlungsorientiert zu gestalten.

Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass Veränderungen in der Gestaltung des Unterrichts zu großen Teilen von der Bereitschaft der Lehrkräfte abhängen (Lipowsky, 2010). Diese ist geprägt durch ihre Einstellungen gegenüber dem Veränderungsprozess und der Art der Veränderung selbst. Weisen Lehrkräfte positive Einstellungen gegenüber der Veränderung auf, steigt die Bereitschaft der Umsetzung auch bei erhöhtem Aufwand für die Lehrkräfte. Negative Einstellungen hemmen Lehrkräfte hingegen darin, etwas zu ändern oder etwas Neues im Unterricht zu nutzen (Gräsel & Parchmann, 2004). Ähnliches zeigt sich auch bei den Schülerinnen und Schülern: nicht jedes Angebot im Unterricht wird dabei gleichermaßen von allen angenommen. Ob ein Unterrichtsangebot tatsächlich wirkt, hängt unter anderem davon ab ob Schülerinnen und Schüler es nutzen und nutzen wollen (Seidel, 2014).

Die fehlenden Erkenntnisse zu Experimentier- und Messkoffern bilden die Ausgangslage, sich in der folgenden Dissertation ausgiebiger damit auseinanderzusetzen. Den Rahmen dafür bildet die Evaluation des Projekts „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“, in dem die Wirkung eines Messkoffers auf das Interesse am Messen von Schülerinnen und Schülern untersucht wird. Über die Evaluation hinaus untersucht die Arbeit vertiefend die Implementation und Akzeptanz solcher Koffer in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Sie fokussiert dabei insbesondere auf die Frage, inwieweit solche Koffer einen authentischen Lebenswelt- und Anwendungsbezug im Unterricht herstellen, mit denen Schülerinnen und Schüler die Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik für das Verstehen und Verbessern der eigenen Umwelt sensibilisiert werden. Des Weiteren wird die Akzeptanz des Messkoffers durch die Lehrkräfte und die Schülerinnen und Schüler untersucht und ihr Einfluss auf deren Implementation und Wirkung vertiefend analysiert.

1.1 Zielsetzung und Vorgehen

Ausgehend von der oben beschriebenen Problematik des geringen Interesses von Schülerinnen und Schülern an Naturwissenschaften und Technik sowie einem Unterricht, der nur eine geringe Relevanz für ihren Alltag bietet, untersucht die vorliegende Arbeit das Potential von Experimentier- und Messkoffern im Unterricht. Sie setzt sich daher zum Ziel, Möglichkeiten und Grenzen von Experimentier- und Messkoffern für die Gestaltung eines problemorientierten Unterrichts zur Steigerung des Interesses von Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und Technik erkundend zu überprüfen. Damit soll ein substanzieller Beitrag zur Diskussion

über die Implementation, Evaluation und Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern im Unterricht geleistet werden.

Um die Unterrichtsmaterialien und Evaluationsmaterialien vorab zu validieren, wurde vorab eine Pilotierung durchgeführt. Im Anschluss daran setzt sich die Arbeit in der Hauptstudie mit drei zentralen Fragestellungen auseinander. Zum einen soll der Frage nachgegangen werden, welche Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer und in der Vorbereitung finden lassen. Darüber hinaus soll untersucht werden, inwieweit ein Experimentier- und Messkoffern eingebettet in einen Unterricht mit hoher Problemorientierung das kurz- und langfristige Interesse von Schülerinnen und Schülern am Messen steigern kann. Ein besonderer Fokus liegt darauf zu untersuchen, ob der Unterricht mit Experimentier- und Messkoffern das Interesse von Jungen und Mädchen gleichermaßen fördert. In einer dritten Fragestellung wird untersucht, welche Rolle die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern der beteiligten Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler bei der Implementation und Wirkung spielen.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in einen theoretischen und einen empirischen Teil untergliedert. Im theoretischen Teil wird der aktuelle Erkenntnisstand bezogen auf die Implementation, Wirkung und Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern aufgearbeitet. Im ersten Teil wird der Frage nachgegangen, wie das Interesse von Schülerinnen und Schülern insbesondere an Naturwissenschaften und Technik ausgeprägt ist, um Möglichkeiten aufzuzeigen wie Experimentier- und Messkoffer darauf wirken können (Kapitel 2.1). Anschließend werden Experimentier- und Messkoffer vor dem Hintergrund des didaktischen Konzepts der Problemorientierung beleuchtet, um gemeinsame Ansatzpunkte zu identifizieren (Kapitel 2.2). Im dritten Kapitel (Kapitel 2.3) wird die Akzeptanz von Lehrkräften und Schülerinnen und Schüler als zentraler Einflussfaktor für die Implementation und Wirkung von Experimentier- und Messkoffern herausgearbeitet. Im Anschluss daran erfolgt ein kurzer Exkurs, in dem das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“ in Kürze erläutert wird (Kapitel 3). Auf Grundlage des aktuellen Forschungsstands werden vier zentrale Fragestellungen abgeleitet (Kapitel 4). Diese werden im Rahmen einer Pilotstudie und einer Hauptstudie mit drei Teilstudien bearbeitet. Im empirischen Teil der Arbeit (Kapitel 5) folgen nach allgemeine Ausführungen zum Untersuchungsdesign Erläuterungen zur Pilotierung und den drei Teilstudien. Dabei werden sowohl die Methodik als auch die Ergebnisse präsentiert. In Kapitel 6 werden zentrale Befunde der Arbeit zusammengefasst, sowie inhaltlich und methodisch diskutiert.

2 Experimentier- und Messkoffer im naturwissenschaftlichen Unterricht

Verschiedene Maßnahmen zielten in den letzten Jahren darauf ab, das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Naturwissenschaften und Technik zu steigern (Parchmann et al., 2006; Pawek, 2009; Prenzel, Friedrich et al., 2009). Neben Bemühungen, das Interesse außerschulisch in Schülerlaboren (Engeln, 2004; Pawek, 2009; Plasa, 2013; Sommer et al., 2018) oder durch die engere Kooperation mit und von Lehrkräften zu steigern (Fey, Gräsel, Puhl & Parchmann, 2004; Krebs, 2008), beabsichtigten schulnahe Projekte unter anderem, den naturwissenschaftlichen Unterricht durch einen höheren Lebensweltbezug interessanter zu gestalten (Bayrhuber et al., 2007; Parchmann et al., 2006; Prenzel, Friedrich et al., 2009). Eine Möglichkeit besteht darin, Experimentier- und Messkoffer für den Unterricht zur Verfügung zu stellen, mit denen Schülerinnen und Schüler lebensweltbezogene Problem- und Aufgabenstellungen der Naturwissenschaften und Technik im Unterricht bearbeiten konnten. Neben dem schriftlichen Bearbeiten, erleben sie die Relevanz beim selbstständigen Forschen und Analysieren (Sammet & Dreesmann, 2017; Schwarzmaier, 2001; T. de Vries, Martin & Paschmann, 2006). Mit dem aktuellen mehrdimensionalen Bildungsverständnis einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (engl. *scientific literacy*) (Bybee & McCrae, 2011; M. J. de Vries, 2012) kommt dem naturwissenschaftlichen Unterricht nicht nur die Aufgabe zu, Wissen über Inhalte, Arbeits- und Denkweisen zu vermitteln sondern auch die motivationalen Orientierungen wie Interesse zu fördern. Aus diesem Verständnis von Bildung und Lernen heraus, erarbeiten die Schülerinnen und Schüler sich selbst im naturwissenschaftlichen Unterricht Inhalte, erleben deren Bedeutung für ihren Alltag und ziehen eigene Schlüsse (OECD, 2016). Experimentier- und Messkoffer liefern mit den spezifischen Themengebieten (z.B. Gentechnik, Ameisen, Elektrochemie) und authentischen Materialien ein Gerüst und gleichzeitig Freiheiten, damit Schülerinnen und Schüler selbstständig forschen und analysieren können. Durch Tools erhalten sie in diesen Phasen des selbstständigen Experimentierens und Analysierens Hilfestellungen, mit denen sie eigenen Fragestellungen nachgehen können.

Im öffentlichen Diskurs findet man sowohl ein enges als auch ein breites Verständnis von Tools. Im EDV Bereich beschränkt sich der Begriff vornehmlich auf Programme, welche kleine zusätzliche Aufgaben für ein bestimmtes Betriebssystem oder Anwendungsprogramm übernehmen. Das breitere Verständnis geht von der ursprünglichen englischsprachigen Bedeutung aus und beschreibt Tools (1) im Sinne eines Werkzeugs als Teil einer Ausrüstung, welcher zur Herstellung oder Reparatur von etwas genutzt werden oder (2) im Sinne eines Hilfsmittels oder Geräts etwas, was dabei helfen kann eine bestimmte Aktivität auszuführen (McIntosh, 2013).

Die vorliegende Dissertation folgt einem breiten Verständnis von Tools und betrachtet Tools, welche in Naturwissenschaften und Technik für die Messung von Umgebungsmerkmalen genutzt werden und im naturwissenschaftlichen Unterricht als Lernwerkzeug dienen. Mit der Perspektive der Bildungsforschung wird im Folgenden insbesondere der Einsatz solcher Messgeräte im naturwissenschaftlichen Unterricht betrachtet. Obgleich digitale Medien wie Computer, Tablets oder Smartphones abgesehen vom Messen auch zusätzliche Funktionen (z.B. Lehrwerkzeug oder Wissensvermittler) übernehmen können und in den letzten Jahren verstärkt auch im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts Gegenstand der Forschung waren (Hillmayr, Reinhold, Zierwald & Reiss, 2017; Meßinger-Koppelt & Maxton-Küchenmeister, 2018), werden diese Funktionen im Folgenden nicht näher betrachtet.

Da Vertreter der Disziplin Technik häufig beklagen, dass Technik im Vergleich zu Naturwissenschaften in der schulischen Bildung nur unzureichend behandelt wird (Hartmann, Kussmann & Scherweit, 2008), wurde mit dem Messen ein Thema gewählt, welches sowohl in den Naturwissenschaften als auch der Technik von besonderer Relevanz ist (Egbert & Giest, 2017). Denn Naturphänomene objektiv zu untersuchen und zu verstehen, bildet die Voraussetzung, um unter Verwendung naturwissenschaftlicher und technischer Denk-, Arbeits-, und Handlungsweisen evidenzbasierte Entscheidungen treffen zu können. Physikalische Eigenschaften von Körpern und Stoffen aus der Natur zu messen, spielt dabei eine wichtige Rolle. Für verschiedene physikalische Eigenschaften wie die Temperatur oder die Helligkeit ist der Mensch auch in der Lage Zustände oder Unterschiede über Rezeptoren der eigenen Sinnesorgane wahrzunehmen. Diese sind jedoch oftmals nicht ausreichend, um exakte objektive Aussagen zu treffen. Gleichzeitig bieten solche Eigenschaften wichtige Lernerfahrungen, um die Bedeutung von Messvorschriften und Standards erfahrbar zu machen. Durch den technischen Fortschritt übernehmen moderne Messgeräte diese mühsame Arbeit zu großen Teil für uns. Sie geben uns nicht nur exakte Werte in digitaler Form, sondern geben durch den Vergleich mit Normwerten zum Teil auch schon Rückmeldung zur Güte dieses Wertes.

Im Messen und in der Nutzung von Messgeräten zeigen sich nicht nur Gemeinsamkeiten, sondern auch Unterschiede zwischen Naturwissenschaften und Technik (Avsec & Jamšek, 2016; Egbert & Giest, 2017). Denn die Quantifizierung der Beobachtungen ermöglichen deren Vergleiche und das Ableiten von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, wie sie in den Naturwissenschaften von zentraler Bedeutung sind. Messungen können aber auch Probleme sichtbar machen und damit einen technischen Problemlöseprozess anstoßen. Dabei profitieren beide Disziplinen voneinander, da sie jeweils auf die Erkenntnisse bzw. Produkte des anderen zurückgreifen. Denn nur mit den Erkenntnissen aus der Natur können neuen Techniken entwickelt werden. Mit den Produkten der Technik ist es den Naturwissenschaften hingegen möglich immer genauere und exaktere vorzunehmen (Hartmann et al., 2008).

In den folgenden Kapiteln wird nun der Einsatz von Messgeräten im naturwissenschaftlichen Unterricht unter dem Aspekt beleuchtet, wie sie im Rahmen von Experimentier- und Messkoffern eine Möglichkeit darstellen, um das Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu fördern (Kapitel 2.1). Des Weiteren werden theoretische und empirische Hinweise darauf gesammelt, wie sie insbesondere zur interessenfördernden Gestaltung des Unterrichts beitragen (Kapitel 2.2). In einem letzten Schritt wird der Frage nachgegangen, welche Voraussetzungen begünstigen, dass Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler Messgeräte im Rahmen von Experimentier- und Messkoffern im Unterricht positiv annehmen (Kapitel 2.3).

2.1 Experimentier- und Messkoffer und das Interesse an Naturwissenschaften und Technik

Das folgende Kapitel beleuchtet nun das Potential von Messgeräten im Rahmen von Experimentier- und Messkoffern, um das Interesse von Schülerinnen und Schülern zu steigern. Dazu wird zunächst das Konstrukt des Interesses und dessen Entwicklung aus theoretischer Perspektive näher beleuchtet (Kapitel 2.1.1). Anschließend wird der aktuelle Forschungsstand zum Interesse an Naturwissenschaften und Technik betrachtet, um zum einen den differenzierten Bedarf des Lebensweltbezugs für das Interesse zu erläutern und um interessenfördernde Möglichkeiten von Experimentier- und Messkoffern zu analysieren (Kapitel 2.1.2).

2.1.1 Das Interesse als theoretisches Hintergrundmodell

Die folgende Arbeit definiert Interesse im Sinne der pädagogischen Interessentheorie (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986). Wie der Name vermuten lässt, betrachtet sie Interesse insbesondere im pädagogischen Kontext. Diese Theorie, die auch als „Münchener Interessentheorie“ bezeichnet wird, geht insbesondere auf Hans Schiefele (H. Schiefele, Krapp, Prenzel, Heiland & Kasten, 1983) und seine Kollegen Prenzel (1988) und Krapp (1992, 2002) zurück. Auch international erfährt sie als *person-object-theory of interest* breite Anerkennung und wird sowohl national als auch international als Grundlage einer Vielzahl empirischer Studien genutzt. Neben der Interessenkonzeption um Schiefele, Krapp und Prenzel setzt sich im anglo-amerikanischen Raum auch die Interessenkonzeption nach Hidi und Renninger (2006) durch, welche insbesondere in zahlreichen Publikationen des anglo-amerikanischen Raums als Grundlage dient. Leichte Unterschiede der beiden Konzeptionen des Interesses liegen in der Gewichtung der kognitiven Komponente. Beiden zeigen jedoch in gemeinsamen Publikationen eine Vielzahl von Übereinstimmungen (Hidi, Renninger & Krapp, 2004; Hidi & Renninger, 2006). Die folgende Arbeit legt ihren Fokus auf das Interessenkonstrukt um Prenzel et al. (1986), verweist dabei jedoch gerade bei Unterschieden auch auf die Theorie von Hidi und Renninger (2006).

Die pädagogische Interessentheorie definiert Interesse als „besondere, durch bestimmte Merkmale herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand“ (Krapp, 2001, S. 286). Im Vergleich zu anderen motivationalen Ansätzen wie der Lernmotivation und auch der intrinsischen Motivation, betrachtet die Theorie sowohl das Subjekt des Lernenden als auch das Objekt des Lerngegenstands bzw. Lerninhalts in dieser Theorie eine Gewichtung (Hidi et al., 2004; Krapp, 2010; U. Schiefele, 2009). Dies kommt insbesondere in der *Person-Objekt-Theorie des Interesses* zum Ausdruck (Krapp, 2005, 2010). Die Bedeutung des Objekts wird dabei von der Person als Subjekt selbst festgelegt und konstruiert (Prenzel, 1988). Das Objekt stellt so einen Umweltausschnitt der Person dar, „den die Person von anderen Umweltbereichen unterscheidet und als eingegrenzte und strukturierte Einheit abbildet“ (Prenzel et al., 1986, S. 166). Das Objekt ist dabei keinesfalls nur auf konkrete Gegenstände wie ein Fahrrad oder Tulpen reduziert, sondern kann auch Tätigkeiten wie am Computer spielen oder puzzeln und Themenfelder wie Astronomie oder englische Literatur umfassen. Neben dem Subjekt und Objekt definiert die Theorie das Interesse als die Beziehung zwischen den beiden genauer. Diese zeigt sich in einer *zielorientierten Handlungssteuerung* (Krapp, 1992). Darunter wird der aktuelle Umgang der Person mit dem Gegenstand des Interesses und die wiederholte, aus der Person selbst heraus veranlasste Auseinandersetzung mit dem Gegenstand (Krapp, 1992). Dieser Unterschied wird durch die Differenzierung zwischen dem individuellen und situationalen Interesse verdeutlicht (Krapp, 2010; U. Schiefele, 2009).

Das individuelle Interesse zeigt sich in einem relativ dauerhaften, dispositionalen Merkmal einer Person, welches sich in der Auseinandersetzung mit einem Gegenstandsbereich entwickelt und seinen Ausdruck in einer starken Wertschätzung dieses Bereichs findet (U. Schiefele, 2009). Die Personen regulieren dabei selbst ihre Auseinandersetzung mit dem Gegenstand und zeigen dabei einen eigenen Antrieb, Fragen zu diesem Gegenstand zu stellen und diesem selbstständig nachzugehen. Auch bei negativen oder frustrierenden Erfahrungen mit dem Gegenstand kann das Interesse dabei aufrechterhalten werden (Hidi et al., 2004). Im Unterschied zur pädagogischen Interessentheorie gehen Autoren im anglo-amerikanischen Raum davon aus, dass das individuelle Interesse mit einem ausgeprägten Wissen in diesem Bereich einher geht und somit die Kombination aus Wissen und Werten bildet (Renninger, 2000; Renninger, Ewen & Lasher, 2002). Das individuelle Interesse wird insbesondere in strukturorientierten Ansätzen zur Prognose von Berufseignung oder der späteren Berufswahlen von Jugendlichen und Erwachsenen intensiv erforscht (Fiebig, 2010; Taskinen, 2010).

Im Gegensatz zum individuellen Interesse stellt das situationale Interesse ein kurzfristig auftretendes Phänomen dar, welches durch eine Passung zwischen der Person und äußeren Umweltanreizen entstehen kann. Es beschreibt dabei einen durch äußere Anreize hervorgerufenen Zustand des Interessiert seins (Prenzel et al., 1986).

Dieser drückt sich in einer erhöhten Aufmerksamkeit und positiven Empfindungen von Neugier und Faszination aus. Obgleich das Interesse dabei von der Unterstützung durch äußere Anreize abhängig ist, gilt es als selbstgeneriert. Ähnlich wie Flow-Erleben und intrinsische Motivation ist das situationale Interesse dabei an eine Handlung gebunden und stellt einen emotionalen Zustand dar (Prenzel, 1988). Das situationale Interesse ist aus wissenschaftlicher Perspektive insbesondere unter einer prozessorientierten Perspektive aufschlussreich, um die Entstehung, Aktualisierung und Entwicklung von Interessen als Folge der Interaktion mit der Umwelt zu analysieren (Lichtblau, 2013). Für die Entstehung des situationalen Interesses an einem weitgehend unbekanntem Gegenstand geht Krapp (2002) in seinem Modell davon aus, dass es durch Anreize der Lernsituation erzeugt wird (Abbildung 1). Als wirksame Anreize nennt er Überraschungseffekte oder Erlebnisse von Diskrepanz, sogenannte „Catch“-Komponenten des situationalen Interesses (Mitchell, 1993). Trifft dieser Anreiz bei einer Person auf ein bereits bestehendes Interesse, spricht man von einem aktualisierten Interesse (Krapp, 1992). In der Empirie lässt sich das aktualisierte Interesse jedoch vom situationalen Interesse in der Situation vermutlich nicht unterscheiden. Aus diesem Grund beschränken sich empirische Studien meist auf die Unterscheidung zwischen einem situationalen und individuellen Interesse. Um das Interesse aufrechtzuerhalten, benötigt es jedoch darüber hinaus „hold“-Komponenten. Emotionale Valenzen und Wertvalenzen können hier zu einer Stabilisierung und dem überdauernden Bestehen des Interesses beitragen.

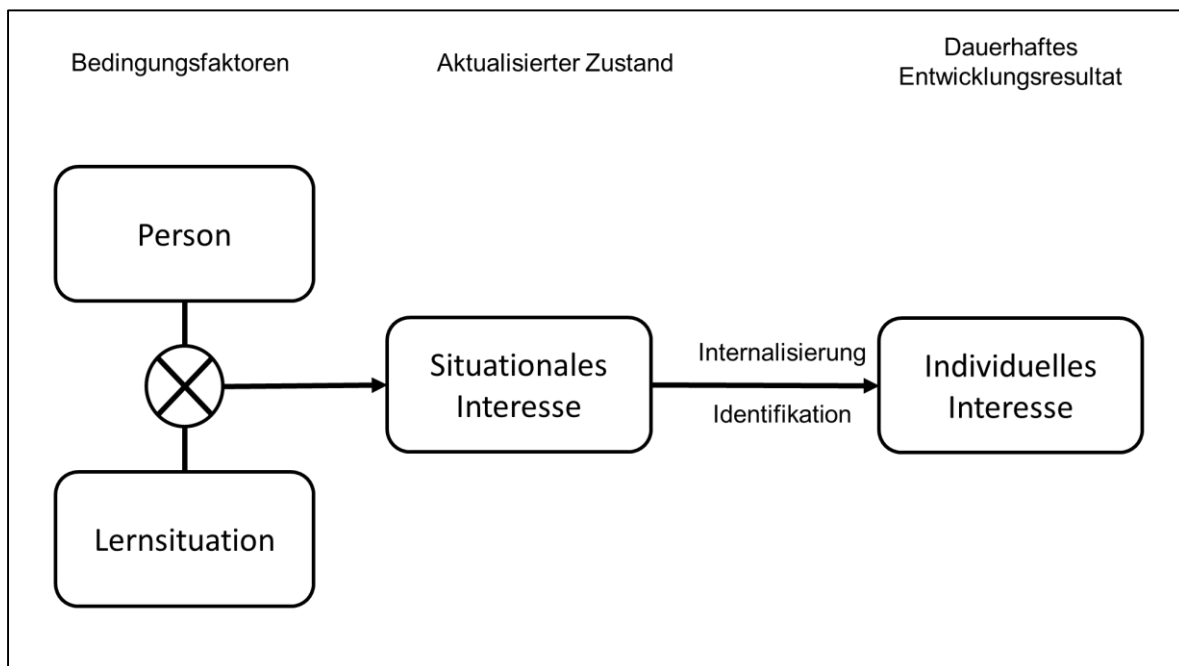


Abbildung 1: Rahmenmodell der Interessengengese nach Krapp (2002)

Sowohl das individuelle wie auch das situationale Interesse charakterisiert sich durch positive Emotionen, subjektive Wertschätzung und die Erweiterung kognitiver Strukturen (Prenzel, 1988; H. Schiefele et al., 1983). Jenes erste Merkmal, die positiven Gefühle, zeigen sich in Freude und Neugier, wodurch die Person das Gefühl der Absorbiertheit, der Anregung, der Faszination und des Beteiligt seins empfindet. Diese Gefühle erinnern an Theorien der intrinsischen Motivation und des Flow-Erlebens (Csikszentmihalyi, 1985). Bei einem stabilen, zeitlich überdauernden Interesse sind diese emotionalen Merkmale eng mit dem Gegenstand verknüpft und äußern sich in emotionalen Valenzüberzeugungen (Waldis, 2012).

Das zweite Merkmal, die subjektive Wertschätzung, zeigt sich in der persönlichen Bedeutsamkeit und der empfundenen Wichtigkeit für die eigene Persönlichkeitsentwicklung als Möglichkeit der Selbstverwirklichung oder Identitätsstiftung. Bei stabilem Interesse zeigt sich dieser Bezug zum Gegenstand in wertbezogenen Valenzüberzeugungen. Diese bilden eine Grundlage in Wertentscheidungen und zeigen anderen Personen die Wertigkeit des Gegenstands für die Person.

Nicht zuletzt gilt die Erweiterung kognitiver Strukturen als drittes Merkmal des Interesses und zeigt sich in dem Ziel, die eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten in Bezug auf den Interessengegenstand zu erweitern (H. Schiefele et al., 1983). So strebt die Person an, den Interessengegenstand in seiner gesamten Komplexität und Differenziertheit zu erfassen. In späteren Publikationen wird das kognitive Merkmal des Interesses aus theoretischen und methodischen Gründen jedoch verworfen (Krapp, 1992; Waldis, 2012). In der Interessentheorie nach Hidi et al. (2004) ist ein fundiertes Wissen über den Interessengegenstand hingegen eine Voraussetzung für das Interesse. Demnach kann eine Person erst dann Interesse an einem Gegenstand aufweisen, wenn bereits grundlegendes Wissen über den Gegenstand vorhanden ist (Hidi et al., 2004).

Ein weiteres Charakteristikum der pädagogischen Interessentheorie ist die Selbstintentionalität des Interesses (H. Schiefele et al., 1983). Demnach handelt eine Person nur dann aus Interesse, wenn allein die Auseinandersetzung mit dem Gegenstand ein Interesse auslöst oder die angestrebten Folgen der Handlung noch einen starken Bezug zum Gegenstand selbst aufweisen. Beschäftigt sich die Person hingegen mit dem Gegenstand, um in Folge dessen eine gute Note zu erhalten oder die Aufmerksamkeit der Eltern zu gewinnen, kann nicht von einer Interessenbeziehung gesprochen werden (Prenzel, 1988).

Inwieweit ein Experimentier- und Messkoffer dazu beitragen kann, das Interesse zu wecken, soll mit dem *Four-Phase-Model of Interest Development* (Hidi & Renninger, 2006) als Erweiterung des Modells nach Krapp (2002) erläutert werden. Das Modell zählt zu den aktualgenetischen Modell der Interessenentwicklung und unterscheidet sich von Modelle der ontogenetischen Ansätze (Krapp, 2005).

Während ontogenetische Ansätze langfristige Interessenverläufe wie Entwicklungsverläufe über die Lebensspanne betrachten, richten aktualgenetische Ansätze ihren Fokus auf die Entwicklung innerhalb einer konkreten Lernsituation. Ein Beispiel dafür ist das *Four-Phase-Model of Interest Development* (Hidi & Renninger, 2006).

Das Modell (Abbildung 2) unterscheidet vier aufeinander aufbauende Phase der Interessenentwicklung, welche sich hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von äußeren Bedingungsfaktoren und ihrer zeitlichen Stabilität unterscheiden (Hidi & Renninger, 2006). Die Person ist dabei zunehmend selbst in der Lage, ihren Umgang mit dem Interessengegenstand zu regulieren und auch Schwierigkeiten und Frustrationserlebnisse zu überwinden (Hidi et al., 2004). Zu jeder Zeit kann die Phase abbrechen und in eine frühere Phase zurück fallen oder verschwinden (Hidi & Renninger, 2006).

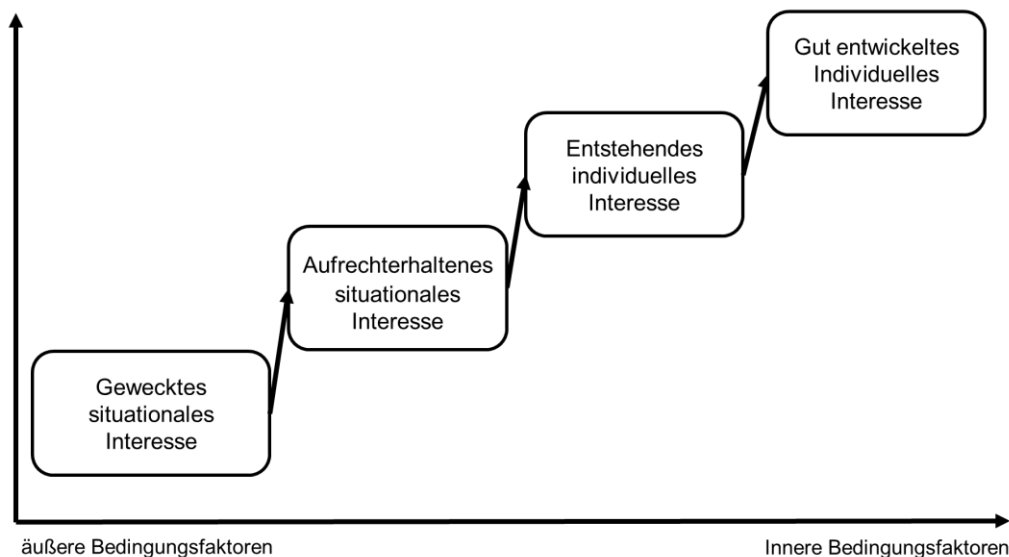


Abbildung 2: Four-Phase Modell der Interessenentwicklung nach Hidi & Renninger (2006)

Im Folgenden werden die vier Phasen des Modells kurz erläutert (Hidi & Renninger, 2006). Neben der Beschreibung der Phasen werden darüber hinaus Möglichkeiten der instruktionalen Unterstützung erläutert, die in dieser Phase zur Stabilisierung des Interesses beitragen können (Waldis, 2012).

1) Gewecktes situationales Interesse („triggered situational interest“)

In einem ersten Schritt wird das situationale Interesse geweckt und eine kurzfristige affektive und kognitive Veränderung hervorgerufen. Diese Veränderung kann durch eine überraschende oder widersprüchliche Information oder ein Ereignis persönlicher Relevanz und Intensität auftreten (Hidi & Renninger, 2006). Das Ereignis wird meist von außen initiiert und

könnte in der Schule mit dem Einsatz von Gruppenarbeiten oder Puzzles oder mit Computern unterstützt werden (Mitchell, 1993).

2) Aufrechterhaltenes situationales Interesse („maintained situational interest“)

In einem weiteren Schritt entsteht ein Zustand, in dem die Person eine erhöhte Aufmerksamkeit für den Interessengegenstand aufweist und diesen über einen geringen Zeitraum aufrechterhält. Die Person braucht in dieser Phase weniger äußere Anreize, um sich mit dem Gegenstand auseinander zu setzen. Vielversprechende Erfolge zur Aufrechterhaltung dieser Phase bieten insbesondere persönlich bedeutsame Aufgaben, sowie kooperatives und projektbasiertes Lernen (Hoffmann, 2002; Schraw, Flowerday & Lehman, 2001)

3) Entstehendes individuelles Interesse („emerging individual interest“)

Mit dem entstehenden individuellen Interesse beginnt die Phase, in der die Person in regelmäßigen Abständen über einen längeren Zeitraum die Auseinandersetzung mit dem Gegenstand selbstständig sucht. Der Interessengegenstand ist für die Person mit positiven Gefühlen und einem subjektiv hohen Wert besetzt. Zudem formuliert sie eigene Fragen zum Interessengegenstand. Im schulischen Kontext können Schülerinnen und Schüler in dieser Phase durch Freunde, Lehrkräfte oder Experten unterstützt werden, welche in schwierigen Phasen oder bei Problemen Hilfestellungen oder neuen Input leisten können (Hidi et al., 2004).

4) Gut entwickeltes individuelles Interesse („well developed individual interest“)

Die letzte Phase zeichnet sich durch eine zeitlich stabile Prädisposition der Person aus, die sich in der wiederholten Beschäftigung mit dem Interessengegenstand zeigt. Auf Grund der hohen Ausprägung der affektiven, wertbezogenen und kognitiven Merkmale des Interesses bei der Person ist sie in der Lage ihr Interesse an dem Gegenstand trotz Frustration, Schwierigkeiten oder Niederlagen selbstständig aufrechtzuerhalten. Im schulischen Kontext bedarf es in dieser Phase keiner externen Unterstützung mehr, jedoch können Möglichkeiten zum Austausch mit anderen sowie besonders herausfordernde Aufgabenstellungen zum weiteren Ausbau des Wissens hilfreich sein (Hidi et al., 2004).

Das beschriebene Modell gibt einen guten Einblick in verschiedene Entwicklungsphasen und ihre Bedingungen. Obgleich sich die Stufen der Interessenentwicklung theoretisch plausibel präsentieren, findet man nur wenig empirische Befunde zum situationalen Interesse und dem Aufbau der Entwicklungsphasen (Waldis, 2012). Unsicherheit besteht insbesondere in der Erfassung situationalen Interesses. Während dieses rückblickend über ein Schuljahr kritisch zu bewerten ist, sehen Autoren Alternativen in der intrinsischen Motivation und der Nützlichkeit von Wissen (Wigfield & Eccles, 2000), sowie der situationalen Neugier und der Wichtigkeit (Lewalter & Willems, 2009). Etwas häufiger finden sich hingegen empirische Befunde zum

Zusammenhang des Interesses mit der Gestaltung von Lernumgebungen, welche bereits in den Erläuterungen der Phasen mit einfließen (Mitchell, 1993).

Zusammenfassend präsentiert sich das Interesse in der pädagogischen Interessentheorie als eine kurz- oder langfristige positive Beziehung zwischen einer Person und einem Objekt, welche sich in wertbezogenen, affektiven und kognitiven Merkmalen zeigt. Durch die vergleichsweise starke Betonung des Objekts eignet sich das Interesse im Vergleich zu anderen motivationalen Theorien besonders für den pädagogischen Kontext.

2.1.2 Allgemeine und geschlechterspezifische empirische Befunde zur Ausprägung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik von Kindern und Jugendlichen

Interessen herauszuarbeiten und zu fördern, gilt neben leistungsbezogenen Zielen als ein wichtiges Ziel mehrdimensionaler Bildung (Krapp & Prenzel, 2011; Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2015). In zahlreichen Befunden erweist sich das Interesse sowohl als kurzfristig positives Erleben einer Lernsituation als auch als dispositionales Merkmal der Persönlichkeit von hoher Bedeutung für die Bildungsverläufe junger Menschen (Prenzel & Schütte, 2008; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016; Taskinen et al., 2013).

Interesse ist eng verknüpft mit der freudigen und bedeutungsvollen Seite des Lernens. Dadurch stellt es eine wichtige Voraussetzung für die selbstintentionale Auseinandersetzung mit Themenbereichen und langfristig auch für lebenslanges Lernen dar (Prenzel, Schütte & Walter, 2007). Gerade in einer modernen und innovativen Industriegesellschaft, in der Naturwissenschaften und Technik einen wichtigen Teil des gesellschaftlichen Lebens und Arbeitens darstellen, bildet das Interesse an diesen Disziplinen eine wichtige Voraussetzung für die Teilhabe an der Gesellschaft (Krapp, 1998). In verschiedenen Metastudien und Studien weist Interesse zudem über verschiedene Disziplinen hinweg positive Zusammenhänge zur schulischen Leistung von Kindern und Jugendlichen auf (Chiu & Xihua, 2008; Köller, Baumert & Schnabel, 2001; Krapp & Prenzel, 2011; U. Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993). Des Weiteren stellt das Interesse einen wichtigen Einflussfaktor in der Kurs- und Berufswahlentscheidung dar (Eccles, 1983, 2005; Prenzel & Schütte, 2008; Taskinen et al., 2013; Wigfield & Eccles, 2000). Im Bereich der Naturwissenschaften und insbesondere der Technik zeigen sich für das Interesse jedoch einige problematische Entwicklungen, welche sich in geringen Ausprägungen und in starken Geschlechterdifferenzen zeigen.

Die folgenden Kapitel werfen einen differenzierten Blick diese Herausforderungen in der Auseinandersetzung mit dem Interesse an Naturwissenschaften und Technik. Dazu werden zum

einen allgemeine empirische Befunde zur Ausprägung und Entwicklung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik berichtet (Kapitel 2.1.2.1). Anschließend werden darüber hinaus geschlechterspezifische Befunde präsentiert (Kapitel 2.1.2.1).

2.1.2.1 Allgemeine empirische Befunde zur Ausprägung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik von Kindern und Jugendlichen

Obgleich sich das individuelle und situationale Interesse in der Theorie plausibel voneinander abgrenzen lassen, erweist sich die Trennung in der Empirie als deutlich schwieriger. Schwerpunktmäßig findet das individuelle Interesse insbesondere in großangelegten Survey-Studien sowie in Korrelationsstudien als unabhängige Variable vermehrt Beachtung (Krapp & Prenzel, 2011; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Das situationale Interesse wird hingegen meist im Zusammenhang mit Gestaltungsmerkmalen von Unterricht betrachtet (Lewalter & Willems, 2009). Im Folgenden werden nun zunächst Befunde zur Ausprägung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik und anschließend Bedingungsfaktoren berichtet.

Auf den ersten Blick scheint das Interesse an Naturwissenschaften und Technik unter Jugendlichen gering ausgeprägt zu sein. So weisen großangelegte Survey-Studien wie PISA darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler in Deutschland im Vergleich zum OECD-Durchschnitt einen signifikant geringeren Mittelwert für Freude und Interesse an Naturwissenschaften aufweisen (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Nur 59% der Jugendlichen in Deutschland geben an, Spaß daran zu haben, sich mit naturwissenschaftlichen Themen zu befassen. Fragt man die Schülerinnen und Schüler jedoch nach dem Interesse an spezifischen naturwissenschaftlichen Themen, liegt der Mittelwert ihres Interesses leicht über dem OECD-Durchschnitt. Themen mit Bezug zu lebenden Systemen scheinen im Vergleich zu stärker physikalisch und technischen Themen wie Kräfte oder Energie, auf mehr Interesse zu stoßen. Besonders hohe Zustimmung des Interesses finden dabei die Themen „Wie Naturwissenschaften uns helfen können, Krankheiten zu verhindern“ (72,7%), „Das Universum und seine Geschichte“ (66,1%) und „Lebensräume (z.B. Ökosysteme, Nachhaltigkeit)“. Im Vergleich dazu zeigt sich eine geringere Zustimmung für die Themen „Bewegungen und Kräfte (z.B. Geschwindigkeit, Reibung, Magnetismus, Schwerkraft)“ (44,5%) und „Energie und ihre Umwandlung (z.B. Konservierung, chemische Reaktionen)“ (42,4%). Obgleich PISA in seinem Framework die Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik gleichermaßen betont, beschränken sich die Erhebungen zu Leistungen und Einstellungen schwerpunktmäßig auf Naturwissenschaften. Für das Interesse an Technik fehlen vergleichbare Befunde (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Potvin & Hasni, 2014b).

Das Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften, eine 2009 durchgeführte sozialwissenschaftliche Befragung von ca. 13 000 Schülerinnen und Schülern, Studierenden und Ingenieurinnen und Ingenieuren vor dem Hintergrund der Technikförderung (acatech/VDI, 2009), sollte

daher unter anderem mehr Einblick in die Interessen junger Menschen in der technischen Domäne gewähren. Schülerinnen und Schüler sollten dabei unter anderem auf einer fünfstufigen Skala angeben wie stark ihr Interesse an den ausgewählten Technologien und Naturwissenschaften ist. Insgesamt zeigten sich die Jugendlichen dabei nur wenig an Naturwissenschaften und noch weniger an neuen Technologien interessiert. Die Computertechnologie allgemein erfährt mit 38% die meiste Zustimmung des Interesses im Vergleich zu anderen Technologien wie Biologie, Chemie, Physik, Mathematik und Informatik, die mit rund 30% eine ebenfalls vergleichsweise hohe Zustimmung erhalten. Neue Technologien wie Nanotechnologie, Gentechnik, erneuerbare Energien und Luft- und Raumfahrt sind hingegen nur für weniger als 25% der befragten Schülerinnen und Schüler von etwas oder hohem Interesse. Eine mögliche Erklärung dafür könnten die geringen oder falschen Vorstellungen der Jugendlichen von diesen Technologien sein. Es sind eben genau diese Technologien, von denen der größte Anteil der Schülerinnen und Schüler angibt, keine Vorstellung zu haben (acatech/VDI, 2009). Disziplinen wie Biologie, Chemie, Physik oder Mathematik sind hingegen in vielen Bundesländern in Lehrplänen verankert.

Doch auch für die naturwissenschaftlichen Schulfächer weisen Schülerinnen und Schüler im Vergleich zu geisteswissenschaftlichen Fächern das geringste Interesse auf (Häussler, 2007; Potvin & Hasni, 2014a). Unter den naturwissenschaftlichen Fächern zeigen Schülerinnen und Schüler mehr Interesse an Fächern mit Bezug zu lebenden Systemen wie Biologie als an Fächern mit starkem Bezug zu Technik wie Physik (Potvin & Hasni, 2014a). Zudem zeigen die Befunde zum schulischen Interesse eine Verringerung des Interesses im Verlauf der Schulzeit, der für die naturwissenschaftlich-technischen und mathematischen Fächer mit Ausnahme des Fachs Biologie besonders stark ausgeprägt scheint (Ardies, Maeyer & Gijbels, 2015; Baumert & Köller, 1998; Krapp, 2003; U. Schiefele et al., 1993). Dieser Interessenabfall scheint jedoch nach querschnittlichen und längsschnittlichen Untersuchungen in der 10. Jahrgangsstufe wieder abzuflachen (Daniels, 2008; Hoffmann, Häußler et al., 1998). Ähnliche Befunde zeigen sich auch für die intrinsische Motivation in einer Längsschnittstudie aus dem anglo-amerikanischen Raum. Dabei sinkt das Interesse an den Fächern Biologie und Physik bis zum Alter von 16 Jahren ab, stabilisiert sich dann jedoch (Gottfried, Fleming & Gottfried, 2001). Potvin und Hasni (2014a) konnten aber zeigen, dass Schülerinnen und Schüler das Fach Physik durchgehend als sehr wichtig ansehen, allerdings wird es auch als besonders schwierig wahrgenommen.

Schlüsselt man die Interessen der Schülerinnen und Schüler am Fach Physik auf, zeigen sich starke Unterschiede zwischen einzelnen Themen und Kontexten. Besonders interessant bewerten Schülerinnen und Schüler Themen und Kontexte, welche Bezüge zur ihrer eigenen Erfahrungswelt aufweisen und nicht nur zum Begründen physikalischer Gesetze dienen (Hoffmann, Häußler et al., 1998).

Ausgehend von dem Schwinden des Interesses an Naturwissenschaften und Technik könnte man annehmen, dass Kinder im jüngeren Alter ein hohes Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Themen aufweisen. Großangelegte Bildungsstudien im Grundschulbereich bestätigen diese Annahme (Wendt, Steinmayr & Kasper, 2016). So berichten die befragten Kinder dort sehr positive Einstellungen gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht. In einer Interviewstudie gaben Kinder jedoch nicht an, Freizeitinteressen mit Bezügen zu Naturwissenschaften zu haben (vgl. Fölling-Albers, 1995). Eine weitere Studie zeigt allerdings, dass gerade im Vorschulalter die familiäre Förderung dieses Interesses zentral ist, damit Schülerinnen und Schüler das Interesse an einem Thema verfolgen (Alexander, Johnson & Kelley, 2012). Doch obgleich Kinder im jüngeren Alter in ihrer Freizeit noch keinen naturwissenschaftlich-technischen Hobbies nachgehen, zeigen sich Kinder im Vorschulalter in anderen Studien auf Nachfrage durchaus an Technik und technischen Tätigkeiten im Alltag interessiert (Baram-Tsabari & Yarden, 2005). In einer Studie zum Interesse von Grundschulern im Sachunterricht, bekunden Schülerinnen und Schüler dagegen mehr Interesse an biologisch ausgerichteten Themen als an technischen (Hansen & Klinger, 1997; Roßberger & Hartinger, 2000). Diese stellen jedoch meist kein dispositionales Merkmal ihres Selbstbildes dar. Grund dafür könnte unter anderen sein, dass Grundschüler in ihrem Interesse noch stark durch ihre Familie geprägt sind. Dennoch erweist sich das frühkindliche Interesse als guter Prädiktor für die spätere Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Angeboten (Alexander et al., 2012).

Obgleich das Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Berufen der Jugendlichen in Deutschland über dem OECD-Durchschnitt liegt und im Vergleich zu 2006 signifikant gestiegen ist, scheint es im Vergleich zum Bedarf zu gering ausgeprägt (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). So ziehen zwar 23 Prozent der Schülerinnen und Schüler in Erwägung, einen naturwissenschaftlichen oder technischen Beruf zu ergreifen, jedoch liegt davon nur ein geringer Prozentsatz in der technischen Domäne. Gerade hier erweist sich auf dem Arbeitsmarkt der höchste Bedarf (Bundesagentur für Arbeit, 2019).

2.1.2.2 Geschlechterspezifische Befunde zum Interesse an Naturwissenschaften und Technik von Schülerinnen und Schülern

Betrachtet man diese Befunde nun nach Geschlechtern getrennt, zeigen sich gerade für die Disziplinen Physik oder Technik starke Differenzen zwischen Jungen und Mädchen. Jungen weisen ein allgemein hohes und fast durchweg deutlich höheres Interesse daran auf als Mädchen (acatech/VDI, 2009; Buccheri, Gürber & Brühwiler, 2011; Hannover, Bettge & Scholz, 1993; Hoffmann, Häußler et al., 1998; W. B. Mawson, 2013; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Für Themen wie „*Energie und ihre Umwandlung*“ oder „*Bewegungen und Kräfte*“ zeigten sich Differenzen von 28 und 31 Prozentpunkten zugunsten der Jungen (Schiepe-Tiska, Simm et

al., 2016). Zudem weisen Jungen ein hohes Interesse an Computertechnologie allgemein, Elektrotechnik/Elektronik, Informatik und Maschinenbau auf, für die Mädchen sich kaum interessieren (acatech/VDI, 2009). So zeigte PISA 2015 erstmals signifikante Geschlechterunterschiede in Deutschland hinsichtlich der Freude und des Interesse an Naturwissenschaften zugunsten der Jungen (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016).

Dies bedeutet jedoch nicht, dass Mädchen sich nicht für Naturwissenschaften und Technik interessieren. Gerade an Themen wie Biologie, Mathematik, Chemie und Medizintechnik/Pharmazie zeigen sich Mädchen hoch interessiert (acatech/VDI, 2009). Obgleich sie die Bedeutung von Technik für die Gesellschaft ebenso hoch einschätzen wie Jungen (Hannover & Kessels, 2004; Jenkins & Nelson, 2010), berichten sie über mehr negative Gefühle in Hinblick auf Naturwissenschaften und Technik als Jungen (Ziefle & Jakobs, 2009). Ihr Interesse reagiert in Physik oder Technik deutlich empfindlicher auf Änderungen des Kontexts (Hoffmann, Häußler et al., 1998). So zeigen Mädchen Interesse an Naturwissenschaften und Technik, wenn sie im Zusammenhang mit lebenden Systemen stehen oder hohe Anwendungs- und Lebensweltbezüge aufweisen (Hannover et al., 1993; Hoffmann, 2002; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Für Themen wie „Wie Naturwissenschaften uns helfen können, Krankheiten zu verhindern“ zeigen sie mit einer Zustimmung von 77% sogar neun Prozentpunkte mehr Zustimmung als Jungen (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016).

Am Fach Physik, welches einen hohen Anteil solcher quantitativen Zugänge aufweist, zeigen Mädchen daher oftmals nur ein sehr geringes Interesse. Aus diesem Grund entwickelten Häußler und Hoffmann (1998) im Rahmen eines Modellversuchs speziell für dieses Fach ein Curriculum, welches sich an den Interessen der Mädchen orientiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass lebensnahe Themen, gesellschaftlich relevante, alltagsnahe und authentische Kontexte, sowie anwendungsorientierte und kooperative Aktivitäten verankert wurden. Dabei zeigten sich sowohl kognitiv als auch affektiv positive Entwicklung bei Jungen und Mädchen. Lediglich im physikalischen Selbstkonzept blieben Mädchen weiterhin hinter ihren männlichen Klassenkameraden (Häußler, 2008).

Auch praktische „hands-on“ Aktivitäten scheinen für das Interesse von Mädchen von Bedeutung zu sein. Eine Studie untersuchte den Effekt praktischer technischer Tätigkeiten für das technische Problemlösen. Schülerinnen und Schüler sollten dabei ein eigenes Computerprogramm schreiben, um anschließend einen Kurzfilm zu erstellen. Die praktische Tätigkeit zeigte sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen einen Effekt auf das Interesse. Mädchen profitierten jedoch nochmal stärker davon als Jungen (Hannover, 1992).

Aus diesem Grund stellen außerschulische Lerngelegenheiten attraktive Alternativen da, in denen Schülerinnen und Schüler verschiedene Facetten naturwissenschaftlich-technischen

Arbeitens erleben. So erhielten die Schülerinnen und Schüler in einer authentischen Gestaltung eines Freizeitangebots im Bereich Technik die Möglichkeit, sich ein realistischeres Bild vom Beruf des Ingenieurs zu machen. Insbesondere Schülerinnen, welche sich diesem Bild als ähnlich empfanden, wiesen im Anschluss ein höheres Interesse am Fach Physik auf (Hannover & Kessels, 2002). Insgesamt zeigen außerschulische Angebote positive Einflüsse auf das Interesse an Naturwissenschaften und Technik (Engeln, 2004; Pawek, 2009) und liefern zum Teil anregende Best Practice Beispiele für den Unterricht (Acar Sesen & Tarhan, 2013; acatech, 2011).

Diese geschlechertypischen Präferenzen zeichnen sich nur zum Teil in der Grundschule ab (Fölling-Albers, 1995; Hansen & Klinger, 1997). So weisen sowohl Schülerinnen als auch Schüler in der Grundschule hohe positive Einstellung gegenüber dem Sachunterricht -dem Unterricht in dem die Naturwissenschaften in der Grundschule verankert sind- auf (Wendt et al., 2016). Sie unterscheiden sich dabei nicht signifikant voneinander. Während sich diese Einstellungen bei den Mädchen zwischen dem Jahr 2015 und 2007 als stabil zeigt, zeigt sich für die Jungen für diesen Abschnitt ein signifikant geringer Rückgang. Weitere Studien berichten hinsichtlich des Freizeitverhaltens bei Jungen jedoch ein stärker ausgeprägtes Interesse an Hobbies mit technischem oder handwerklichem Inhalten als Mädchen (Rost & Pruisken, 2000). So ist das Interesse der Jungen an technischen, physikalischen und chemischen Themen in dem Alter nicht nur stärker ausgeprägt, sondern auch die Differenz zwischen dem Interesse von Jungen und Mädchen an diesen Themen ist deutlich höher als im Bereich der biologischen und sozialen Themen der Naturwissenschaften (Hansen & Klinger, 1997). Im Vorschulalter unterscheiden sich Jungen und Mädchen hinsichtlich des Interesses in ihrer Freizeitgestaltung diesbezüglich jedoch noch kaum (Mawson, 2010). Während jedoch das Interesse von Jungen an Naturwissenschaften und Technik bereits bei moderater Ausprägung gefördert wird, erhalten Mädchen die Förderung ihrer Familie erst bei einem intensiv ausgeprägten Interesse an Naturwissenschaften und Technik (Alexander et al., 2012).

Dies scheint sich auch in der naturwissenschaftsbezogenen Berufserwartung der Fünfzehnjährigen widerzuspiegeln (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). So lässt sich die Zunahme des Interesses für diese Berufsfelder in den letzten Jahren insbesondere auf die Jungen zurückführen, während die naturwissenschaftsbezogenen Karriereerwartungen der Mädchen über die Zeit stabil blieb. Diese Entscheidung scheint dabei im Zusammenhang mit einer geringeren Ausprägungen der Freude, des Interesses und der instrumentellen Motivation der Schülerinnen zu stehen (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016).

2.1.3 Zusammenfassende Überlegungen zu theoretischen Modellen und empirischen Befunden des Interesses

Die Abnahme des Interesses an Naturwissenschaften und Technik, sowie die geschlechter-spezifischen Entwicklungen zur Benachteiligung der Mädchen im Kontext der Naturwissenschaften und Technik lassen sich als Begründung heranziehen, Interessenfördernde Möglichkeiten für Jungen und Mädchen im Unterricht weiter zu untersuchen und Maßnahmen zu entwickeln.

Befunde verweisen darauf, dass sich die Interessen von Schülerinnen und Schülern im Laufe des Lebens zunehmend spezialisieren (Ferdinand, 2014). Daher bildet die Auswahl aber auch die Abkehr von Interessengegenständen eine wichtige Entwicklungsaufgabe junger Menschen. Dass sich diese Abkehr von Naturwissenschaften und Technik im Vergleich zu anderen Fächern und Themen besonders stark abzeichnet, muss jedoch kritisch betrachtet werden. Insbesondere die Interessenentwicklung der Mädchen kann dazu führen, dass ihnen wichtige Entwicklungs- und Interessenmöglichkeiten verborgen bleiben und sie in ihrer späteren Studien- und Berufswahl eingeschränkt sein könnten. Im Sinne von Krapp (1998) – und auch im Sinne der folgenden Arbeit- ist es jedoch nicht das Anliegen der Schule, alle Schülerinnen und Schüler für alle Fächer gleichermaßen zu begeistern. Vielmehr geht es darum, möglichst häufig Gelegenheiten zu schaffen, damit ein situationales Interesse entsteht und sich dieses verfestigt. Damit sollen möglichst positive Lernerlebnisse und eine langfristige Offenheit gegenüber Naturwissenschaften und Technik gewährleistet werden, auf Basis deren spätere Freizeit-, Kurs- und Berufswahlentscheidungen getroffen werden können.

Theoretische Modelle und empirische Befunde zeigen zwar, dass das individuelle Fachinteresse gute Vorhersagewerte für das situationale Interesse und die positive Bewertung der Lernumgebung liefert, jedoch nicht allein ausschlaggebend für die Entstehung des situationalen Interesses ist (Lewalter & Willems, 2009; Y.-M. Tsai, Kunter, Lüdtke, Trautwein & Ryan, 2008). Bis aus einer ersten Neugier an einem Interessengegenstand ein stabiles individuelles Interesse werden kann, bedarf es vermehrt externer Unterstützung (Hidi & Renninger, 2006). In der Literatur findet man dabei unter anderem die Unterstützung der Selbstbestimmung der Lernenden (Deci & Ryan, 1993; Prenzel & Drechsel, 1996) oder für die Naturwissenschaften die selbstständige und aktive experimentelle Auseinandersetzung mit authentischen und lebensweltnahen Inhalten (Möller, 2014; Parchmann, 2000). Obgleich diese Befunde insbesondere für den naturwissenschaftlichen Unterricht schon seit längerer Zeit bekannt sind, erfolgt die Anwendung im Unterricht bisher noch unzureichend. Konkrete Konzepte für den Unterricht, welche wissenschaftliche Erkenntnisse anwenden und umsetzen, könnten die Umsetzung im Unterricht erleichtern. Die folgende Arbeit fokussiert sich dabei auf Einsatz von Experimentier- und Messkoffer, um das Interesse an Naturwissenschaften und Technik konkret zu fördern.

2.2 Experimentier- und Messkoffer zur Gestaltung eines problemorientierten Unterrichts

Das folgende Kapitel geht nun der Frage nach, inwieweit Experimentier- und Messkoffer geeignet sind, um den Lebensweltbezug und das Interesse im naturwissenschaftlichen Unterricht zu steigern. Ein Ansatz, der dieses Ziel unter anderem verfolgt, ist der didaktische Ansatz der Problemorientierung. Dieser wird im Folgenden anhand drei zentraler Gestaltungsmerkmale präsentiert. Die folgenden Kapitel berichten zunächst allgemein und anschließend für die Gestaltungsmerkmale einzeln theoretische Überlegungen des Ansatzes in Bezug auf Experimentier- und Messkoffer sowie empirische Befunde zur Wirksamkeit des Ansatzes in Bezug auf das Interesse (Kapitel 2.2.1 bis Kapitel 2.2.3). Eine zusammenfassende Überlegung rundet das Kapitel ab (Kapitel 2.2.4).

Die Wurzeln des problemorientierten Lernens gehen dabei weit in die Anfänge konstruktivistischer Lerntheorien hinein (Dewey, 1910; Piaget, 1930). Das didaktische Konzept der Problemorientierung im Unterricht wurde durch eine Reform in den 1970er Jahren bekannt, in der es ursprünglich für Medizinstudierende an Hochschulen entwickelt wurde. Den Studierenden wurden realistische medizinische Fälle präsentiert, welche sie in Phasen von Gruppen- und Einzelarbeiten anhand einer vorgegebenen Struktur analysieren und lösen sollten (Savery, 2006). Besondere Aufmerksamkeit kam dabei dem Wechsel zwischen Gruppen- und Einzelarbeit zu, in denen die Gruppe die Wissenslücken gemeinsam identifizierten und anschließend in Einzelarbeit das Wissen selbst erwarben. Im Mittelpunkt des Prozesses stand das Problem und dessen Lösung (Barrows, 1996). Nach erfolgsversprechenden Ergebnissen hinsichtlich der Leistung, dem Transfer und der Motivation der Studierenden, übernahmen auch andere Fakultäten das Vorgehen (Reich, 2003). Die Konzepte wurden anschließend zielgruppengerecht weiterentwickelt und erhielten unter Namen wie problemorientiertes Lernen, problembasiertes Lernen oder forschend-entdeckendes Lernen (engl. Inquiry-based learning) Einzug in Bildungseinrichtungen verschiedenster Altersstufen (Delisle, 1997; Lambros, 2004; Preckel, 2004; Savery, 2006). Ähnlich wie in technischen Disziplinen zielen die didaktischen Ansätze des problemorientierten oder problembasierten Lernens auf die Lösung des Problems ab (Savery, 2006). Im Mittelpunkt des forschend-entdeckenden Lernens steht hingegen – wie in den Naturwissenschaften zentral – die Erforschung der Problemsituation (Duit & Treagust, 1998). Metastudien zum problemorientierten und problembasierten Lernen weisen auf eine überwiegend positive Wirkung der Ansätze auf motivational-affektive Orientierungen der Studierenden hin (Dochy, Segers, van den Bossche & Gijbels, 2003; A. Walker & Leary, 2009). Diese bedienen sich jedoch zum größten Teil der Studien aus dem Hochschulbereich verschiedener Disziplinen (Dochy et al., 2003; Gijbels, Dochy, van den Bossche & Segers, 2005; A. Walker

& Leary, 2009). Metastudien, welche das problembasierte Lernen auch in der Schule berücksichtigen, kommen zu dem Schluss, dass problembasiertes Lernen das Interesse wecken und aufrechterhalten kann, wenn die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler zwar unterstützt, aber sie nicht zu stark lenkt (Furtak et al., 2012; Gijbels et al., 2005; Haas, 2005). Eine amerikanische Metaanalysen zum forschend-entdeckendem Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht zeigt zum Teil positive, keine als auch negative Zusammenhänge zwischen motivational-affektiven Merkmalen und dem forschend-entdeckenden Lernen (Minner, Levy & Century, 2010). Die Unterschiede in der Wirkung erklären sich die Autoren mit starken Unterschieden in der Umsetzung. Dies kann auch anhand der folgenden Einzelstudien gezeigt werden.

Studien zum problemorientierten Ansatz im deutschsprachigen Raum zeigen ebenfalls unterschiedliche Wirkung auf die motivationalen Orientierungen. In einer explorativen Studie zu einer problembasierten Unterrichtssequenz zum Thema Ökologie von Realschülerinnen und -schülern im Alter zwischen 11 und 14 Jahren schätzten sich die Schülerinnen und Schüler neugieriger ein als im traditionellen Naturwissenschaftsunterricht (Roesch, Nerb & Riess, 2015). Auch in einem problemorientierten Mathematikunterricht mit Videos als Lernunterstützung, berichteten die Schülerinnen und Schüler im Anschluss ein überdurchschnittliches hohes Interesse an Mathematik und komplexen Problemen (Hickey, Moore & Pellegrino, 2001). In einer längsschnittlichen Untersuchung von sieben schweizerischen Gymnasien mit Versuchs- und Kontrollgruppe zeigt eine problemorientierte Lernumgebungen im Rahmen einer quasi-experimentellen Studie jedoch keine Effekte auf die Entwicklung des situationalen Interesses über ein Jahr und negative Effekte auf die intrinsische Motivation im Vergleich zur Kontrollgruppe (Schumann, 2010). Die Versuchsgruppe wies einen signifikant höheren Anteil kooperativer Lernformen nach einem halben Jahr auf als die Kontrollgruppe. Dies schien jedoch ebenso wie die Problemorientierung keinen positiven Einfluss auf die Entwicklung der Lernmotivation, der intrinsische Motivation und des Interesses im Verlauf des Schuljahres zu zeigen. Da das situationale Interesse bereits im Laufe der Woche starke Schwankungen aufweist (Y.-M. Tsai et al., 2008), erscheint eine aussagekräftige Messung zu drei Messzeitpunkten über ein Schuljahr hinweg jedoch kritisch.

Nach Befunden von Metastudien geht die zum Teil widersprüchliche Wirkung von problemorientierten Lernumgebungen auf große Unterschiede in der Umsetzung zurück. So wird die Problemorientierung sowohl als Instruktionsart, Lernsequenz, als auch als didaktisches Prinzip eines ganzen Curriculums genutzt, was die Effekte nur schwer vergleichbar macht (Furtak et al., 2012; Gijbels et al., 2005; Haas, 2005). Den Umsetzungen gemein ist ihre konstruktivistische Auffassung von Lernen (Brovelli & Wilhelm, 2009; Reich, 2003; Reusser, 2005). Im Konstruktivismus erfolgt Lernen in einem individuellen und aktiven Prozess der Wissenskonstruktion. Schülerinnen und Schüler werden demnach nicht von der Lehrkraft instruiert, sondern erwerben das Wissen in einer selbstgesteuerten, aktiven und sozialen Auseinandersetzung

mit dem Gegenstand. Trotz großer Unterschiede in der Umsetzung der Problemorientierung im Unterricht, zeigen die Ansätze durchweg Gemeinsamkeiten wie eine authentische Problemstellung, eine inhaltliche Strukturierung sowie kooperative und handlungsorientierte Lernformen (Barrows, 1986; Brovelli & Wilhelm, 2009; Pease & Kuhn, 2011; Preckel, 2004; Wijnia, Loyens & Derous, 2011; Zumbach, 2003). Experimentier- und Messkoffer stellen dabei eine Möglichkeit dar, um die Lehrkraft bei der Umsetzung dieser drei zentralen Merkmale zu unterstützen. Aus diesem Grund werden in Kapitel 2.2.1 die authentische Problemstellung, in Kapitel 2.2.2 die inhaltliche Strukturierung und in Kapitel 2.2.3 die kooperativen und handlungsorientierten Lernformen als zentrale Gestaltungsmerkmale etwas genauer betrachtet. Innerhalb der einzelnen Kapitel wird nach einer kurzen Definition der Frage nachgegangen, inwieweit Tools wie Experimentier- und Messkoffer dabei unterstützen können und welchen Einfluss die Umsetzung dieser Merkmale auf das Interesse haben.

2.2.1 Authentische Problemstellung

In der Problemorientierung als didaktischen Ansatz soll das Problem als Auslöser dienen, dass Schülerinnen und Schüler einen Fall analysieren, eine Regel anwenden, eine Entscheidung treffen oder eine Diagnose stellen (Duffy, Cunningham & Jonassen; Jonassen, 2000). Ein Problem wird dabei definiert als eine Barriere zwischen einem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand, welche in Form einer schwierigen oder ungelösten Aufgabe, einer Fragestellung oder einer besonderen Schwierigkeit auftritt (Barrows, 1986). In der Literatur wird unterschieden zwischen wohl definierten Problemen („well-defined“) und fachlich bedeutsamen, authentischen Problemen („ill-defined“) (Reusser, 2005). Während Personen für die Probleme der ersten Kategorie bereits das vorhandene Wissen besitzen, muss zur Lösung der Probleme der zweiten Kategorie das Wissen vorerst erworben werden (Reusser, 2005).

Im Sinne des didaktischen Konzepts der Problemorientierung ist ein Problem optimal, bei dem die Lücke zwischen dem Vorwissen der Lernenden und dem notwendigen Wissen zur Problemlösung eine herausfordernde, aber überwindbare Basis darstellt. Damit soll vermieden werden, dass die Person aus Langeweile oder aus Überforderung das Problem nicht bearbeitet (Zumbach, 2006). Eine Möglichkeit solche authentischen Probleme aus der eigenen Umwelt sichtbar zu machen, bieten Experimentier- und Messkoffer. Mit den darin enthaltenen Experimentier-Materialien oder Messgeräten können wir Bedingungen unserer direkten Umwelt erfassen, die wir mit unseren eigenen Sinnen nicht wahrnehmen können.

Ein weiteres Kriterium der Problemstellung im didaktischen Ansatz der Problemorientierung stellt die Authentizität des Problems dar. Bernholt (2013) unterscheidet dabei drei Arten der Authentizität - Authentizität orientiert am Schüler, an der Disziplin (z.B. Technik oder Naturwis-

senschaft) und am Kontext (Buxton, 2006). Authentizität in Hinblick auf den *Schüler* berücksichtigt die bisherigen Erfahrungen, Interessen und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler. Ein authentisches Problem in diesem Sinne bezieht sich daher auf die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler und greift Situationen ihres Alltags auf. Authentizität bezüglich der *Disziplin* zeigt sich darin, dass Tätigkeiten und Themen bearbeitet werden, mit denen sich Fachkräfte dieses Gebiets tatsächlich beschäftigen. Ein authentisches Problem der Disziplinen Naturwissenschaften und Technik wäre beispielsweise die Arbeit in Laboren mit realistischen Utensilien oder die Komplexität des Klimawandels. Orientiert sich die Authentizität am *Kontext*, sind fachliche Inhalte in einen lebensweltnahen Kontext der Schülerinnen und Schüler eingebettet anstatt fachliches Wissen isoliert zu betrachten (Buxton, 2006). Es stellt damit einen Kompromiss zwischen der Authentizität am Schüler und der Authentizität der Disziplin dar. Schulische und außerschulische Projekte im Bereich Naturwissenschaften und Technik fokussieren insbesondere die Authentizität am Schüler und die Authentizität am Kontext (Parchmann et al., 2006; Prenzel, Friedrich et al., 2009). Nach dem Modell von Authentizität in Lehr-Lernkontexten nach Betz, Flake, Mierwald und Vanderbeke (2016) entsteht Authentizität in einem Zusammenspiel aus Merkmalen der Person und Merkmalen des Lernsettings. Bei der Person sind Merkmale wie Vorwissen und Vorerfahrung, epistemologische Überzeugungen, Individuelle Interessen, Geschlechter, Alter und sozialer Hintergrund entscheidend für die individuelle Empfänglichkeit der Authentizität. Material, Lernort, Vermittler, Inhalt, Methode und Innovationen können hingegen dazu beitragen, dass das Lernsetting authentisch wahrgenommen wird (Betz, 2018). Experimentier- und Messkoffer nehmen darauf auf unterschiedliche Weise Einfluss. Zum einen enthalten Experimentier- und Messkoffer Materialien, mit denen Schülerinnen und Schülern auf unterschiedliche Weise arbeiten können. Neben Arbeitsblätter oder Informationsmaterialien, sind oftmals Materialien zum Ausprobieren enthalten. Dies kann Experimentierwerkzeuge oder Messgeräte ebenso wie lebende Objekte umfassen. Experimentier- und Messkoffer erhöhen zudem die Authentizität des Lernorts, in dem sie ihn selbst zum Gegenstand der Untersuchung machen. Experimente oder Messgeräte selbst werden auch zum Vermittler von authentischen Erkenntnissen und Lernprozessen oder tragen durch ihre inhaltliche Ausrichtung oder die Lehr-Lernmethoden, wie zum Beispiel Messen und Experimentieren zur Authentizität bei. Auch innovative Erkenntnisse oder aktuelle Forschungsbefunde können in Experimentier- und Messkoffern vermittelt werden. Durch die Auswahl der Themen für die Koffer im Sinne eines hohen Lebenswelt- und Anwendungsbezug, bieten sie eine Möglichkeit authentische Themen aus Industrie- und Forschung kennenzulernen. Mit den Experimentier-Materialien und den Messgeräten stehen ihnen zudem Tools zur Verfügung, die oftmals auch in professionellen Settings genutzt werden. Auch im Alltag von Schülerinnen und Schüler spielt die Nutzung von Tools zur Messung des eigenen Verhaltens

oder der eigenen Umwelt eine wichtige Rolle (Kent & Facer, 2004). Experimentier- und Messkoffer können daher enge Bezüge zur Umwelt oder zum eigenen Körper der Schülerinnen und Schüler herstellen, indem beispielsweise Messdaten über den Arbeits- und Lernort Schule oder den eigenen Gesundheitszustand erhoben werden.

Mit der authentischen Problemstellungen sollen Schülerinnen und Schüler besser in ihrer Lebenswelt abgeholt werden und dadurch neben der höheren Anwendbarkeit und Nachhaltigkeit des Wissens, die Motivation der Lernenden angeregt werden (Gruber, Mandl & Renkl, 1999; Kuhn, Müller, Müller & Vogt, 2010; Müller, Gartmeier & Prenzel, 2013). In Deutschland erhielt diese Idee durch die Projekte wie *Chemie im Kontext* (Parchmann, 2000), *Physik im Kontext* (Duit, 2007), *Biologie im Kontext* (Bayrhuber et al., 2007) oder *SINUS* (Prenzel, Friedrich et al., 2009) besondere Aufmerksamkeit. Dabei erwarben Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Basiskonzepte, indem sie sich in Kontexten mit hohem Lebensweltbezug damit auseinandersetzen. Verschiedene Befunde zeigen, dass Schülerinnen und Schüler in einem solchen Unterricht ein höheres Interesse am Fach berichten und dem Thema einen höheren persönlichen und gesellschaftlichen Wert zuschreiben (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Betz, 2018; Fey et al., 2004; Freire, Faria, Galvão & Reis, 2013; Hoffmann, Krapp, Renninger & Baumert, 1998; King, Ritchie, Sandhu & Henderson, 2015; Kobarg et al., 2011; Potvin & Hasni, 2014b; Schminke, Pfeiffer & Haag, 2007). Auch das situationale Interesse scheint im Unterricht mit authentischen Kontexten stärker ausgeprägt ist als im rein fachlich orientierten Unterricht (Dierks, Höffler, Blankenburg, Peters & Parchmann, 2016; Fechner, 2009; Kölbach & Sumfleth, 2013; Rotgans & Schmidt, 2017). Ist jedoch der Kontext zu weit entfernt vom Fachinhalt, zeigt sich dies in einer Verringerung des situationalen Interesses (Kölbach & Sumfleth, 2013). Die Aktualität des Kontexts ist hingegen weniger ausschlaggebend (van Vorst, Fechner & Sumfleth, 2013). Inwieweit ein Kontext von den Schülerinnen und Schülern tatsächlich als relevant und wichtig empfunden wird, bleibt in vielen Studien jedoch unberücksichtigt (Haugwitz, 2009).

Betrachtet man das Interesse von Schülerinnen und Schüler am Fach im Längsschnitt, zeigt sich für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit lebensweltbezogenen Kontexten ein stabiles oder steigendes Interesse am Fach, während das Interesse der Kontrollgruppe hingegen im Laufe des Schuljahres absank (Häussler & Hoffmann, 2000).

Die Ergebnisse einer Metastudie von 228 Studien aus den Jahren 2000 bis 2012 weisen darauf hin, dass der Kontext das Interesse am Fach, die Lernmotivation und die Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik stärker beeinflusst als das Schulfach per se (Potvin & Hasni, 2014b). So zeigte sich beispielsweise in einem Physikunterricht, in dem physikalische Themen in einen medizinischen Kontext gestellt wurden, dass das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik und die Interessantheit des Unterrichts signifikant höher ausgeprägt

war als in der Kontrollgruppe ohne die Einbettung in den medizinischen Kontext (Berger, 2002). In chemischen Aufgaben zeigte sich durch die Einbettung von Themen in einen lebensweltlichen Kontext eine geringere lernbezogene Textbelastung, was Schülerinnen und Schüler oftmals als positiv erleben (Harbach, 2013).

Studien in Schülerlaboren, in denen Schülerinnen und Schüler in authentischen Lernumgebungen experimentieren und forschen, berichten fast durchweg positive Befunde für das situationale Interesse (Betz, 2018; Engeln, 2004; Pawek, 2009; Plasa, 2013). Betz (2018) konnte in einer quasi-experimentellen Studie nachweisen, dass das situationale Interesse insbesondere auf die authentische Gestaltung der Materialien und des Lernsettings zurück zu führen ist. Die Authentizität wurde von den Schülerinnen und Schülern dabei in Schülerlaboren jedoch höher eingeschätzt als in der Schule (Betz, 2018). Allerdings zeigen sich Schülerlabore in Studien kaum nachhaltig auf das individuelle Interesse (Guderian & Priemer, 2008; Schütte & Köller, 2015; M. Streller, 2015).

Damit erweist sich die Authentizität als ein zentraler Faktor für die Herstellung des Lebensweltbezugs und die Förderung des Interesses. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Authentizität von den Schülerinnen und Schülern genauso wie von der Lernsituation beeinflusst wird. Sie kann sich dabei sowohl an der Disziplin, dem Kontext und dem Schüler orientieren. In Studien zeigt sich die Orientierung am Kontext besonders dann als interessenfördernd, wenn diese einen hohen Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler aufweisen.

2.2.2 Inhaltliche Strukturierung

Mit dem Prinzip der Problemorientierung geht auch eine inhaltliche Strukturierung einher, welche neben dem transparenten Ablauf und der tutoriellen Begleitung vor allem durch Freiräume und Autonomie bestimmt ist.

Die Problemstellung bildet dabei nicht nur ein motivierendes Beispiel zu Beginn der Lerneinheit oder ein Beispiel für die Veranschaulichung des Unterrichtsstoffes, sondern gibt im Idealfall die Struktur für den gesamten Lernprozess vor (Duffy et al.). Indem Schülerinnen und Schüler den Erkenntnisprozess selbstständig durchlaufen, erfahren sie Wissen nicht länger nur als Endprodukt (Reusser, 2005). Sie erhalten stattdessen Möglichkeiten eigene Erfahrungen zu machen, Umwege zu gehen und zu korrigieren, eigene Strategien zu entwickeln und zu überprüfen, selbst Lösungen zu finden und eigene Haltungen zu entfalten. Durch die Vorgabe der Schritte erhalten Lernende trotz der Komplexität der realistischen Problemstellung eine Struktur, welche ihnen in unsicheren Phasen eine Orientierung gibt (Brovelli & Wilhelm, 2009).

Dabei zeigen sich Unterschiede für den problemorientierten Ansatz, welcher einem eher technischen Vorgehen entspricht, und dem forschend-entdeckenden Ansatz, welcher einem stärker naturwissenschaftlichen Vorgehen nachkommt (Stemmann & Lang, 2014).

Ein prototypisches Vorgehen des problemorientierten Vorgehens bildet die sogenannte „Siebensprungmethode“ („seven steps“) nach Barrows (1986). Diese besteht aus einer Abfolge der sieben (bzw. acht) folgenden Schritten:

- (1) Fall lesen/ Begriffe klären
- (2) Problem bestimmen
- (3) Problem analysieren
- (4) Erklärungen ordnen
- (5) Lernziele formulieren
- (6) Informationen beschaffen
- (7) Informationen austauschen
- (8) Evtl. Evaluation

Ausgangslage dafür bildet ein realistischer Problemfall. In Kleingruppen wird der Fall zunächst gelesen und das Problem genau identifiziert, analysiert und verschiedene Erklärungen für das Problem gesucht. Anschließend werden Lernziele formuliert, welche sich die einzelnen Gruppenmitglieder im Selbststudium aneignen. Danach finden sie sich erneut in Kleingruppen zusammen, um die Informationen auszutauschen und den Fall damit zu lösen (Brovelli & Wilhelm, 2009).

Die inhaltliche Strukturierung nach dem forschend-entdeckende Lernen orientiert sich am Kreislauf der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (NRC, 1996):

- (1) Fragestellung formulieren
- (2) Hypothesen bilden
- (3) Experiment planen, durchführen und auswerten
- (4) Schlussfolgerungen ziehen

Ausgangspunkt des forschend-entdeckenden Lernens bilden Fragestellungen, welche durch die Schülerinnen und Schüler selbst oder die Lehrkraft initiiert werden. Anschließend werden aus dem Vorwissen eigene Hypothesen formuliert. Mit Hilfe von Experimenten werden die Hypothesen überprüft und anschließend Schlussfolgerungen gezogen. Daraus können sich weitere Fragestellungen ergeben (Frischknecht-Tobler & Labudde, 2010).

Beiden Vorgehensweisen geht eine Problem- oder Fragestellung voraus, welche den weiteren Prozess bestimmt. Während sich die Analyse im problemorientierten Vorgehen stärker auf die Lösung des Problems bezieht, wird im forschend-entdeckenden Lernen vorrangig die Problemsituation selbst analysiert. Abschließend werden Schlussfolgerungen in Form einer Lösung oder einer neuen Erkenntnis gezogen.

Diese Struktur kann sowohl in Form von Impulsunterricht, Gruppenpuzzeln, Planspielen oder Fallstudien bis hin zur problembasierten Erarbeitung von Stoffgebieten über ein Quartal oder ein Semester umgesetzt werden. Die Strukturierung kann dabei explizit durch die Lehrkräfte oder durch Materialien vorgegeben werden oder sich intuitiv durch den Umgang mit Materialien

oder Messgeräten ergeben (Barrows, 1996; Hmelo-Silver, 2004; Wijnia et al., 2011; Zumbach, 2003). Werden Schülerinnen und Schüler in diesem Prozess durch eine Lehrkraft oder eine Betreuungsperson begleitet, können mögliche Diskrepanzen zwischen dem erhofften Lerneffekt und den tatsächlichen Lernerfolgen verhindert werden (Hillmayr et al., 2017; Zumbach, 2003). Im Unterschied zum problembasierten Ansatz, unterstützt der Tutor beim forschend-entdeckenden Lernen nicht nur, sondern stellt zum Teil auch inhaltliche Informationen bereit (Savery, 2006). Damit Schülerinnen und Schüler den Prozess jedoch verinnerlichen und auch mögliche Unterschiede der Naturwissenschaften und Technik verstehen, kann das explizit machen des Vorgehens sinnvoll sein. Gerade Anfänger profitieren von den kommunikativen Fähigkeiten der Begleitung, die Begriffe erläutert und den Ablauf klar strukturiert (Schmidt, Loyens, van Gog & Paas, 2007). Eine eher zurückhaltende Unterstützung durch die Lehrkraft kann die Autonomie der Lernenden fördern (Deci & Ryan, 2002).

Experimentier- und Messkoffer können jedoch durch Impulsfragen oder durch den Aufforderungscharakter der Experimentiermaterialien oder Messgeräte diese Struktur unterstützen. So geben Messgeräte beispielsweise direkte Rückmeldungen über die Werte oder die Güte der Werte und führen so dazu, dass Schülerinnen und Schüler diese verstehen oder verbessern. Sie versuchen dabei eigene Hypothesen aufstellen, Systematiken nachzuvollziehen und Heuristiken zu überprüfen. Ohne den Prozess explizit zu machen, kann somit ein Erkenntnisprozess oder Lösungsprozess angestoßen werden, ohne dass die Schülerinnen und Schüler explizit dazu aufgefordert wurden. Um dieses Wissen jedoch explizit zu machen, bedarf es der (gemeinsamen) Reflexion des Prozesses.

Neben Fachwissen, methodischem Wissen, reflektierende und metakognitive Fähigkeiten, sollen Schülerinnen und Schüler ihr Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und ihre Interesse stärken (Reusser, 2005). In einer Metaanalyse zeigt sich eine inhaltliche Strukturierung und eine Lernbegleitung im Unterricht als durchweg förderlich für den Lernprozess von Schülerinnen und Schülern (Seidel & Shavelson, 2007). Insbesondere für den forschend-entdeckenden Unterricht zeigt sich eine Struktur der Offenheit und des selbstständigen Arbeitens, in der Schülerinnen und Schüler Autonomie erleben, gepaart mit der Unterstützung durch die Lehrkraft besonders wirkungsvoll für das Interesse (Furtak & Kunter, 2012; Schütte & Köller, 2015; Seidel, Rimmele & Prenzel, 2003; Tesch & Duit, 2004). Dies zeigt sich gerade im anfänglichen Stadium des situationalen Interesses und bei dessen Aufrechterhaltung als sinnvoll (Lewalter & Willems, 2009).

Werden Klassen hingegen zu eng geführt, zeigen Beispiele aus dem Physikunterricht negative Effekte auf das Interesse der Lernenden am Fach (Seidel et al., 2003). Inwieweit sich Unterschiede in der inhaltlichen Strukturierung zwischen einem stärker technischen Problemlöseprozess und der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zeigen, wurde bisher nicht näher betrachtet. Empirische Befunde zeigen jedoch, dass in deutschen Klassenzimmern die

Lernbegleitung und Strukturierung nur unzureichend im Sinne Interessenfördernder Lernbedingungen durchgeführt wird (Seidel et al., 2003; Tesch & Duit, 2004). Lehrkräfte übernehmen meist einen großen Redeanteil im Klassenzimmer und strukturieren durch eine enge Führung (Tesch & Duit, 2004).

2.2.3 Kooperatives Lernen und Handlungsorientierung

Für die Problemorientierung ebenfalls zentral sind kooperative und handlungsorientierte bzw. „hands-on“ aktive Lernformen. Sie tragen gleichermaßen dazu bei, dass der Lernende eine aktive Rolle einnimmt und somit der Lernprozess nicht durch die Lehrperson allein gesteuert und kontrolliert wird. Während beim kooperativen Lernen die Lernenden durch den Austausch und die Zusammenarbeit mit anderen aktiv werden, zielt die Handlungsorientierung darauf ab, dass Schülerinnen und Schüler Prozesse nicht nur kognitiv nachvollziehen, sondern diese selbst aktiv durchführen. Experimentier- und Messkoffer stellen ein Tool dar, welches sowohl den Austausch unter den Schülerinnen und Schüler fördern kann, als auch in Phasen des selbstständigen Vorgehens Rückmeldungen und Bezugspunkte liefern kann. Wie beide Gestaltungsformen umgesetzt werden können, wie Experimentier- und Messkoffer dabei unterstützen und welche Zusammenhänge zum Interesse zu finden sind, wird zunächst für das kooperative Lernen und anschließend für die Handlungsorientierung erläutert.

Kooperatives Lernen im Sinne des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung sieht insbesondere die gemeinsame Bearbeitung von Problemen mithilfe kooperativer Lernformen und Problemlöseprozessen in Kleingruppen vor (Barrows, 1986; Brovelli & Wilhelm, 2009; Reusser, 2005; Zumbach, 2003). Unter den Lernenden besteht dabei idealtypisch eine positive wechselseitige Abhängigkeit, in der die Aufgabe tatsächlich gemeinsam bearbeitet wird und jedes Gruppenmitglied eine Verantwortung für den Lernprozess übernimmt. Eine Möglichkeit kooperativ zu lernen besteht darin, dass Schülerinnen und Schüler sich gegenseitig Phänomene erklären, sich Fragen stellen, Sachverhalten gemeinsam elaborieren oder Argumente miteinander oder gegeneinander sammeln. Besonders erfahrene Schülerinnen und Schüler profitieren davon, wenn sie ihren Mitschülerinnen und Mitschülern Sachverhalte erklären. Aber auch weniger Erfahrene zehren davon, dass sie von erfahrenen Schülerinnen und Schülern den Prozess modelliert bekommen (Wecker & Fischer, 2014).

Auch das kooperative Lernen soll individuelle als auch soziale Kompetenzen fördern. Durch die Zusammenarbeit mit anderen wird die Problemlösefähigkeit, die Selbständigkeit, die Kommunikationsfähigkeit, die Gruppenkompetenz und Motivation der Lernenden verbessert (Albanese & Mitchell, 1993; Reusser, 2005; Weber, 2005). Gleichzeitig stellen soziale Fähigkeiten und reflexive Fähigkeiten jedoch auch eine Voraussetzung für das Lernen in Gruppen dar. Denn nur wer seine Meinung vertreten und diese adäquat gestikulieren kann, ist überhaupt in

der Lage tatsächlich kooperativ zu lernen. Darüber hinaus ist auch die Motivation der Schülerinnen und Schüler eine Voraussetzung, um zu verhindern, dass nur eine Person die Aufgabe für die gesamte Gruppe übernimmt oder niemand die Aufgabe ernst nimmt (Wecker & Fischer, 2014). Möglichkeiten diese Motivation aufrecht zu erhalten, bieten Aufgabenstellungen, mit denen das Wissen und die Erfahrungen aller Mitglieder gefordert ist. Eine extrinsische Motivation kann auch die individuelle Vorstellung der Ergebnisse oder eine individuelle Bewertung der Leistungen darstellen (Wecker & Fischer, 2014).

Experimentier- und Messkoffer können dazu beitragen, dass kooperatives Lernen stattfindet. Zum einen liefern Experimente und Messgeräte Gesprächsstoff, über den sich Schülerinnen und Schüler fachlich austauschen können, wie zum Beispiel Beobachtungen bei einem Experiment oder überraschende Daten eines Messgeräts. Gerade Daten mit einem hohen Lebens- und Anwendungsbezug können anregen, dass Schülerinnen und Schüler eigene Erfahrungen berichten oder Annahmen formulieren. Darüber hinaus bieten sich Experimente und Messungen dafür an, dass Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen daran arbeiten. Durch die Aufgabenteilung und verschiedene Aufgabenstellungen können hier authentische und abwechslungsreiche Lerngelegenheiten geschaffen werden.

Metastudien weisen insgesamt auf eine positive Wirkung von sozialen Kontexten auf motivational-affektive Orientierungen von Schülerinnen und Schülern hin (Seidel & Shavelson, 2007). Auch in einer problemorientierten Unterrichtssequenz im Physikunterricht zeigen die Schülerinnen und Schüler mehr Interesse und Freude, wenn sie gemeinsam den Problemlöseprozess durchliefen als wenn sie dies individuell taten (Pease & Kuhn, 2011; Weaver, Chastain, DeCaro & DeCaro, 2018). In einer längsschnittlichen Studie zum Einfluss problembasierter Chemieaufgaben erklärten sich die Autoren das Ausbleiben von langfristigen positiven Effekte auf die aufgabenbezogene Motivation und das themenbezogene Interesse unter anderem durch das fehlende kooperative Lernen (Harbach, 2013).

Für die *Handlungsorientierung* charakteristisch ist, dass Schülerinnen und Schüler selbst aktiv werden, in dem sie Prozesse selbst durchlaufen. In den Naturwissenschaften bildet der Prozess den Kreislauf der Erkenntnisgewinnung, während in der Technik die Lösung eines Problems verstanden wird (Duit & Treagust, 1998; Tesch & Duit, 2004). Neben dem Fachwissen, erwerben Schülerinnen und Schüler insbesondere Methodenwissen, sowie Strategien zum Beobachten und Erforschen alltäglicher Phänomene (Hofstein & Lunetta, 2004; Seidel & Prenzel, 2006). Zudem nehmen sie sich selbst als Gestalter ihrer eigenen Umwelt wahr, wenn sie Problemlösungsansätze tatsächlich umsetzen können. Dabei ist jedoch gerade aus der Motivationsforschung bekannt, dass handlungsorientierte Lernformen allein keine Wirkung zeigen, wenn Schülerinnen und Schüler sich nicht gleichzeitig auch kognitiv damit auseinandersetzen (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016).

Experimentier- und Messkoffer sollen mit dem hohen Lebenswelt- und Anwendungsbezug sowohl zum Nachdenken als auch zum Handeln anregen. Die schülerfreundlichen Experimentier-Materialien oder Messgeräte ermöglichen, dass Schülerinnen und Schüler eigene Analysen planen, durchführen und interpretieren können. Durch den Lebensweltbezug weisen die Analysen zudem eine hohe Relevanz für die Schülerinnen und Schüler auf und steigern so die Motivation im Vorgehen. Des Weiteren ermöglicht das Experimentieren und Erforschen der Tools auch einen spielerischen Zugang zu den fachlichen Themen, wie zum Beispiel das Ausreizen der Messgeräte, das Überlisten von Sensoren oder das Kräftemessen in Hinblick auf das beste Experiment oder das beste Messergebnis. Wichtig für den Lernerfolg ist dabei jedoch die fachliche Einbettung.

In Studien zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler mehr Interesse an Naturwissenschaften und eine höhere Relevanz des Unterrichts berichten, wenn sie im Unterricht eigene Ideen erklären und interpretieren, sowie Experimente selbst planen und durchführen dürfen (Kjærnsli & Lie, 2011; Kobarg et al., 2011; Lavonen & Laaksonen, 2009; Taylor, Stuhlsatz & Bybee, 2009). Zudem zeigt sich ein positiver Einfluss von Experimenten auf die Freude, das kurzfristige Interesse an den Themen und die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler (Abrahams, 2009; Brandt, Möller & Kohse-Höinghaus, 2008; Lin, Hong & Chen, 2013; S. Streller, 2009). Jedoch erweist sich die Durchführung der Experimente als interessanter für die Schülerinnen und Schüler als die Auswertung von Experimenten, welche jedoch für das Lernergebnis relevant ist (Gräber & Lindner, 2009).

Die Befunde zur langfristigen Wirkung von Experimenten im Unterricht auf das Interesse zeigen inkonsistente Ergebnisse (Scheerens, Seidel, Witziers, Hendriks & Doornekamp, 2005). Positive Wirkungen zeigen sich für Experimente, bei denen Schülerinnen und Schüler Selbstständigkeit und Autonomie erleben, die Instruktion klar formuliert ist, ihnen die Bedeutung des Lernstoffs veranschaulicht wird, sie die Wichtigkeit und Relevanz erkennen und problembasiert vorgehen können (Ferdinand, 2014; Hulleman, Godes, Hendricks & Harackiewicz, 2010; Knogler, 2014; Palmer, 2009; Troebst, Kleickmann, Lange-Schubert, Rothkopf & Moeller, 2016). Weniger Interesse zeigen Schülerinnen und Schüler hingegen für Demonstrationsexperimente (F. Walker, 2013). Wie Schülerinnen und Schüler im Experiment angeleitet wurden, erwies sich für Schülerinnen und Schüler einer vierten und sechsten Klasse als weniger einflussreich, wenn das individuelle Interesse des Schülers oder der Schülerin bereits hoch ausgeprägt war (Troebst et al., 2016). Eine weitere Studie zeigt darüber hinaus, dass Jungen und Mädchen in der Wahrnehmung der Autonomieförderung im Unterricht Unterschiede aufweisen (Desch, Basten, Großmann & Wilde, 2017). Mädchen nahmen dabei die Wahlfreiheit in der Gestaltung des Biologieunterrichts, signifikant autonomiefördernder wahr als die Jungen. In der Kontrollgruppe, die keine Wahlmöglichkeiten in der Mitgestaltung des Unterrichts erhielten, zeigten sich hingegen keine Geschlechterunterschiede.

In einer Studie zum Interesse an Naturwissenschaften und Technik erwies sich bei Mädchen die hands-on Aktivität des Programmierens als relevanter für das Interesse als bei Jungen (Hannover, 1992). Auch das Kennenlernen von realistischen Handlungsfeldern von Ingenieurinnen führte insbesondere bei Schülerinnen und Schülern, welche sich damit identifizieren konnten, zu einem Anstieg des Interesses am Fach Physik (Engeln, 2004; Pawek, 2009). Insgesamt erweisen sich auch in außerschulischen Angeboten die praktischen Tätigkeiten als besonders positiv für das Interesse an Naturwissenschaften und Technik (Engeln, 2004; Pawek, 2009). Problematisch in außerschulischen Settings ist jedoch die Selektion der Teilnehmer. Ist der Besuch nicht von der Schule angeleitet, locken solche Angebote besonders Schülerinnen und Schüler, welche bereits Vorerfahrungen mit Technik haben. Nach dem Motto „Wer hat, dem wird gegeben“ besuchen auch Schülerinnen und Schüler seltener außerschulische technische Lernorte, wenn sie bis dahin noch nicht mit Technik in Berührung gekommen sind (acatech/VDI, 2009). Soll ein positiver Zugang zu Naturwissenschaften und Technik jedoch möglichst langfristig aufrecht erhalten bleiben, bietet ein anregender Unterricht hier vielversprechendere Chancen.

2.2.4 Zusammenfassende Überlegungen zur interessenfördernden Wirkung der Problemorientierung unter Einbezug von Tools

Die vorliegende Arbeit untersucht die Problemorientierung unter Einbezug von Tools hinsichtlich der Möglichkeiten zur Förderung des Interesses. Im ersten Teilkapitel wurden daher das didaktische Konzept anhand drei zentraler Gestaltungsmerkmale der authentischen Problemstellung, der inhaltlichen Strukturierung durch den Ablauf und die Begleitung sowie der aktiven Beteiligung durch kooperative Lernformen und der Handlungsorientierung erläutert.

Befunde der Interessenforschung weisen auf eine überwiegend positive Wirkung der Problemorientierung unter Berücksichtigung der drei zentralen Gestaltungsmerkmale hin. Dabei zeigen sich jedoch Unterschiede hinsichtlich der Gestaltungsmöglichkeiten. So kann die Authentizität sowohl an der Disziplin, dem Kontext oder den Schülern ausgerichtet werden. Experimentier- und Messkoffer können durch das Material, die Methode oder die Gestaltung des Lernorts dazu beitragen. Zudem können Experimentier- und Messkoffer zu einer inhaltlichen Strukturierung beitragen, die sich entweder am Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung oder am technischen Problemlöseprozess orientieren kann. Dass auch eine inhaltliche Struktur und die Begleitung für das Interesse notwendig ist, zeigt sich in zahlreichen Befunden. Jedoch wurde der Unterschied zwischen verschiedenen Formen der Strukturierung bisher nicht untersucht. Kooperative und handlungsorientierte Lernformen zeigen in Studien überwiegend vielversprechende Effekt auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler.

2.3 Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern

Die vorliegende Arbeit geht davon aus, dass die Akzeptanz der beteiligten und betroffenen Akteure – in der vorliegenden Arbeit die Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler - Experimentier- und Messkoffer eine Voraussetzung dafür ist, dass sie diese tatsächlich nutzen (Eder, 2015; Gräsel & Parchmann, 2004; Lipowsky, 2010; Schumacher, 2008). Im folgenden Kapitel soll daher ein Rahmen gespannt werden, innerhalb dessen mögliche Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern identifiziert werden, die in der folgenden Arbeit empirisch überprüft werden. Dabei werden sowohl allgemeine Merkmale für Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler berichtet, sowie spezifisch für die jeweilige Zielgruppe.

Der Begriff der Akzeptanz scheint in der Literatur bisher nicht eindeutig definiert. So werden unter dem Begriff der Akzeptanz sowohl Einstellungen als auch das Nutzungsverhalten von Personen untersucht (Eder, 2015; Lipowsky, 2010; Park, 2009; Schumacher, 2008; Seidel, 2014). Insgesamt gehen Modelle zur Akzeptanz überwiegend davon aus, dass sie durch stabile Einstellungen der Person sowie von situativen Merkmale der Situation beeinflusst wird (Lipowsky, 2010; Schumacher, 2008). Diese stellen die Voraussetzung für die Nutzung und Wirkung dar (Eder, 2015; Lipowsky, 2010; Schumacher, 2008). Welche Einstellung bei Experimentier- und Messkoffern eine Rolle spielen, ist jedoch bisher nicht untersucht worden. Experimentier- und Messkoffer werden im Folgenden insbesondere als ein Tool betrachtet, mit dem ein naturwissenschaftlich-technisches Thema problemorientiert und interessenweckend im Unterricht umgesetzt werden kann. Da eine solche Form des Unterrichts nach wie vor selten in Deutschland zu finden ist, wird davon ausgegangen, dass es für viele Lehrkräfte neu ist. Aus diesem Grund werden für den Rahmen möglicher Einflussfaktoren für die Lehrkräfte Erkenntnisse der Schulentwicklungsforschung (Schumacher, 2008), der Lehrerfortbildung (Lipowsky, 2010) und aus der Forschung zu (Bildungs-)Technologien (Eder, 2015) herangezogen (Kapitel 2.3.1). Da Technik aktuell im Unterricht meist nur als Anwendungsbeispiel präsentiert wird, wird zudem davon ausgegangen, dass Technik in Form von Experimentier- und Messkoffer für viele Schülerinnen und Schüler eine Besonderheit darstellt. Daher werden mögliche Einflussfaktoren bei der Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffer für die Schülerinnen und Schüler insbesondere im Rahmen von Einstellungen gegenüber Technik gesucht (Kapitel 2.3.2).

2.3.1 Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern bei Lehrkräften

In verschiedenen Studien konnte die zentrale Rolle der Lehrkraft bei der Implementation von neuen Unterrichtsmethoden oder Informations- und Kommunikationstechnologien im Unterricht bestätigt werden (Blumenfeld, Fishman, Krajcik, Marx & Soloway, 2000; Haag & Dann,

2001; Montrieux, Vanderlinde, Courtois, Schellens & Marez, 2014; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Sonntag, Stegmaier & Jungmann, 1998; C.-C. Tsai, 2002). Dabei zeigte sich die Akzeptanz der Lehrkräfte gegenüber der Innovation abhängig von der empfundenen Nützlichkeit, der Realisierbarkeit, der Wichtigkeit, der Freiwilligkeit und ihrer selbst eingeschätzten Kompetenzen, sowie der Unterstützung und Begleitung der Lehrkräfte (Blumenfeld et al., 2000; Drossel, Eickelmann & Lorenz, 2018; Haag & Dann, 2001; Lipowsky, 2010; Staub & Stern, 2002). Auch der erwartete Aufwand an Organisation und Ressourcen spielt für die Umsetzung im Unterricht eine Rolle (Kuhn et al., 2010). So befürchteten Lehrkräfte beispielsweise den erhöhten Aufwand und die schwere Planbarkeit von Unterrichtseinheiten, in denen offene Fragestellungen das Unterrichtsgeschehen dominieren (Bennett, Gräsel, Parchmann & Waddington, 2005; Nawrath & Komorek, 2013).

Für die Akzeptanz und Implementation von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) an der Schule, zeigen sich neben Merkmalen der Person auch Merkmale des Kontext als relevant (Eickelmann, 2011; Kampschulte & Eilert, 2016). So erweist sich die Implementation von ICT zusammen mit einer anderen Innovation als förderlich (Krumsvik, 2005). Zum einen fällt es den Lehrkräften leichter die Innovation zu akzeptieren und gleichzeitig wird ihnen bewusst, dass ICT alleine noch keine Veränderung bringt (Eickelmann, 2011). Gerade für die langfristige Implementation erweist sich die Rolle des Schulleiters als zentral. Durch seine eigenen Visionen und die Unterstützung der Lehrkräfte, kann er einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen einer Innovation leisten (Geijsel, Slegers, van den Berg & Kelchtermans, 2001; Ostermeier, 2004). Für die Akzeptanz von Bildungstechnologien wie Whiteboards, Tablets und digitaler Lernsysteme wird der Nutzen, die Kompatibilität, die angemessene Komplexität für die Lehrkräfte, die leichte Durchführbarkeit sowie Geschlecht, Alter, Erfahrung und Freiwilligkeit als relevant vermutet (Eder, 2015; Rogers, 2003; Scherer, Siddiq & Tondeur, 2019). In verschiedenen Studien konnten die Zusammenhänge der Modelle bereits empirisch für Lehrkräfte als auch für Jugendliche belegt werden (Park, Nam & Cha, 2012; Scherer et al., 2019). Obgleich einige Studien das Alter als Einflussfaktor für die Akzeptanz von Technik identifizieren (Czaja et al., 2006), weisen andere Studien keinen Zusammenhang des Alters nach (Eickelmann, 2011). Jedoch scheint die Erfahrung, die Vertrautheit, technikaffine Einstellungen und die Relevanz der Technik bedeutsam (Law & Chow, 2008; Tondeur, Cooper & Newhouse, 2010).

Um heraus zu finden, wodurch eine hohe Akzeptanz unter Lehrkräften erreicht wird, werden Beispiele erfolgreicher Implementierungen betrachtet. Unter Implementation versteht sich in der pädagogischen und psychologischen Forschung „die Verbreitung einer Neuerung in einer ersten Phase“ (Gräsel, 2008, S. 201). Diese Phase, welche meist im Anschluss an die Erstellung eines Konzepts erfolgt, testet das Konzept im vorgesehenen Feld. Einige Autoren beschränken die Implementation dabei nicht nur auf die erste Phase, sondern sehen diese tatsächlich

erst als beendet an, wenn die Akteure einen routinierten Umgang damit gefunden haben (Hasselhorn, Köller, Maaz & Zimmer, 2014). Obgleich sich in der Pädagogik und Psychologie noch keine eigenständige Disziplin der Implementationsforschung etablieren konnten, lassen sich aus bisherigen Studien Maßnahmen ableiten, wodurch die Akzeptanz von Lehrkräften erhöht werden konnte. Erste Überblicksarbeiten tragen diese Befunde für die Pädagogik und Psychologie zusammen (Gräsel & Parchmann, 2004; Hasselhorn et al., 2014). Basierend auf Ansätzen von Schulinnovationen der letzten vierzig Jahre, zeigen sich besonders positive Ergebnisse für die Akzeptanz, wenn Lehrkräfte bei der Entwicklung von Konzepten miteinbezogen werden (Bormann, 2011; Fullan & Pomfret, 1977; Gräsel & Parchmann, 2004; Hasselhorn et al., 2014; Snyder, Bolin & Zumwalt, 1992). Durch den Einbezug der Akteure und den Austausch zwischen Akteuren verschiedener Interessengruppen besteht die Chance, dass die ausführenden Akteure ihre Kompetenzen einbringen und sich ihre Einstellungen und Befürchtungen gegenüber dem Gegenstand positiv entwickeln (Bormann, 2011). Dieses Phänomen ließ sich beispielsweise in Projekten wie *SINUS* (Prenzel, Friedrich et al., 2009) und *Chemie im Kontext* (Fey et al., 2004) beobachten, in denen Lehrkräfte in regelmäßigen in schulinternen und schulübergreifenden Kooperationstreffen Unterrichtseinheiten entwickelten und veränderten (Demuth, Parchmann, Ralle & Gräsel, 2005; Prenzel, Friedrich et al., 2009). *SINUS* hatte zur Folge, dass sich mehr als drei Viertel der Lehrkräfte der beteiligten Schulen in regelmäßigen Treffen zu inhaltlichen und konzeptionellen Fragen auseinandersetzten. 75% der beteiligten Lehrkräfte berichteten dabei über positive Erlebnisse hinsichtlich der Arbeitsteilung und neuem Schwung in ihrem Arbeitsalltag. Zudem sank das Belastungserleben mit zunehmender Erfahrung mit dem Programm und der Kooperation mit erfahrenen Lehrkräften (Krebs, 2009). Als Gründe für die hohe Akzeptanz wurde die Praktikabilität aus, die Vielfalt an Lehr- Lernmethoden, die Kooperation und die selbst eingeschätzte Steigerung der Gestaltungskompetenzen aus Sicht der Lehrkräfte identifiziert (Fey et al., 2004).

Zusammenfassend erweisen sich als mögliche Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern sowohl Merkmale der Person als auch des Kontexts als relevant. Es wird davon ausgegangen, dass neben dem Alter und Geschlecht insbesondere positive Einstellungen gegenüber den Experimentier- und Messkoffern, deren Praktikabilität und Wichtigkeit relevant sind. Darüber hinaus ist jedoch auch das Vertrauen der Lehrkräfte in ihre eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Experimentier- und Messkoffern im Unterricht bedeutsam.

2.3.2 Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern bei Schülerinnen und Schülern

Mit dem folgenden Kapitel soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit Einstellungen gegenüber Technik die Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern beeinflussen. Es wird davon ausgegangen, dass die Einstellung gegenüber Technik mehrdimensional sind und sich aus verschiedenen Faktoren zusammensetzen. Hinweise werden dafür in Studien gesammelt, welche sich mit dem Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, mit Einstellungen von Schülerinnen und Schülern gegenüber Technik und Technologien sowie der Nutzung von naturwissenschaftlichen und technischen Alltagsgeräten auseinandersetzen.

Selbstbilder wie das Selbstkonzept oder die Selbstwirksamkeit stehen im engen Zusammenhang mit dem Erleben von intrinsischer Motivation und der Bereitschaft, sich mit etwas vertieft auseinander zu setzen (Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller & Baumert, 2004). Hat die Person Vertrauen in die eigenen Kompetenzen, strengt sie sich auch beim Lösen der Aufgaben deutlich mehr an. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie eine Aufgabe auch richtig löst, ist damit deutlich höher. Während die Selbstwirksamkeit damit einen hohen Einfluss auf die Leistung hat, ist der Einfluss umgekehrt geringer (Bong, 2001). Es ist daher nicht ausschlaggebend, ob ich Fähigkeiten tatsächlich besitze, sondern vielmehr das Vertrauen darin. Personen mit einer hohen Selbstwirksamkeit erleben in herausfordernden Situationen daher mehr intrinsische Motivation (Bong & Skaalvik, 2003). Entgegen der Annahme, dass das Interesse im linearen Zusammenhang zur Einschätzung steht, weisen neue Befunde auf einen quadratischen Zusammenhang hin (Silvia, 2003). Das bedeutet, dass eine mittlere Selbstwirksamkeitserwartung das situationalen Interesse begünstigt. Denkt die Person hingegen, dass ihre Fähigkeiten nicht ausreichen, um die herausfordernde Situation zu lösen oder stellt die Situation für die Person keine Herausforderung mehr da, wird auch das Interesse der Person in der Situation sinken. Gründe dafür sind mögliche Erwartungen auf Misserfolg und Frust oder ein nur geringer Neugier-, Neuigkeits- und Überraschungseffekt der Situation (Silvia, 2003). Auch im Umgang mit Technik erweist sich diese Überzeugung der Person als bedeutsam. Ist eine Person davon überzeugt, dass sie mit Technik gut umgehen kann, nutzt sie die Technik deutlich häufiger.

Sind die Personen sich darüber hinaus sicher, dass sie auch schwierige Situationen mit Technik meistern können und der Erfolg dabei von ihrem gezeigten Verhalten abhängt, wird davon ausgegangen, dass die Nutzung der Technik deutlich erfolgreicher ausfällt. Das Selbstwirksamkeitserwartungen bzw. Kontrollüberzeugungen motiviert die Person, eine Tätigkeit trotz Widerstände weiterhin auszuüben. Sie zeichnet sich in solchen Situationen durch hohes Durchhaltevermögen und eine ausgeprägt Anstrengungsbereitschaft aus (Parker, Marsh, Ciarrochi, Marshall & Abduljabbar, 2014; Schwarzer & Jerusalem, 2010).

Verschiedenen Studien erfassen diese Einstellungen gegenüber Technik, dem Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und dem Umgang mit technischen Geräten mit der *Technikbereitschaft* (acatech/VDI, 2009; Dahms & Haesner, 2018; Neyer, Felber & Gebhardt, 2012). Diese setzt sich aus drei verschiedene Komponenten zusammen: die Technikakzeptanz, die Technikkontrollüberzeugung und die Technikkompetenzüberzeugung (Neyer et al., 2012). Die Technikakzeptanz zeigt sich in einer Aufgeschlossenheit gegenüber neuen technischen Geräten. Die Technikkompetenzüberzeugung zeigt in Anlehnung an das Selbstkonzept, subjektive Erwartungen von Handlungsmöglichkeiten in technikrelevanten Situationen. Die Technikkontrollüberzeugung beschreibt in Anlehnung an das Konzept der Selbstwirksamkeit (Schwarzer & Jerusalem, 2010), die Überzeugung auch in schwierigen Situationen die Fähigkeiten zu besitzen um auch diese Situation erfolgreich meistern zu können.

Eine hohe Technikbereitschaft wird daher mit einer häufigeren Nutzung technischer Geräte assoziiert. Besonders für ältere Personen zeigt sie sich als wichtiger Prädiktor für die Nutzung technischer Alltagsgeräte (Künemund & Fachinger, 2018). Während die Technikbereitschaft in Studien mit Personen im mittleren und hohen Erwachsenenalter häufig im Zusammenhang mit der Nutzung technischer Geräte steht, ist dieser Zusammenhang für Jugendliche bisher noch nicht bewiesen.

Zum Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten zeigen sich große Unterschiede unter Schülerinnen und Schüler. Das Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften (acatech/VDI, 2009) berichtet, dass rund die Hälfte der 2578 befragten deutschen Schülerinnen und Schüler sich nur geringe Fähigkeiten und Fertigkeiten in Technik zuschreiben. Sie trauen sich daher nicht zu, mit technischen Alltagsgeräten umzugehen und technische Alltagsprobleme zu lösen. Ein Drittel der Schülerinnen und Schüler weist hingegen hohes bis sehr hohes Vertrauen in die eigenen technischen Kompetenzen auf. Sie haben daher das Vertrauen, dass sie technische Probleme lösen, neue technische Geräte ausprobieren, sich im Umgang mit diesen Geräten als kompetent wahrnehmen und dabei auch mit unerwarteten Situationen und Problemen umgehen können (acatech/VDI, 2009). Mädchen sind dabei mehrheitlich in der Gruppe, die ihre Kompetenzen gering einschätzen. Dabei zeigen sie weder im technischen Wissenstest noch in ihren Noten in naturwissenschaftlichen Fächern signifikante Unterschiede zu den Jungen. Dass Jungen ihre Selbstwirksamkeit in der naturwissenschaftlichen und technischen Domäne höher einschätzen als Mädchen ist kein neuer Befund. Insbesondere in der naturwissenschaftlich-technischen Domäne ist dieses Phänomen häufig zu finden (Scherer, 2013; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). In ihrem Vertrauen im grundlegenden Umgang mit dem Computer unterscheiden sich Jungen und Mädchen hingegen nicht (Bos et al., 2014). Lediglich für fortgeschrittene computerbasierte Fähigkeiten berichten Schüler eine höhere Selbstwirksamkeit als ihre Mitschülerinnen (Bos et al., 2014).

Der Nutzung nach zu urteilen, stehen Schülerinnen und Schüler heutzutage dem Umgang mit Technik positiv gegenüber. Mittlerweile besitzen 100% der jungen Erwachsenen ein Mobiltelefon (Statistisches Bundesamt, 2018). Erkenntnisse bestätigen darüber hinaus, dass Jugendliche nicht nur Besitzer dieser Geräte sind, sondern sie auch täglich nutzen (acatech/VDI, 2009). Während Mädchen diese insbesondere zur Kommunikation nutzen, gebrauchen Jungen diese Technik auch als Unterhaltungsmedium (acatech/VDI, 2009). In früheren Studien zeigten Erwachsene mehr Interesse an technischen Berufen, je häufiger sie den Computer nutzten (Czaja et al., 2006). Inwieweit vergleichbare Verhaltensweisen sich auch für das Interesse an Technik unter Jugendlichen zu finden sind, ist bisher jedoch noch unklar. Es kann jedoch vermutet werden, dass der regelmäßige Umgang mit technischen Geräten das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten steigert.

Im Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften zeigte sich, dass sich technikinteressierte Schülerinnen und Schüler häufiger mit technischen Tätigkeiten beschäftigten als weniger interessierte (acatech/VDI, 2009). Technikinteressierte berichteten insbesondere öfter Computerspiele zu spielen, eigene Reparaturen vorzunehmen oder mit Lego oder Bausteinen gespielt zu haben. Insgesamt scheinen sich Jugendliche jedoch eher selten mit Dingen wie Aufrüsten des PCs oder Programmieren zu beschäftigen. Studierende eines technischen Studiengangs berichten hingegen deutlich häufiger sich mit diesen technischen Dingen in Kinder- und Jugendalter beschäftigt zu haben. Diese Erkenntnis legt die Vermutung nahe, dass der frühere Umgang mit Technik einen Einfluss auf den späteren Umgang mit Technik hat. In Hinblick auf den Umgang mit Technik, berichten Jungen über mehr Erfahrungen im Umgang mit Batterien, elektronischen Spielsachen und Sicherungen als Mädchen (Jones, Howe & Rua, 2000). Bereits unter den fünf bis zehnjährigen wiesen Jungen deutlich häufiger Freizeitaktivitäten im Bereich Technik auf und äußerten sich positiver hinsichtlich ihrer späteren technischen Erfahrungen (B. Mawson, 2010). Für Studierende zeigte sich ein geringer Zusammenhang zwischen gerätespezifischem Vorwissen und der ICT-Nutzung, sowie der Aufgeschlossenheit gegenüber technischem Problemlösen (Stemmann, 2016).

Zusammenfassend erweisen sich Einstellungen gegenüber Technik insbesondere das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten als relevant für die Nutzung technischer Geräte, wie sie in Experimentier- und Messkoffern zu finden sind. Es wird davon ausgegangen, dass Jugendliche heute grundlegende Fertigkeiten im Umgang mit technischen Geräten besitzen, sich jedoch gerade im Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen zeigen.

3 Das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“

Die folgende Dissertation entstand im Rahmen des Projekts „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“. Das interdisziplinäre Projekt wurde vom Susanne Klatten-Stiftungslehrstuhl für Empirische Bildungsforschung und dem Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München initiiert und konzipiert. Durch die TÜV Süd Stiftung finanziert, verfolgte das Projekt seit 2013 drei zentrale Ziele: Schülerinnen und Schüler für die Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik beim Wahrnehmen, Verstehen und Verbessern ihrer (ergonomischen) Umwelt zu sensibilisieren, das Interesse von Schülern und insbesondere von Schülerinnen an Naturwissenschaften und Technik zu fördern und ihre naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen zu stärken.

Im Sinne einer allgemeinen Grundbildung sollen in der Schule Kompetenzen und Interessen möglichst langanhaltend und vielseitig gefördert werden. Dabei gewinnt die naturwissenschaftliche und technische Grundbildung vor dem Hintergrund unserer digitalen und komplexen Welt zunehmend an Bedeutung (Prenzel, Reiss & Hasselhorn, 2009). Naturwissenschaftliche und technische Kompetenzen wie das exakte Beobachten, das Erheben von belastbaren Messungen, der kritische Umgang mit Daten und das Kriterien geleitete Auswählen von Verbesserungsmaßnahmen spielen in unserem Alltag eine immer größere Rolle (Trilling & Fadel, 2012). Schülerinnen und Schüler auf diese zukünftigen Herausforderungen optimal vorzubereiten ist ein zentrales Ziel der Schule (Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2015). Jedoch berichten Schülerinnen und Schüler in Deutschland, dass der von ihnen erlebte naturwissenschaftliche Unterricht kaum Bezüge zu ihrer Lebenswelt aufweist, wenig hands-on Aktivitäten nutzt und nur wenig anwendungsorientiert gestaltet ist (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Aus diesem Grund werden junge Menschen für den hohen Anwendungsbezug von Naturwissenschaften und Technik kaum sensibilisiert. Solange die Relevanz der Naturwissenschaften und insbesondere der Technik für den Alltag nicht wahrgenommen wird, werden sie diese auch weiterhin nicht nutzen um ihre alltäglich Umwelt wahrzunehmen, zu gestalten und zu verbessern. Doch gerade die Kombination aus hohen Anwendungsbezügen und Gelegenheiten für eigene Experimente, in denen Schülerinnen und Schüler sowohl kognitiv als auch in ihrem Handeln angeregt werden, erweist sich als günstig für die Kompetenz- und Interessenentwicklung von Jugendlichen (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016).

Um diese Ziele in schulischen und außerschulischen Lernumgebungen umzusetzen, wurden in verschiedenen Phasen des Projekts Materialien angeschafft und entwickelt. Dazu zeigt Kapitel 3.1 zunächst den Ablauf des Projekts. Kapitel 3.2 erläutert anschließend die Materialien. In Kapitel 3.2 wird ein Einblick in die Ziele und deren Umsetzung gegeben. Kapitel 3.3 rundet die Erläuterungen mit einer beispielhaften Unterrichtssequenz ab.

3.1 Ablauf des Projekts

Die Entwicklung des Projekts lässt sich insgesamt in vier Phasen teilen (Abbildung 3). Dabei sind sowohl Phasen der Entwicklung (hellgrau) als auch Phasen der Erprobung (dunkelgrau) enthalten.



Abbildung 3: Ablauf des Projekts "Ergonomie für Schulen: Der Ergonomie-Messkoffer"

In einer ersten Phase des Projekts wurden 2013 zunächst Multimessgeräte angeschafft, mit denen Messungen ergonomischer Umgebungsmerkmale vorgenommen werden können. Eingebettet in einen stabilen Koffer und ausgestattet mit einer Schritt-für-Schritt Bedienungsanleitung wurden die Messgeräte durch den Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München für die mobile Nutzung durch Schülerinnen und Schüler einsatzfähig gemacht. Parallel dazu sammelten und diskutierten wissenschaftliche Mitarbeiter beider Lehrstühle zusammen mit praktizierenden und interessierten Lehrkräften Ideen für die Nutzung des Messgeräts durch Schülerinnen und Schüler im Unterricht. In der engen Kooperation entstanden schließlich konkrete Unterrichtsentwürfe, die aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und authentisches Wissen aus der Unterrichtspraxis mit dem Einsatz des Ergonomie-Messkoffers vereinen. Die Unterrichtsentwürfe enthalten dabei Abläufe und Unterrichtsmaterialien für unterschiedliche Schwierigkeitsniveaus. Auf Basis der Unterrichtsentwürfe wurden anschließend Evaluationsinstrumente von wissenschaftlichen Mitarbeitern des Susanne Klatten-Stiftungslehrstuhl für Empirische Bildungsforschung entwickelt, welche die Voraussetzungen und Ausprägung interessenfördernder Bedingungen untersuchen. Der dabei entstandene Fragebogen wurde anschließend im Rahmen einer ersten Erprobungsphase im Schuljahr 2013/2014 zusammen mit dem Messgerät und den Unterrichtsentwürfen von den beteiligten Lehrkräften in ihren Klassen eingesetzt. In einer dritten Phase wurden für die erweiterte Erprobung des Konzepts 2015 zusätzliche Messgeräte angeschafft. Durch die zusätzlichen Koffer mit Messgeräten konnten Lehrkräfte mehrere Koffer gleichzeitig in ihrem Unterricht ausleihen und für Partner- und Gruppenarbeiten nutzen. Zur leichteren Handhabung der Messgeräte wurde von Hilfskräften des Lehrstuhls für Ergonomie neben der bestehenden Anleitung eine zusätzliche Videoanleitung konzipiert, sowie die Enden der Kabel und der dazugehörigen Anschlüsse mit

farblichen Markierungen versehen. Zudem wurde von den wissenschaftlichen Mitarbeitern beider Lehrstühle ein Gesamtkonzept für den Einsatz und die Evaluation entwickelt. Darin wurden aktuelle wissenschaftliche Befunde beider Lehrstühle in Form von Informationen und erweiterten Unterrichtsentwürfen festgehalten. Zudem wurden die Erkenntnisse aus der Fragebogenerhebung und den Erfahrungen der Lehrkräfte aus der Erprobungsphase berücksichtigt. Auch die Evaluationsinstrumente wurden an die erweiterten Möglichkeiten des Konzepts und der gestiegenen Anzahl der Messgeräte angepasst. Das Gesamtkonzept wurde in Form einer Handreichung für Lehrkräfte schriftlich festgehalten und in der vierten Phase der erweiterten Erprobung den Lehrkräften in gedruckter und auf einer CD-ROM in digitaler Form zur Verfügung gestellt. In der erweiterten Erprobung kamen der Messkoffer und das Gesamtkonzept anschließend in zahlreichen schulischen und außerschulischen Gelegenheiten zum Einsatz.

3.2 Entwicklung der Materialien

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Materialien in Form von Messgeräten angeschafft und angepasst, sowie in Form von Unterrichtsentwürfen und Handreichung konzipiert. Das Messgerät bildet dabei das Kernstück des sogenannten Ergonomie-Messkoffers (ehemals TÜV-Koffer) (Abbildung 4).



Abbildung 4: Das Messgerät im Einsatz bei Schülerinnen und Schülern

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, erfasst das Messgerät die Messgrößen Lufttemperatur, Globe-temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit, Lärmpegel, Beleuchtungsstärke, Flimmerfrequenz, Leuchtdichte (max. Bildschirmhelligkeit), Leuchtdichtekontraste und CO₂ (Kohlenstoffdioxid)- Gehalt.

Tabelle 1: Messbereich und Messwertaufnehmer des verwendeten Multifunktionsmessgerät BAPPU evo

	Messbereich	Messwertaufnehmer
Lufttemperatur	-20...50 °C	PT 1000 Sensor
Globetemperatur	0...70 °C -20...70 °C	Integrierter Temperaturhalb- leiterfühler
Relative Luftfeuchtigkeit	10...90%	Kapazitiver Feuchtesensor
Luftgeschwindigkeit	0,0...5 m/s	Thermo-Anemometer
Lärmpegel Klasse 2 nach DIN EN 61672-1:2003	30...135 dB(A)	Präzisions-Elektret- Kondensatormikrofon
Beleuchtungsstärke Klasse C nach DIN 5032-7:1985	50...30.000 Lux	Silizium- Foelement mit angepasster Spektralempfindlichkeit
Beleuchtungsstärke	1...50 Lux	
Flimmerfrequenz	0...1000 Hz	Silizium-Fotodiode
Leuchtdichte (max. Bildschirmhelligkeit)	10 ... 2000 cd/m ²	Silizium- Foelement mit angepasster Spektralempfindlichkeit
Leuchtdichtekontraste	1/60...60/1	
CO₂ (Kohlenstoffdioxid)	0...10.000 ppm	Nicht dispersiv Infrarot

Die Messwerte können auf dem Display des Messgeräts in Echtzeit abgelesen werden. Für Langzeitmessungen können die Daten mit dem Messgerät aufgezeichnet werden und anschließend auf dem Computer gespeichert und weiter genutzt werden. Eine dazugehörige Software zum Auslesen der Daten für den Computer und zur anschließenden Formatierung in Dateiformate wie Excel ist dabei dem Koffer enthalten.

Um das Messgerät sinnvoll in den Unterricht einzubetten wurden von den wissenschaftlichen Mitarbeitern des Projekts zusammen mit erfahrenen Lehrkräften in der ersten Projektphase *Unterrichtsentwürfe* entwickelt. Diese zeichnen sich durch eine große thematische Vielfalt aus. Als Schnittstelle zwischen Psychologie und Technik vereint Ergonomie verschiedene Kontexte innerhalb des Interessenspektrums von Jugendlichen, welche jeweils in unterschiedlichen Schulfächern verankert sind. So knüpft Ergonomie an biologische Themen wie die Sinneswahrnehmung, Gesundheit und das Wohlbefinden an, bei denen insbesondere die Interessen von Mädchen liegen (Krapp & Prenzel, 2011). Dazu gehören Fragen wie ‚Wie gestaltet sich der optimale Arbeitsplatz für Menschen?‘ oder ‚Kann zu viel Lüften ungesund sein?‘. Gleichzeitig stellt Ergonomie auch einen Bezug zu physikalisch-technischen Themen her wie die Funktionsweise von Sensoren und der quantitativen Erfassung durch Messgeräte, für die sich mehr Jungen interessieren (Häussler & Hoffmann, 1995). Dabei kommen beispielsweise Fragen auf wie ‚Wie funktioniert ein Lärmsensor?‘ oder ‚Wo muss ich ein Messgerät aufstellen, um den CO₂-Gehalt zu messen?‘. Die breite Auswahl eignet sich daher sowohl für technikinteressierte als auch weniger technikinteressierte Jungen und Mädchen.

Das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“

Darüber hinaus zeichnen sich die Unterrichtsentwürfe durch konkrete Bezüge zu Themen des naturwissenschaftlich-mathematischen Fachunterricht bayerischer Gymnasien, Real- und Mittelschulen aus.

Tabelle 2: Ausgewählte Beispiele für die fachliche Einbettung und thematische Bezüge zum Lehrplan

Schulart und Fach	Thema	Ideen zur Umsetzung
Gymnasium Natur und Technik, 5. Klasse	Der Körper des Menschen und seine Gesunderhaltung: Schutz, Stabilität und Bewegung: Skelett und Muskulatur	Auswirkung von Ergonomie auf den Körper- richtige Sitzhaltung, gute ergonomische Bedingungen für den Menschen und den menschlichen Körper
Gymnasium Biologie, 9. Klasse	Zusammenspiel von Sinnesorganen, Nerven und Hormonsystem	Subjektive und objektive Messgeräte- Warum brauche ich Geräte, um etwas zu messen, was meine Sinne bereits wahrnehmen?
Realschule Physik, 7. Klasse	Ausbreitung des Lichts, Akustik	Wie sehr lärmt unsere Klasse? Lärm-Messungen im Klassenzimmer durchführen, auswerten, Verbesserungsmaßnahmen entwickeln und evaluieren
Mittelschule AWT (Arbeit-Wirtschaft-Technik), 6. Klasse	Merkmale eines Arbeitsplatzes, Bedingungen eines Arbeitsplatzes; Aufgaben und Zweck von technischen Geräten	Wie finde ich den perfekten Arbeitsplatz? Wo helfen mir Messgeräte mehr als meine Sinne? Messungen zu den ergonomischen Bedingungen durchführen
Mittelschule PCB (Physik-Chemie-Biologie), 7. Klasse	Zusammensetzung der Luft	Wie viel CO ₂ ist in unserm Klassenraum?- Messung des CO ₂ - Gehalts im Klassenzimmer, Einflussfaktoren identifizieren und überprüfen

Neben Physik, Chemie, Biologie, Mathe, Kunst, Geographie, Naturwissenschaft und Technik an Gymnasien und Realschulen, eröffnen sich auch Möglichkeiten in Physik-Chemie-Biologie, Arbeit-Wirtschaft-Technik oder Technik an Mittelschulen in Bayern. Dabei lässt sich Ergonomie in Themen des Lehrplans wie Sinneswahrnehmungen, Akustik, Optik, Arbeitsplatzgestaltung oder Klima integrieren und ermöglicht damit auch einen fächerübergreifenden Unterricht. Ein Einblick in ausgewählte Themen liefert Tabelle 2. Trotz der thematischen und fachlichen Vielfalt zeichnen sich die entwickelten Unterrichtsentwürfe durch eine gemeinsame Struktur

aus. Die Struktur folgt dabei dem Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und des technischen Problemlöseprozesses (Hartmann et al., 2008) und umfasst vier zentrale Phasen, welche im Anschluss erläutert werden (Abbildung 5):

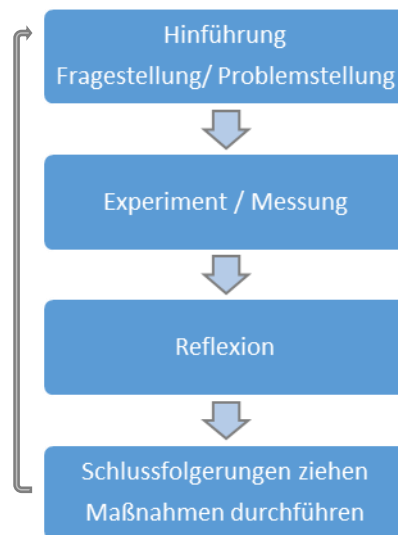


Abbildung 5: Ablauf in den Unterrichtsentwürfe mit dem Ergonomie-Messkoffer

- (1) Zu Beginn erfolgt die *Hinführung* zum Thema und die Klärung der *Problem- und Fragestellung*. Durch ein gemeinsames Gespräch in der Klasse, ein kurzes Experiment oder eine provokante These, wird hier die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler geweckt. Dabei entsteht Raum, in dem Schülerinnen und Schüler gemeinsam im Plenum oder in Einzel- und Gruppenarbeiten eigene Frage- und Problemstellungen entwickeln. Im Erarbeiten einer exakten Frage- und Problemstellung lernen sie ihre eigene Umwelt wahrzunehmen und exakt zu beschreiben. Durch Impulsfragen oder Verhaltensweisen gibt die Lehrkraft eine Struktur für die Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler.
- (2) Daran anknüpfend steht die Phase der Analyse, in der die Kinder und Jugendlichen im Rahmen von Experimenten oder Messungen das Messgerät einsetzen. Sie folgen dabei eigenen Interessen und entwickeln und erproben eigene Prinzipien des Experimentierens und Messens. Das Messgerät liefert in dieser Phase Bezugspunkte und gibt direktes Feedback. Durch Messvorschriften, Normen und Anleitungen sowie vorgefertigte Tabellen oder ganze Forscherbögen erhalten gerade weniger erfahrene Schülerinnen und Schüler in dieser Phase eine stärkere Struktur.
- (3) Die Phase der *Reflexion* stellt in der Kompetenz- und Interessenforschung für die Naturwissenschaften und Technik eine zentrale Phase dar. Hier machen sich Schülerin-

nen und Schüler den naturwissenschaftlichen und technischen Prozess und die gewonnene Erkenntnis bewusst. Gleichzeitig identifizieren sie eigene Stärken und Lernfelder. Diese Erkenntnisse werden durch den Austausch mit den Mitschülern und Mitschülerinnen angeregt. Durch konkrete Reflexionsfragen bietet die Lehrkraft dabei eine Hilfestellung.

- (4) In der letzten Phase leiten Schülerinnen und Schüler *Schlussfolgerungen* ab. Sie sind dazu aufgefordert, kreative Maßnahmen zu entwickeln und auszuprobieren. Dabei könnten die Jugendlichen nicht nur einschätzen lernen, mit welchen verschiedenen Möglichkeiten man gewisse Ziele erreichen kann, sondern erleben auch die (finanziellen, rechtlichen, fachlichen oder persönlichen) Grenzen mancher Maßnahmen. Ideen für Einzelmaßnahmen im Klassenzimmer können zudem der Handreichung für die Lehrkräfte entnommen werden. Innerhalb der Phasen sind dabei jederzeit Rückkopplungsschleife möglich, in denen Schülerinnen und Schüler ihre Frage- oder Problemstellung konkretisieren oder verändern können.

In den Unterrichtsentwürfen der ersten Phase wurden Unterrichtsentwürfe konzipiert, welche in einen oder mehreren Unterrichtsstunden den gesamten Prozess der Unterrichtseinheiten chronologisch durchliefern. Die Unterrichtsmaterialien in der dritten Phase lieferten darüber hinaus Ideen für einzelne Phasen dieses Prozesses, welche von den Lehrkräften nach dem Bausteinprinzip flexibel zusammengestellt werden können.

In der *Handreichung für die Lehrkräfte* wird das Gesamtkonzept des Ergonomie-Messkoffers möglichst anwendungsnah präsentiert. Die Handreichung besteht dabei aus zwei Teilen. Sie umfasst zum Informationen zum Thema Ergonomie und zum anderen Ideen zum Einsatz des Messgeräts im Unterricht. Im ersten Teil werden möglichst kompakt Informationen zur Ergonomie allgemein und zu seinen Teilgebieten gegeben. Neben technischen Hintergründen zur Entstehung ergonomischer Bedingungen werden einfache Verbesserungsmaßnahmen für Schulräume präsentiert. Im zweiten Teil der Handreichung werden die Ideen zur Umsetzung im Unterricht gegeben, in dem allgemeine Erkenntnisse zu gutem naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht präsentiert werden. Anschließend wird die Umsetzung dieser Befunde anhand konkreter Unterrichtsentwürfe und einzelne Bausteine zu den Phasen präsentiert. Der Handreichung ebenso enthalten ist eine Excel-Tabelle mit konkreten Anknüpfungsmöglichkeiten im Fachunterricht über verschiedene Schularten und Fächer hinweg. Damit nutzt die Handreichung die Expertise beider Lehrstühle in Form aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse zu guten ergonomischen Bedingungen an Schulen sowie zu gutem naturwissenschaftlich-technischem Unterricht. Zum anderen berücksichtigt es die Erkenntnisse der Fragebogenerhebung

und die Erfahrungen der Lehrkräfte aus der Erprobungsphase, in dem die Unterrichtsentwürfe für den Einsatz mehrerer Koffer erweitert werden.

3.3 Zielsetzung und Umsetzung des Projekts

Das Projekt des Ergonomie-Messkoffers verfolgt drei zentrale Ziele: Schülerinnen und Schüler für die Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik beim Wahrnehmen, Verstehen und Verbessern ihrer Umwelt zu sensibilisieren, das Interesse von Schülern und insbesondere von Schülerinnen an Naturwissenschaften und Technik zu fördern und ihre naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen zu stärken.

Um *Schülerinnen und Schüler für den Anwendungsbezug von Naturwissenschaften und Technik beim Wahrnehmen, Verstehen und Verbessern ihrer Umwelt zu sensibilisieren*, wurde die Perspektive der Ergonomie gewählt. Denn Ergonomie als Disziplin, die sich mit dem Verstehen und Verbessern der leistungsfähigen Interaktion des Menschen mit einem System beschäftigt, findet bisher in der Schule kaum Beachtung (Legg, 2007; Wilson, 2000). Dabei weisen verschiedene Befunde auf die negativen Folgen von Lärm, schlechten Luftverhältnisse sowie unzureichenden Lichtverhältnissen im Unterricht hin. So zeigen sich negative Folgen in der Motivation und Leistung der Schülerinnen und Schüler, sowie im Klassenklima und im Wohlbefinden der Lehrkraft (Design Council, 2005; Klatte, Hellbrück, Seidel & Leistner, 2017; Kristiansen, Persson, Lund, Shibuya & Nielsen, 2011). Mit dem Ergonomie-Messkoffer wird diesem Problem durch das professionelle Messgerät begegnet, mit dem belastbare Daten zu gesundheitsrelevanten Umweltbedingungen erfasst werden können. Die Handreichung im Ergonomie-Messkoffer liefert dafür Informationen über Ursachen und Folgen schlechter ergonomischer Bedingungen und gibt Hinweise auf einfache Verbesserungsmaßnahmen, welche ohne bauliche Maßnahmen auch an Schulen durchführbar sind. Mit dem Projekt sollen Schulen langfristig ein Bewusstsein für den Ernstcharakter eines solchen Vorhabens entwickeln.

Um das *Interesse zu fördern* sollen Schülerinnen und Schüler Naturwissenschaften und Technik in einem für sie relevanten Kontext erleben: der Beschaffenheit der eigenen Lern- und Arbeitsumgebung in der Schule. Denn wie warm, hell oder stickig es in einem Klassenzimmer ist und sein soll, folgt einem sehr subjektiven Empfinden. Inwieweit dies mit objektiven Kriterien guter ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung tatsächlich übereinstimmt, bietet eine Gesprächs- und Diskussionsgrundlage und gleichzeitig eine authentische naturwissenschaftliche und technische Problem- und Fragestellung. Beim exakten Beobachten ihres sonst so vertrauten Klassenzimmers lernen Schülerinnen und Schüler, ihre eigene Umwelt genau wahrzunehmen. Hilfestellung erhalten sie dabei von einem professionellen Messgerät, welches der Analyse gesundheitsrelevanter Umgebungsmerkmale dient. Das Messgerät erweitert dabei die Sinne der Jugendlichen und lässt sie Technik in ihrer unmittelbaren Lebenswelt erfahrbar machen.

Durch den Abgleich der erhobenen Daten mit technischen Normtabellen können gute und schlechte Bedingungen am Arbeitsplatz der Schülerinnen und Schüler identifiziert werden und Maßnahmen zu Verbesserungen abgeleitet und umgesetzt werden. In diesem Prozess erfahren die Jugendlichen, dass Technik zu einer Verbesserung ihres Wohlbefindens und ihrer Gesundheit beitragen kann. Diese Nähe zu ihrem eigenen Körper und die Relevanz für ihren Alltag könnten gerade für Mädchen förderlich für das Interesse und das nachhaltige Verhalten im Umgang mit Naturwissenschaften und Technik im Alltag sein. Durch die vielfältigen Zugänge zu dem Thema Ergonomie (z.B. Gesundheit, Sinne, Technik, Klima) kann das Interesse zudem auf vielfältige Weise angeregt werden.

Um die *naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu steigern*, wird im Projekt insbesondere das Analysieren und Gestalten technischer Probleme angeregt. In der Auseinandersetzung mit diesen erwerben Schülerinnen und Schüler Fertigkeiten im Umgang mit Messinstrumenten und Messvorschriften. Darüber hinaus erweitern sie ihre Fähigkeiten im Umgang mit Daten beim Erheben, Auswerten und Darstellen. Zudem üben sie sich darin, Verbesserungsmaßnahmen zu entwickeln und diese Kriterien geleitet auszuwerten. Dabei bieten sich zahlreiche Möglichkeiten an, um Verknüpfungen zu Inhalten des früheren oder späteren Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts herzustellen und daran die Anwendung des erworbenen Wissens fachbezogen oder fächerübergreifend herauszuarbeiten. Damit Schülerinnen und Schüler sich als selbstwirksam erleben können, erweisen sich Strukturen als hilfreich, in denen sie sowohl Freiheiten als auch ein Gerüst für ihre Untersuchungen und Überlegungen erleben. Die Aufgabenstellung und das Messgerät bieten im Rahmen des Projekts ein solches Gerüst, innerhalb dessen Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Heuristiken und systematischen Prozeduren entwickeln können.

3.4 Eine beispielhafte Unterrichtssequenz

Die Umsetzung soll im Folgenden anhand eines Beispiels aus dem Mathematikunterricht der 5. und 6. Klasse zur Vertiefung des Themenbereichs „Diagramme zeichnen“ veranschaulicht. Der zeitliche Umfang beträgt dabei 3 bis 4 Schulstunden, sowie 2 Messtage, in denen ein Schüler oder eine Schülerin jeweils parallel zum Unterricht in Abständen von 15 Minuten eine Messung mit dem Messgerät vornimmt. Ein Überblick über den Ablauf liefert Tabelle 3.

Tabelle 3: möglicher Ablauf der Unterrichtseinheit

Stunde	Phase	Inhalt
1. Stunde	Hinführung Problemstellung	- Hinführen zum Thema „Ergonomische Bedingungen“
		- Einschränkung auf ein oder zwei ergonomische Teilgebiete (z. B. CO ₂ , Klima oder Licht)
		- Entwickeln eines Messvorhabens

Das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“

Messtag	Analyse I	- Durchführen der Messung über einen Schultag hinweg durch eine Schülerin/ einen Schüler
2. Stunde	Reflexion Schlussfolgerung	- Auswerten und Interpretieren der ersten Messung - Entwickeln von Verbesserungsmaßnahmen
Messtag	Analyse II	- Durchführen der Messung durch Schülerinnen und Schüler zur Evaluation der Verbesserungsmaßnahmen
3. Stunde	Maßnahmen entwickeln	- Auswerten und Interpretieren der zweiten Messung - Diskutieren von dauerhaften Maßnahmen

Die erste Stunde beginnt mit der Hinführung durch die Lehrkraft, welche die Stunde mit der Frage eröffnet „In welches Klassenzimmer in der Schule würdet ihr gerne oder auf keinen Fall wechseln und warum?“. Die Lehrkraft sammelt die dabei genannten Aspekte wie Licht, Lärm, CO₂, Luft, Schulmöbel und mögliche Einflussfaktoren an der Tafel. Mit weiteren Fragen (z.B. Was in eurer Umgebung oder in eurem Klassenzimmer beeinflusst, ob ihr euch mehr oder auch weniger gut/ fit/ wohl fühlt? Was sind gute Arbeitsbedingungen und welche der Größen lassen eure Konzentration sinken?) kann die Lehrkraft dem Klassengespräch mögliche Strukturen geben. In einem zweiten Schritt werden durch die Schülerinnen und Schüler zwei oder einer der genannten Aspekte ausgewählt. Anschließend sollen diese Aspekte mit Hilfe einer realen Messung im Klassenzimmer tatsächlich durchgeführt werden. Dazu überlegen die Schülerinnen und Schüler was diese Messgröße ausmacht, wie und wodurch sie sich verändert und inwieweit wird sie durch andere Größen beeinflusst und verändert wird.

Mögliches Ergebnis an der Tafel:

- CO₂: abhängig von Lüften, Größe der Fenster, Temperatur draußen, Raumgröße, Anzahl der Schüler
- Temperatur: Wetter, Heizung, Lüftungsverhalten, Fensteranzahl/-qualität/-querschnitt, Anzahl der Schüler im Raum, Alter der Schüler im Raum
- Lärm: Raumbeschaffenheit (Hall, Schalldämpfung, Form, Größe), Schall absorbierende Materialien (Vorhänge etc.), Schüleranzahl, Lautstärke der Schüler, Verhalten der Schüler (Schall erzeugende „Nebentätigkeiten“ wie Stuhl rutschen, in Rucksack kramen)

Des Weiteren werden Reichweiten und Grenzen der eigenen subjektiven Sinnesorgane in der Wahrnehmung dieser Messgrößen diskutiert. Dabei werden Möglichkeiten der Erweiterung dieser Sinne durch objektive Messgeräte thematisiert. Lehrkräfte können Impulse durch verschiedene Fragen (Können wir sie mit den Sinnen wahrnehmen? Ist unsere Wahrnehmung eine „richtige“ Messung, kann man sich darauf verlassen? Ist sie bei jedem Menschen gleich?)

Unterscheiden sich Lehrer- und Schülerwahrnehmung? Gibt es einen Zusammenhang zwischen unserer subjektiven Wahrnehmung im Klassenzimmer und dem wirklichen Wert der Größe?) geben.

Mögliches Ergebnis:

- Größen können teilweise direkt und immer indirekt wahrgenommen werden (Müdigkeit, Konzentration etc.)?
- Wahrnehmung ist aber subjektiv und nicht bei allen Menschen gleich. Ist keine verlässliche Messung.
- Schüler kennen aber aus Erfahrung den Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Wahrnehmung

Nachdem zusammen mit den Schülerinnen und Schüler Unterschiede zwischen der subjektiven Wahrnehmung und objektiven Messungen festgestellt wurden, werden Bedingungen objektiver Messungen diskutiert.

Mögliches Ergebnis:

- Objektive Messung der ausgewählten Größen (CO₂, Temperatur...)
- Für Veränderung: Zeit, Verhalten (Lüften, Licht an/aus etc.)
- Subjektive Wahrnehmung

Im Anschluss daran erfolgt die Vorstellung des Ergonomie-Messkoffers und seinen Messbereichen. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern wird ein Messverfahren besprochen, mit dem objektive Messungen durchgeführt werden können und die subjektive Wahrnehmung erfasst werden kann.

Mögliches Ergebnis:

- Ausgewählte Größe mit dem Koffer
- Für Veränderung: Messung über Tag hinweg (Messgerät kann einen Tag lang durchlaufen)
- Zeitpunkte für Lüften und Licht an/ausschalten müssen protokolliert werden
- Es ist ein Fragebogen nötig, der den Tag über von allen Schülern in regelmäßigen Abständen von 10 Minuten ausgefüllt wird.
- Fragebogen mit vorbereiteten Skalen als Kopiervorlage in den Materialien

Darauf basierend entwickeln sie ein Messverfahren mit dem Ergonomie-Messkoffer und Fragebögen für ihr eigenes Klassenzimmer (Tabelle 4). Im Anschluss an das Messverfahren werden die Messungen zu einem festgelegten Tag durchgeführt. Eine mögliche Umsetzung zeigt Tabelle 4. Demnach wird zum einen eine objektive Messung mit dem Messgerät durch zwei Schüler oder Schülerinnen vorgenommen. Darüber hinaus wird die subjektive Messung im

Das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“

Form von kleinen Fragebögen vorgenommen, mit den Schülerinnen und Schüler auf einer mehrstufigen Skala angeben wie warm/hell/stickig/laut sie das Klassenzimmer gerade empfinden. Darüber hinaus führen 2 Schüler Protokoll zu den möglichen Einflussfaktoren (Öffnen des Fensters/Einschalten des Lichts/Gruppenarbeit). Darüber hinaus übernehmen zwei Schüler oder Schülerinnen das anschließende Auswerten des Fragebogens zur subjektiven Wahrnehmung, in dem sie den Mittelwert der Antworten aller Schülerinnen und Schüler zusammenrechnen. Die Materialien erhalten dazu ein Hinweisblatt, das den Lehrkräften ins Fach gelegt werden kann, die am Messtag in der Klasse Unterricht haben.

Tabelle 4: Mögliches Messverfahren

	Beschreibung	Material	Arbeitsaufgaben
Objektive Messung	Messung der gewählten ergonomischen Größen über den Tag hinweg	Messgerät	2 Schüler mit Lehrer: - Messgerät vor Unterrichtsbeginn aufstellen - Messung starten - Gerät beaufsichtigen
Subjektive Wahrnehmung	Messung zu Beginn und am Anfang einer Stunde (2 Messungen/Std.)	Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung	2 Schüler: - Alle 15 Min. an Messung erinnern - Dem jeweiligen Lehrer den Fragebogen geben
Protokoll Rahmenbedingungen	Protokoll Lüften	Protokoll LÜ	2 Schüler: - Protokollieren das Auf- und Zumachen der Fenster
	Protokoll Licht	Protokoll LI	2 Schüler: - Protokollieren das Ein- und Ausschalten des Lichtes
Auswertung der subjektiven Messung	Werte von 3 Zeilen für 1 Stunde in Tabelle eintragen und Mittelwert ausrechnen.	Fragebögen Vorlage zur Fragebogenauswertung	2 Schüler pro Frage: - Antworthäufigkeiten zählen und in Tabelle eintragen lassen - Mittelwert ausrechnen

Anmerkungen. W = Wahrnehmung, LÜ = Lüften, LI = Licht

In der zweiten Stunde erfolgt nun die Auswertung und Interpretation der Erhebung. Dazu erstellt die Lehrkraft eine Wertetabelle basierend auf den erhobenen Daten, welche die Schülerinnen und Schüler anschließend in ein Diagramm übertragen. Alternativ kann hier auch das Programm Excel genutzt werden. Auch die subjektiven Daten werden dazu ausgewertet. Da diese jedoch aufwändig sind, sollten hier nur zwei Messzeitpunkte ausgewertet und eingetragen werden. Die dabei entstandenen Diagramme werden nun im Unterrichtsgespräch interpretiert. Ein Beispiel für die Darstellung eines solche Diagramms für Lärm zeigt Abbildung 6 und für die gefühlte Konzentration Abbildung 7.

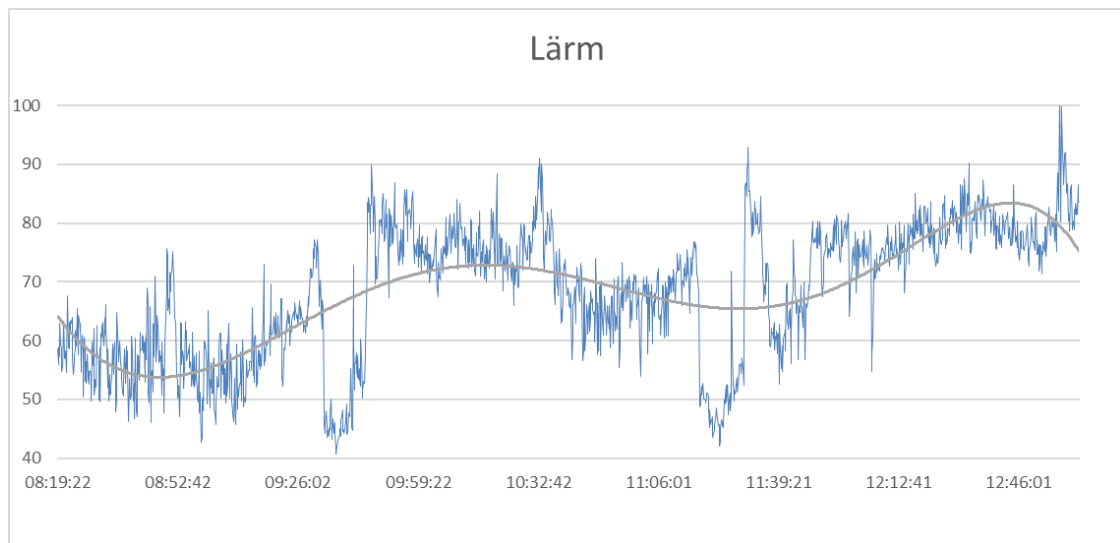


Abbildung 6: Beispiel für ein erhobenes Lärmdiagramm im Unterricht

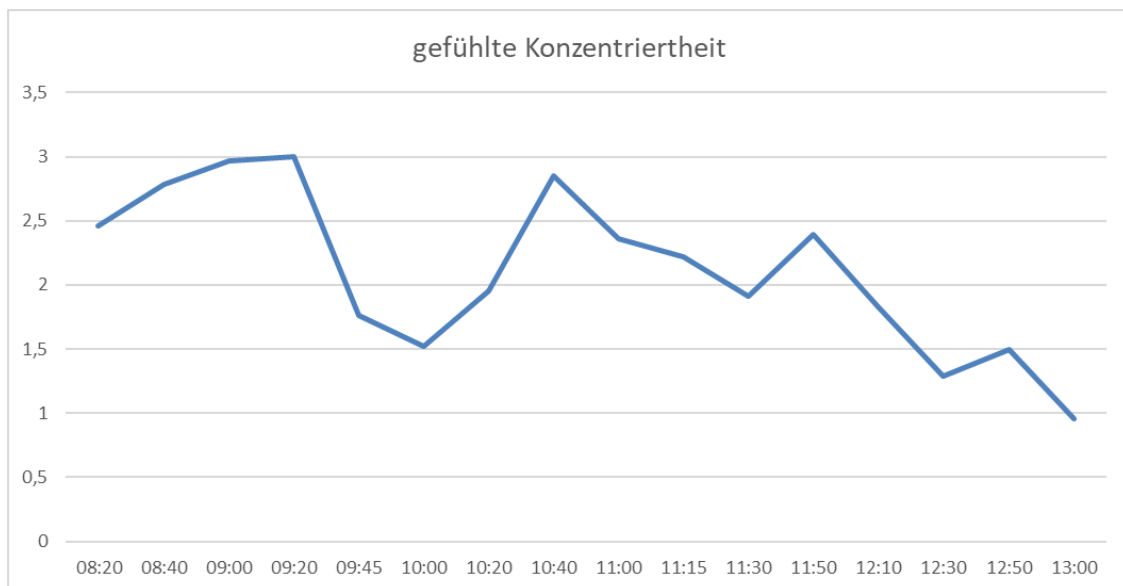


Abbildung 7: Beispiel für die die gefühlte Konzentriertheit im Unterricht

Basierend auf den Diagrammen werden nun Interpretationen durch die Schülerinnen und Schüler zu dem Verlauf der Messgrößen und möglichen Gründen dafür angestellt. Gemeinsam wird dabei nach Verbesserungsmöglichkeiten gesucht und an der Tafel festgehalten.

Mögliches Ergebnis:

- Regelmäßiges Lüften
- Lautstärke reduzieren: Schülerverhalten, Materialien vor der Stunde auf den Tisch legen (unnötiges Rascheln vermeiden)
- Zimmerpflanzen aufstellen
- Vorhänge, Bilder etc. aufhängen

Das Projekt „Ergonomie für Schulen: der Ergonomie-Messkoffer“

Einige der Verbesserungsmaßnahmen werden abschließend per Abstimmung ausgewählt und eine genaue Umsetzung geplant. Nach der Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen werden anschließend erneut Messungen analog zur ersten Messung durchgeführt. Nach Auswertung der Messung werden die Diagramme anschließend verglichen und die Wirksamkeit der Umsetzungsmaßnahmen diskutiert.

4 Fragestellungen und Hypothesen

Die vorliegende Dissertation untersucht am Beispiel des Ergonomie-Messkoffers, wie Experimentier- und Messkoffer im Unterricht eingesetzt werden und auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler am Messen wirken. Dabei werden Umsetzungsmöglichkeiten und Erfolgsfaktoren für die Implementation, Wirkung und Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffern identifiziert, um Forschungslücken zu schließen und Handlungsempfehlungen für die Praxis zu entwickeln. Im Rahmen einer Pilotierung wurde zunächst eine Validierung der Unterrichts- und Evaluationsmaterialien für die Hauptstudie vorgenommen. Die Hauptstudie setzt sich anschließend mit drei zentralen Forschungsfragen auseinander. In einem ersten Teil wird der Frage nachgegangen, inwieweit Lehrkräfte den Unterricht mit Experimentier- und Messkoffern problemorientiert gestalten. Zweitens werden die kurz- und langfristige Wirkung von Experimentier- und Messkoffern auf das Interesse am Messen der Schülerinnen und Schüler ermittelt. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Betrachtung von Unterschieden zwischen Jungen und Mädchen. Der dritte Teil untersucht die Ausprägung und den Einfluss der Akzeptanz von Experimentier- und Messkoffer unter Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern in Hinblick auf die erfolgreiche Implementation und Wirkung. Die Analysegrundlage bildet der Ergonomie-Messkoffer und sein Einsatz im Unterricht im Schuljahr 2015/2016, dessen Hintergründe bereits im Kapitel 3 erläutert wurden. Diese Arbeit beschäftigt sich dabei mit den vier übergreifenden Fragestellungen:

- Wie geeignet sind die Unterrichts- und Evaluationsmaterialien des Ergonomie-Messkoffers für die vorgesehenen Untersuchungen der Hauptstudie? (Validität)
- Welche Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung lassen sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer finden? (Implementation)
- Inwieweit gelingt es das Interesse am Messen von Schülern und insbesondere Schülerinnen im problemorientierten Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer zu fördern? (Wirkung)
- Wie wird der Ergonomie-Messkoffer von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern wahrgenommen und inwieweit beeinflusst dies dessen Implementation und Wirkung? (Akzeptanz)

4.1 Validität: Wie geeignet sind die Unterrichts- und Evaluationsmaterialien des Ergonomie-Messkoffers für die vorgesehenen Untersuchungen der Hauptstudie?

Die vorab durchgeführte Pilotstudie untersucht, ob die Unterrichts- und Evaluationsmaterialien des Ergonomie-Messkoffers für die Untersuchung der Hauptstudie geeignet sind. Dazu wurden Fragebögen der Schülerinnen und Schüler sowie Interviews mit den Lehrkräften ausgewertet, die in der Pilotierungsstudie erhoben wurden.

Aus verschiedenen Befunden ist bekannt, dass große Teile deutscher Schülerinnen und Schülern sich für Naturwissenschaften und Technik nur dann interessieren, wenn sie Lebenswelt- und Anwendungsbezüge aufweisen (Hasni & Potvin, 2015; Hoffmann, Häußler et al., 1998; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Gerade viele Mädchen interessieren sich nur wenig für Naturwissenschaften und noch weniger für Technik (Häussler & Hoffmann, 1998; Krapp & Prenzel, 2011; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Sie zeigen sich jedoch wesentlich interessierter, wenn Naturwissenschaften und Technik Anwendungsbezüge zu lebenden Systemen oder dem eigenen Körper zeigen (Häussler & Hoffmann, 1998). Den naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere das Fach Physik, erleben die Schülerinnen und Schüler jedoch meist als wenig anwendungsbezogen und somit oftmals als nicht relevant und schwierig (acatech/VDI, 2009; Hasni & Potvin, 2015). Sie berichten nur wenig Freude und Interesse im Unterricht der Naturwissenschaften und Technik (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Über die Jahrgangsstufen hinweg zeigt sich bis zum Ende der Schulzeit zudem ein Absinken des Interesses, welcher sich erst am Ende der Schulbildung stabilisiert (Daniels, 2008; Gottfried et al., 2001). Außerschulische Lernangebote bieten durch authentische Materialien und den spielerischen Zugang daher eine Alternative, um Schülerinnen und Schülern die Relevanz von Naturwissenschaften und Technik näher zu bringen und ihr Interesse zu wecken (Engeln, 2004; Pawek, 2009). Solche authentischen und handlungsorientierten Lernumgebungen auch für die Schule zu konzipieren wird von Lehrkräften meist als aufwendig wahrgenommen (Gräsel & Parchmann, 2004) und findet in deutschen Klassenzimmern nach wie vor selten statt (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Zudem nehmen Schülerinnen und Schüler Schülerlabore oder Science Center meist als authentischer wahr als die Lernumgebung in der Schule (Betz, 2018). Dabei zeigen internationale Vergleichsstudien, dass sich gerade in einem Unterricht mit authentischen Problemstellungen, die sowohl zum Denken als auch zum Handeln anregen, die größten Interessenentwicklungen zeigen (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Mobile Experimentier- und Messkoffer stellen eine Alternative dar, die mit authentischen Materialien hohe Lebenswelt- und Anwendungsbezüge im Unterricht ermöglichen (inogy, 2018; Mehrer & Forkel-Schubert, 2006; Sammet & Dreesmann, 2017).

Studien zur Implementation und Wirkung dieser Koffer sind bisher jedoch kaum zu finden. Da der Ergonomie-Messkoffer in möglichst unterschiedlichen Einsatzorten (schulisch vs. außerschulisch) und verschiedenen Jahrgangsstufen und Schularten eingesetzt wird, stellt die Konzeption der Materialien eine besondere Herausforderung dar. Aus diesem Grund ergeben sich für die Pilotierungsstudie am Beispiel des Ergonomie-Messkoffers folgende Fragestellungen:

1. Arbeiten Schülerinnen und Schüler handlungsorientiert mit dem Ergonomie-Messkoffer?
2. Wie nehmen Schülerinnen und Schüler den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer hinsichtlich der Relevanz, der Transparenz und der kognitiven Anforderung wahr?
3. Wie sind die motivationalen Orientierungen hinsichtlich der intrinsischen Motivation, der empfundenen Wichtigkeit und der positiven Empfindungen der Schülerinnen und Schüler während dem Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer ausgeprägt?
4. Ist der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer sowohl für Jungen als auch für Mädchen geeignet?
5. Nehmen Schülerinnen und Schüler den Unterricht im schulischen Setting ähnlich wahr wie im außerschulischen Setting?
6. Ist der schulische Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer sowohl für jüngere als auch für ältere Jahrgangsstufen geeignet?
7. Welche positiven und negativen Aspekte nennen Schülerinnen und Schüler selbst hinsichtlich des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer?
8. Welche Beobachtungen machen die Lehrkräfte im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer?

Um die Wirkung und Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers innerhalb dieses breiten Einsatzes in der Hauptstudie zu erfassen, wurden zudem Evaluationsmaterialien entwickelt. Diese sollen vor dem Einsatz in der Hauptstudie auf ihre Eignung für die Zielgruppe validiert werden. Aus diesem Grund ergeben sich folgende Teilfragestellungen:

9. Inwieweit sind die Evaluationsmaterialien angemessen für die Zielgruppe?
10. Weisen die selbst entwickelten Skalen zum Ergonomie-Messkoffers die notwendigen Gütekriterien auf?

4.2 Implementation: Welche Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung lassen sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer finden?

Im Rahmen der Hauptstudie geht die erste Teilstudie der Frage nach, welche Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer finden lassen. Dazu werden die Fragebögen, Unterrichtsmaterialien und Interviewausagen der Lehrkräfte analysiert.

Zunächst wird in einem ersten Schritt der durchgeführte Unterricht auf zentrale Gestaltungsmerkmale der Problemorientierung analysiert. Für das Interesse erweisen sich dabei authentische Problemstellungen, die Struktur sowie kooperative und handlungsorientierte Lernformen als zentrale Merkmale (Barrows, 1986; Brovelli & Wilhelm, 2009; Pease & Kuhn, 2011; Preckel, 2004; Wijnia et al., 2011; Zumbach, 2003). Projekte wie Chemie im Kontext zielten insbesondere darauf ab authentische Problemstellungen im Unterricht zu nutzen, die sich an lebensweltbezogenen Kontexten orientieren. Schülerlabore nutzen hingegen professionelle Geräte und realistische Materialien, um Schülerinnen und Schüler möglichst authentische Problemstellungen des Fachs oder der Disziplin zu präsentieren. Für den Ergonomie-Messkoffer, welcher wie ein kleines mobiles Schülerlabor für den Unterricht gesehen werden kann, ergeben sich daher verschiedene Möglichkeiten der authentischen Problemstellung. Ebenfalls zentral für das Interesse der Schülerinnen und Schüler zeigt sich eine Struktur des Unterrichts. Mit dem Ergonomie-Messkoffer werden zwei Möglichkeiten der Struktur vorgesehen, die zwischen dem naturwissenschaftlichen und technischen Vorgehen unterscheidet. Dabei kann sowohl erkenntnisorientiert nach dem Konzept der Naturwissenschaften oder problemorientiert nach dem Prozess der Technik vorgegangen werden. Da Technik im naturwissenschaftlichen Unterricht nach wie vor den Naturwissenschaften unterstellt ist (Hartmann et al., 2008), wird erwartet, dass sich auch hier der Unterricht stärker erkenntnisorientiert gestaltet. Für das Interesse erweist sich dabei eine strukturgebende und unterstützende Begleitung durch die Lehrkraft als hilfreich, insbesondere für Anfänger (Furtak & Kunter, 2012; Schütte & Köller, 2015; Seidel & Shavelson, 2007). Auch das kooperative Arbeiten erweist sich in verschiedenen Studien als interessenfördernd (Pease & Kuhn, 2011; Seidel & Shavelson, 2007; Weaver et al., 2018). Im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer bestehen sowohl Möglichkeiten zu Kleingruppenarbeiten als auch Diskussionen und Gespräche im Klassenverband. Daher soll untersucht werden, inwieweit diese tatsächlich genutzt werden. Auch für die Handlungsorientierung ergeben sich mit dem Ergonomie-Messkoffer zahlreiche Möglichkeiten. Ob diese im Unterricht auch umgesetzt werden, bleibt es zu untersuchen.

In bisherigen Studien erwiesen sich der zeitliche Aufwand für die Lehrkräfte als hinderlich für die Umsetzung von neuen Ansätzen im Unterricht (Gräsel & Parchmann, 2004). Aus diesem

Grund soll in der folgenden Studie über die Beschreibung des Unterrichts hinaus untersucht werden, welchen Aufwand Lehrkräfte mit dem Ergonomie-Messkoffer in der Vorbereitung haben. Besonders wichtig in der Vorbereitung erweisen sich für einen problemorientierten Unterricht die Auseinandersetzung der Lehrkräfte mit den Materialien (Krebs, 2008), eine angemessene und zielgerichtete Einbettung in den Unterricht (Furtak et al., 2012; Hillmayr et al., 2017). Aus diesem Grund ergeben sich für die erste Teilstudie folgende Fragestellungen:

11. Inwieweit weist der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer Merkmale des didaktischen Ansatzes der Problemorientierung auf?
12. Wie setzen sich die Lehrkräfte vor Beginn des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer mit den Materialien auseinander?
13. Inwieweit erfolgt eine weitere Anpassung der Materialien an die Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler?
14. Welche Ziele verfolgen Lehrkräfte mit dem Einsatz des Ergonomie-Messkoffers im Unterricht?
15. Inwieweit zeigen Lehrkräfte die Bereitschaft, den Ergonomie-Messkoffer langfristig im Unterricht und in der Schule zu implementieren?

4.3 Wirkung: Inwieweit gelingt es das Interesse am Messen von Schülern und insbesondere Schülerinnen im problemorientierten Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer zu fördern?

Die zweite Teilstudie zielt darauf ab zu untersuchen, inwieweit Experimentier- und Messkoffer das Interesse von Schülerinnen und Schüler steigern können. Dazu werden die Fragebögen der Schülerinnen und Schüler direkt im Anschluss und einen Monat nach der letzten Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer analysiert.

Nach wie vor berichten viele Schüler und insbesondere Schülerinnen nur ein geringes Interesse an Naturwissenschaften und Technik. Insbesondere technische Zugänge, wie sie in Physik oftmals zu finden sind, treffen insgesamt nur bei wenigen Schülern und noch weniger Schülerinnen auf Interesse (acatech/VDI, 2009; Hoffmann, Häußler et al., 1998; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Zwar finden sie die Disziplinen wichtig, sie werden jedoch oftmals auch als schwierig und angstbesetzt erlebt (acatech/VDI, 2009; Potvin & Hasni, 2014a). Studien zeigen jedoch, dass für das Interesse die Kontexte meist einen größeren Einfluss haben als das Fach oder die Disziplin selbst (Potvin & Hasni, 2014a). So zeigen Schülerinnen und Schüler durchaus Interesse an lebenswelt- und anwendungsbezogene Kontexten der Technik oder Physik (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016), an Bezügen zu lebenden Systemen und zum eigenen Körper (Hoffmann, Häußler et al., 1998). Auch im Rahmen von kooperativen und handlungsorientierten Lernformen zeigen sich Mädchen deutlich aufgeschlossener gegenüber

naturwissenschaftlichen und technischen Themen (Furtak & Kunter, 2012; Furtak et al., 2012) Gerade Mädchen reagieren in Naturwissenschaften und Technik positiv auf diese Änderung des Kontexts (Häussler & Hoffmann, 1995). Der Lebensweltbezug erweist sich dann als besonders wirksam auf das Interesse, wenn er als authentisch wahrgenommen wird. Materialien oder Methoden wie aus Experimentier- und Messkoffern ermöglichen dies (Betz, 2018). Durch die Einbettung aus Experimentier- und Messkoffern in den Unterricht erhofft man sich daher neben den kurzfristigen Interessenentwicklungen, die sich häufig in außerschulischen Lernumgebungen zeigen (Betz, 2018; Pawek, 2009), auch eine nachhaltige Wirkung auf das Interesse und die Anwendbarkeit des Wissens erzielen zu können. Darüber hinaus wäre eine Reduzierung von negativen Empfindungen anzustreben. Inwieweit dies in einem problemorientierten Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer gelingt, soll mit den folgenden Teilfragen untersucht werden.

16. Wie entwickelt sich das kurz- und langfristige Interesse am Messen von Schülerinnen und Schülern im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer...
 - a. ... je nach Gestaltung des Unterrichts?
 - b. ... je nach Geschlecht?
17. Wie entwickeln sich die kurz- und langfristigen negativen Empfindungen gegenüber Messen von Schülerinnen und Schülern im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer...
 - a. ... je nach Gestaltung des Unterrichts?
 - b. ... je nach Geschlecht?
18. Wie entwickelt sich das nachhaltige Verhalten von Schülerinnen und Schülern im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer...
 - a. ... je nach Gestaltung des Unterrichts?
 - b. ... je nach Geschlecht?

4.4 Akzeptanz: Wie wird der Ergonomie-Messkoffer von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern wahrgenommen und inwieweit beeinflusst dies dessen Implementation und Wirkung?

Zusatzangeboten in Schulen eilt oft das Vorurteil voraus, dass es meist besonders engagierte Teilnehmer anzieht. Aus diesem Grund untersucht die dritte Teilstudie die Einstellungen der Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler. Dabei sollen nicht nur Hinweise auf Merkmale der Stichprobe selbst gesammelt werden, sondern auch mögliche Anreize von Experimentier- und

Messkoffern für Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler identifiziert werden. Als Analysegrundlage dienen dabei die Fragebögen der Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler, welche direkt im Anschluss an die Unterrichtseinheit und einen Monat später ausgefüllt wurden.

Nehmen Teilnehmerinnen und Teilnehmer freiwillig an einem Angebot teil, liegt meist eine höhere Akzeptanz vor (Drossel et al., 2018; Lipowsky, 2010). Modelle zur Akzeptanz im schulischen Kontext unterscheiden zwischen stabilen und situativen Einflussfaktoren auf die Akzeptanz (Eder, 2015; Scherer et al., 2019). Doch welche Einstellungen bringen Akteure dazu ein zusätzliches Angebot wie den Experimentier- und Messkoffer im Unterricht einzusetzen und diesen im Unterricht zu nutzen? Und welche Schülerinnen und Schüler nehmen das Angebot im Unterricht auch tatsächlich wahr? Da Lehrkräfte sich im Gegensatz zu ihren Schülerinnen und Schülern komplett freiwillig für das Angebot des Ergonomie-Messkoffer entscheiden, werden die beiden Zielgruppen im Folgenden separat betrachtet.

Wodurch zeichnen sich Lehrkräfte aus, die freiwillig eine Innovation wie den Ergonomie-Messkoffer umsetzen?

Lehrkräfte erweisen sich in zahlreichen Studien als die zentralen Akteure bei der Planung und Gestaltung des Unterrichts (Gräsel, 2008; Schumacher, 2008). Die folgende Arbeit geht davon aus, dass Lehrkräfte sich freiwillig für die Nutzung von Experimentier- und Messkoffern im Unterricht entschieden und daher eine hohe Akzeptanz gegenüber den Koffern aufweisen. Unklar ist jedoch, welche Faktoren bei den Lehrkräften zu dieser hohen Akzeptanz führen. In verschiedenen Studien zeigen folgende Faktoren einen positiven Einfluss:

- der Einbezug der Lehrkräfte bei der Entwicklung von Konzepten (Gräsel & Parchmann, 2004; Hasselhorn et al., 2014)
- eine hohe Praktikabilität, die Alltagsrelevanz und die Wichtigkeit des Gegenstands (Hasselhorn et al., 2014)
- die grundlegenden positiven Einstellungen gegenüber dem Gegenstand und positive Erfahrungen der Lehrkräfte mit Eigenschaften des Gegenstands (Fey et al., 2004; Rogers, 2003)
- das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und Fertigkeit im Umgang mit dem Gegenstand (Nawrath & Komorek, 2013; Neyer et al., 2012; Tondeur et al., 2010)
- die wahrgenommene Erleichterung für den Schulalltag (Nawrath & Komorek, 2013)

Des Weiteren gehen Modelle zu Bildungstechnologien von einem Einfluss des Alters und des Geschlechts aus, welcher sich in empirischen Studien jedoch nur teilweise bestätigt (Eder, 2015). Befunde zur Implementation von innovativen Unterrichtskonzepten zeigen, dass eine

hohe Akzeptanz durch die Lehrkräfte eine konzeptgerechte Umsetzung des Konzepts wahrscheinlicher macht (Gräsel & Parchmann, 2004). Dabei wird angenommen, dass Personen mit einer hohen Akzeptanz sich ausgiebig mit den Unterrichtsmaterialien beschäftigen (Krebs, 2008). Die folgende Arbeit geht daher davon aus, dass sich zwischen der Ausprägung der Akzeptanz und der Implementation des Ergonomie-Messkoffers Zusammenhänge ergeben, welche sich in der ausgiebigen Vorbereitung der Unterrichtseinheiten mit dem Ergonomie-Messkoffer, der Umsetzung der Unterrichtseinheit im Sinne der Problemorientierung und Maßnahmen zur langfristigen Implementation zeigen. Der Erfolg einer Innovation zeigt sich in einer zeitlichen Stabilität (Hasselhorn et al., 2014). Demnach ist die langfristige Implementation ein weiterer Indikator, um den Erfolg einer Innovation messen zu können. Eine langfristige Implementation von Konzepten wird dadurch begünstigt, wenn Lehrkräfte im Austausch mit den Schulleiterinnen oder Schulleitern sowie mit Kolleginnen und Kollegen stehen (Geijssels et al., 2001; Gräsel & Parchmann, 2004; Ostermeier, 2004). Daraus ergeben sich die folgenden Fragestellungen:

19. Welche Einstellungen weisen Lehrkräfte gegenüber innovativen Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht, gegenüber Technik und gegenüber Ergonomie auf?
20. Wie bewerten die Lehrkräfte den Ergonomie-Messkoffer, die bereitgestellten Materialien und das Thema?
21. Welche Rolle spielen die Einstellungen der Lehrkräfte bei der Vorbereitung und langfristigen Implementation des Ergonomie-Messkoffers?

Für welche Schülerinnen und Schüler scheint sich der Ergonomie-Messkoffer besonders zu eignen?

Der zweite Teil der dritten Teilstudie erweitert die Perspektive auf Experimentier- und Messkoffer und dessen Wirkung im Unterricht um die eigene Einschätzung der Schülerinnen und Schüler. Im Gegensatz zu der freiwilligen Teilnahme der Lehrkräfte, liegt diese bei den Schülerinnen und Schülern möglicherweise nicht vor. Inwieweit Experimentier- und Messkoffer daher tatsächlich wirken, hängt von der tatsächlichen Nutzung ab. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Nutzung durch positive Einstellungen begünstigt wird. Die folgende Arbeit untersucht als mögliche Einflussfaktoren sowohl stabile als auch situative Merkmale. Einstellungen gegenüber dem Messgerät und dem Thema, sowie von ihrer Akzeptanz gegenüber Technik im Allgemeinen ab. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Akzeptanz von Technik auf verschiedenen Ebenen zeigt: in der Nutzung von technischen Alltagsgeräten, der Bereitschaft

und dem Vertrauen, Technik im Alltag erfolgreich zu nutzen und in der Einschätzung der Chancen und Risiken von neuen Technologien. Dazu weisen Studien auf unterschiedliche Befunde hin. Der Besitz technischer Alltagsgeräten weist heutzutage auf eine Allgegenwärtigkeit von Technik im Alltag von Schülerinnen und Schülern hin (Statistisches Bundesamt, 2018). Während sich im Umgang mit technischen Alltagsgeräten kaum Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen finden lassen, zeigen Jungen im vertieften Umgang mit Technik häufiger mehr Erfahrung (Jones et al., 2000). Jedoch zeigen sich zum Teil große Unterschiede im Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten und Fertigkeiten (acatech/VDI, 2009; Bos et al., 2014). Mädchen weisen dabei häufig mehr Schwierigkeiten auf, ihre Fähigkeiten realistisch einzuschätzen und unterschätzen sich häufig (Wensierski, 2015). Jungen zeigen gerade im Bereich Naturwissenschaften und Technik ein höheres Selbstvertrauen (Wensierski, 2015). Aus diesem Grund geht die folgende Studie davon aus, dass sich hinsichtlich der Nutzung technischer Alltagsgeräte, dem Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten und Einschätzung neuer Technologien unterschiedliche Typen von Jugendlichen finden lassen, die sich auch in der untersuchten Stichprobe zeigen. Es wird angenommen, dass die Interventionsstichprobe hinsichtlich der Akzeptanz von Technik dabei ähnliche Typen aufweist, wie sie auch unter Jugendlichen des PISA 2015 Feldtests zu finden sind. Es wird davon ausgegangen, dass diese Typen sich auch in der Akzeptanz des Ergonomie-Koffers und der Wirkung des Ergonomie-Messkoffers unterscheiden.

22. Welche Einstellung gegenüber Technik im Allgemeinen weist die Interventionsstichprobe auf?
 - a. Welche Typen lassen sich dabei identifizieren?
 - b. Welche Unterschiede zeigen sich zwischen Jungen und Mädchen?
23. Wie repräsentativ sind die Jugendlichen dabei im Vergleich zu deutschen Jugendlichen des PISA 2015 Feldtests?
24. Welche Rolle spielt die Einstellung gegenüber Technik allgemein bei der positiven Einstellung gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer?
25. Welche Rolle spielen die Einstellung gegenüber Technik allgemein und gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer im Speziellen für die Wirkung des Unterrichts auf...
 - a. ... das Interesse der Schülerinnen und Schüler?
 - b. ... die negativen Empfindungen?
 - c. ... die nachhaltige Verhaltensänderung?

5 Empirischer Teil

Der empirische Teil gliedert sich in die Präsentation einer Pilotierungsstudie und einer Hauptstudie mit drei Teilstudien. Kapitel 5.1 beschreibt dafür zunächst das übergreifende Untersuchungsdesign, in dem es die vier anschließenden Studien chronologisch und inhaltlich zueinander in Beziehung setzt. Anschließend werden in Kapitel 5.2 bis 5.4 die Methode und die Ergebnisse der Pilotstudie und der drei Teilstudien einzeln präsentiert.

5.1 Untersuchungsdesign

Das folgende Kapitel gibt zunächst einen Überblick über das gesamte Untersuchungsdesign, in dem es aufzeigt wie die Pilot- und die Hauptstudie mit ihren drei Teilstudien inhaltlich und chronologisch miteinander in Beziehung stehen. Dazu gibt der erste Teil einen Gesamtüberblick über das Untersuchungsdesign. In einem zweiten Teil werden darüber hinaus der zeitliche Ablauf der Studien und die Messzeitpunkte präsentiert. Die genauen Skalen und Items sowie Merkmale der Stichprobe werden jeweils im Methodenteil der einzelnen Studien näher beschrieben.

Den Fragen zur Validität, zur Implementation, zur Wirkung und zur Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers wird in einem multimethodischen Untersuchungsdesign auf den Grund gegangen (Abbildung 8). Mit der Pilotierung sollte vorab die Validität der Unterrichts- und Evaluationsmaterialien für die Hauptstudie untersucht werden. Auf der Grundlage der Pilotierung wurde anschließend ein Gesamtkonzept für den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers im problemorientierten Unterricht entwickelt, welches in der Hauptstudie mit drei Teilstudien auf seine Implementation (Teilstudie 1), auf seine Wirkung (Teilstudie 2) und auf seine Akzeptanz (Teilstudie 3) hin überprüft wurde (Abbildung 8). Die drei Teilstudien basieren dabei auf einer gemeinsamen Stichprobe von Lehrkräften und ihren Schülerinnen und Schülern sowie gemeinsamen Erhebungsinstrumenten. Diese werden in den jeweiligen Einzelstudien näher erläutert und gegebenenfalls auf die jeweilige Beschreibung verwiesen. Auf Grund von fehlenden Werten kommt es jedoch zu Abweichungen der Stichprobengröße zwischen den Teilstudien.

In der überwiegend qualitativen Teilstudie 1 erfolgt zunächst eine Beschreibung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer und eine Untersuchung zum Aufwand der Vorbereitung eines solchen Unterrichts. Darauf aufbauend wird in Teilstudie 2 mit einem längsschnittlichen Design die kurz- und langfristige Wirkung des Ergonomie-Messkoffers auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler untersucht. Dabei werden Hinweise identifiziert, unter welchen Bedingungen sich Experimentier- und Messkoffer zur Förderung des Interesses eignen. Teilstudie 3 untersucht anschließend, welche Rolle die Akzeptanz der Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler bei der Implementation und Wirkung des Ergonomie-Messkoffers im Unterricht spielt. Neben dem reinen Beschreibungswissen zur Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers,

werden mögliche Erklärungsansätze für die Implementation und Wirkung von Experimentier- und Messkoffern gegeben.

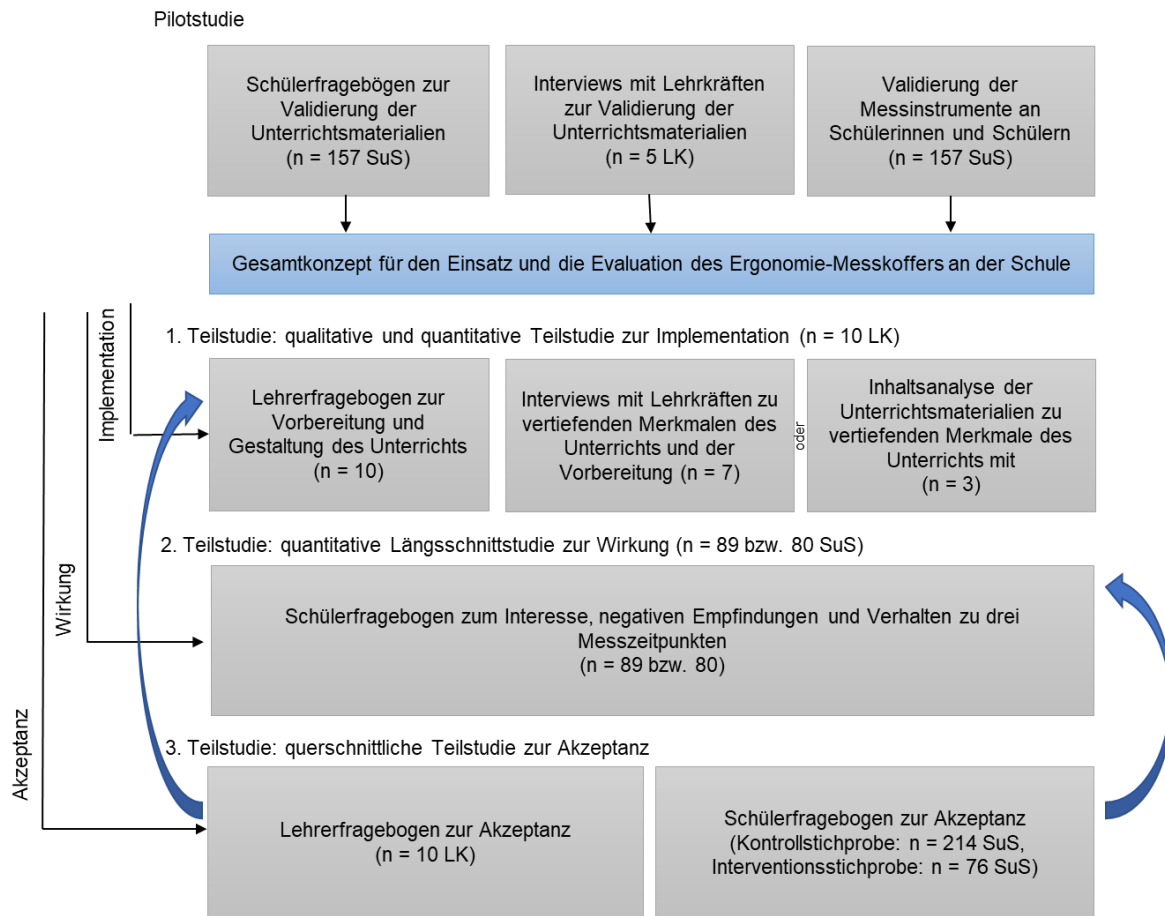


Abbildung 8: Untersuchungsdesign der vorliegenden Studien

Die Pilotstudie wurde im Schuljahr 2013/2014 durchgeführt. Die Hauptstudie fand anschließend im Schuljahr 2015/2016 statt (Abbildung 9). Dabei wurden die Lehrkräfte zum Zeitpunkt t_1 (nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer) und zum Zeitpunkt t_2 (einen Monat nach dem Ende der Intervention) mit Fragebögen und anschließend mit Hilfe von Interviews befragt. Unter den Schülerinnen und Schülern wurde zu den Messzeitpunkten t_0 (vor der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer), t_1 und t_2 erhoben. So ergeben sich für die drei Teilstudien die folgenden Erhebungszeitpunkte, die auf Grund der zum Teil gleichen Stichprobe parallel erhoben wurden.

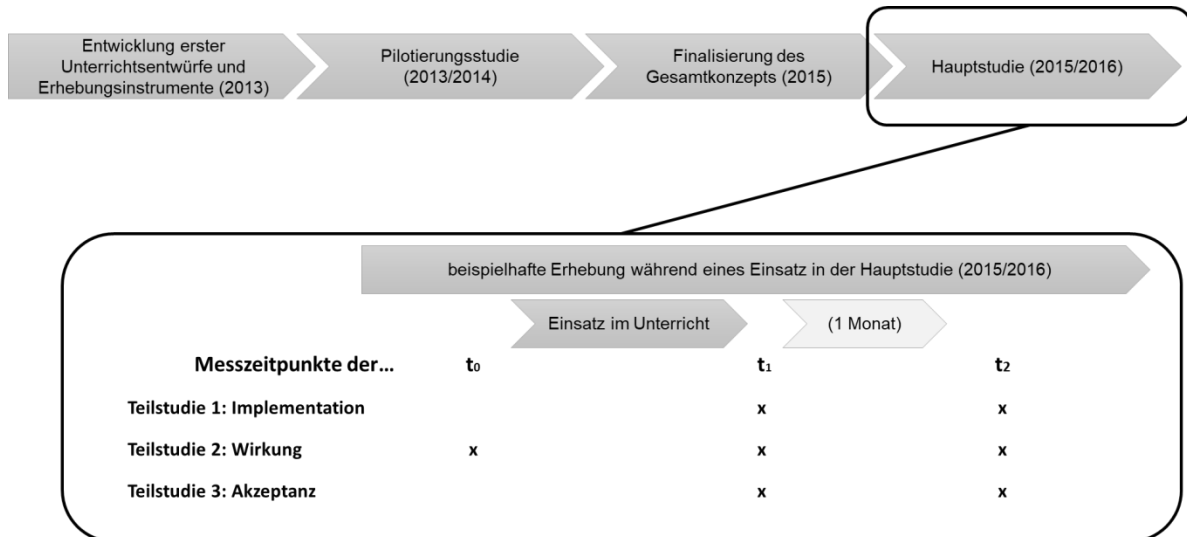


Abbildung 9: Chronologischer Aufbau der Studien und die Erhebungszeitpunkte der drei Teilstudien

Die Erhebungen fanden dabei jeweils vor der ersten Unterrichtseinheit, nach der letzten Unterrichtseinheit und einen Monat nach der letzten Unterrichtseinheit des Ergonomie-Messkoffers in der jeweiligen Klasse statt. Auf Grund der begrenzten Anzahl der verleihbaren Ergonomie-Messkoffer und der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten über das Schuljahr verteilt, fanden nicht alle Einsätze zur gleichen Zeit statt. Vielmehr verteilten sich die Einsätze über das gesamte Schuljahr 2015/2016. Aus diesem Grund lassen sich die verschiedenen Erhebungszeitpunkte nicht auf einen Tag oder eine Woche datieren. Vielmehr orientieren sich die Erhebungszeitpunkte an dem Zeitraum, welcher von der Lehrkraft für die Durchführung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer in der Klasse gewählt wurde. Genaue Details zum Design, der Durchführung, der Stichprobe, den Erhebungsinstrumenten und den Ergebnissen der Pilotstudie und den drei Teilstudien werden nun im Folgenden einzeln präsentiert.

5.2 Pilotstudie

5.2.1 Methode

Die Erhebungen der Pilotstudie fanden zum einen im schulischen und zum anderen im außerschulischen Setting statt. Dadurch konnten Effekte des Unterrichts abhängig und unabhängig von der Lehrkraft betrachtet werden. Gleichzeitig ermöglichte dies den Vergleich hinsichtlich der Wahrnehmung des Unterrichts in verschiedenen Settings. Beide Gruppen von Schülerinnen und Schülern erhielten im Anschluss an die Durchführung von ihren Lehrkräften in der Schule oder von wissenschaftlichen Mitarbeitern der Universität einen Fragebogen, welcher neben quantitativen Skalen auch qualitativ ausgerichtete Fragestellungen bot. Die Lehrkräfte wurden im Anschluss an die Durchführung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer in

kurzen Interviews zu ihren Erfahrungen im Unterricht befragt. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen brachten ihre Erfahrungen aus den außerschulischen Einsätzen hinsichtlich der Durchführung und der Evaluation in die anschließende Entwicklung des Gesamtkonzepts selbst ein. Zudem wurden von den Projektmitarbeitern neue Skalen zur Evaluation des Ergonomie-Messkoffers hinsichtlich der Akzeptanz und der nachhaltigen Verhaltensänderung entwickelt. Diese wurden den Schülerinnen und Schülern neben den bereits bestehenden Skalen vorgelegt, um sie für die Hauptstudie zu validieren.

5.2.1.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Stichprobe der Pilotierung setzt sich aus Schülerinnen und Schülern sowie ihren Lehrkräften zusammen. Dazu werden im Folgenden relevante Merkmale der beiden Stichproben erläutert.

Stichprobe der Schülerinnen und Schüler

An der Pilotierung des Unterrichtskonzepts nahmen $n = 174$ Schülerinnen und Schüler aus Schulen im Raum München und Umgebung teil. Wie sich die Stichprobe hinsichtlich des Geschlechts, der Schulart, der Jahrgangsstufe und des Settings verteilt, zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5: Stichprobe der Schülerinnen und Schüler der Pilotstudie nach schulisch und außerschulisch getrennt (n = 174)

Kategorie	Unterkategorie	Schulisch (n = 103)		Außerschulisch (n = 71)	
		N	Häufigkeit	N	Häufigkeit
Geschlecht	Männlich	50	48,5%	41	57,7%
	Weiblich	51	49,5%	30	42,3%
	k.A.	2	1,9		
Schulart	Gymnasium	20	19,4%	71	100%
	Mittelschule	71	68,9%		
	Sonstiges	12	11,7%		
	k.A.				
Jahrgangsstufe	5 – 7	37	35,9		
	8 – 9	12	11,7%		
	10 – 12	54	52,4%	71	100%

Stichprobe der Lehrkräfte

Zudem wurden $n = 5$ Lehrkräfte (3 männlich, 2 weiblich) im Anschluss an den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers im Unterricht in einem kurzen (Telefon-)Interview befragt. Dabei nahmen drei Lehrkräfte von Mittelschulen und zwei Lehrkräfte aus einem Gymnasium und einer Montessorischule teil. Diese nutzten den Ergonomie-Messkoffer für einen Unterricht in der 7. Klasse der Montessorischule, einer 9. Klasse am Gymnasium und in der 5. und zwei 10. Klassen an der Mittelschule.

5.2.1.2 Erhebungsinstrumente

Schülerinnen und Schüler erhielten im Anschluss an den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer einen Fragebogen, mit dem die Durchführung des Unterrichts aus Sicht der Schülerinnen und Schüler betrachtet wurde.

Dieser enthielt zum einen eine Liste an Aktivitäten, mit denen die Gestaltung des Unterrichts validiert wurde. Hier hatten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeiten anhand vorgegebener Antwortoptionen auszuwählen, ob sie diese Aktivität im Unterricht selbst durchführten oder nicht. Diese Liste umfasst unter anderem Items wie „ein Diagramm aus den Messwerten gezeichnet“, „Mir Verbesserungsmöglichkeiten ausgedacht“ oder „das Messgerät aufgebaut“. Die Wahrnehmung des Unterrichts hinsichtlich der inhaltlichen Relevanz, der Klarheit/Transparenz der wahrgenommenen Instruktionsqualität und der Überforderung vs. Anpassung an Lernvoraussetzungen wurde mit drei Skalen erhoben. Diese gehen auf Prenzel und Drechsel (1996) zurück. Die Anzahl der Items und ein Beispielitem kann Tabelle 6 entnommen werden. Die Antworten wurden jeweils auf einer 4 stufigen Likert-Skala von 1 („nie“) bis 4 („häufig“) erhoben.

Tabelle 6: Übersicht über Skalen, Anzahl der Items und Beispielitem zur Wahrnehmung des Unterrichts

Skala	nItems	Beispielitem
Wahrgenommene inhaltliche Relevanz (Prenzel et al. 1996; 2001)	4	... wurde ich in Situationen gebracht, wo ich selbst merken konnte, wie wichtig der Stoff ist.
Transparenz der wahrgenommenen Instruktionsqualität (Prenzel et al. 1996; 2001)	4	... wurde der Stoff anhand von Beispielen veranschaulicht.
Überforderung vs. Anpassung an Lernvoraussetzungen (Prenzel et al. 1996; 2001)	3	... war der Stoff zu viel.

Darüber hinaus wurden die Schülerinnen und Schüler anhand vier Skalen dazu befragt, wie intrinsisch motivierend, wichtig, interessant und negativ sie den Unterricht empfinden (Tabelle 7). Die verwendeten Skalen gehen dabei ebenfalls auf Prenzel et al (1996) zurück und wurden anhand von drei bzw. zwei Items erfasst. Die Antworten wurden jeweils auf einer 4-stufigen Likert-Skala von 1 („nie“) bis 4 („häufig“) erhoben.

Tabelle 7: Übersicht über Skalen, Anzahl der Items und Beispielitem zur motivationalen Orientierung

Skala	n _{Items}	Beispielitem
Intrinsische Motivation	3	... machte das Lernen/Arbeiten richtig Spaß
Wichtigkeit	2	.. wichtig für mich persönlich
Affektives Interesse	3	...spannend
Negative Empfindungen	3	... frustrierend

Für eine *Gesamtbewertung des Unterrichts* wurden die Schülerinnen und Schüler mit einer Einschätzung des Unterrichts anhand von Schulnoten und mit zwei offenen Antworten befragt. Die offenen Antworten lauteten: (a) *Was hat dir (besonders) gut gefallen?* und (b) *Was hat dir nicht so gut gefallen oder was hättest du gerne anders gemacht?*. Die offenen Antworten wiesen mit $n = 64$ für die erste und $n = 36$ Schülerinnen und Schülern für die zweite Frage deutlich mehr Missings auf als die geschlossenen Fragen.

Neu entwickelt wurden zwei Skalen zur Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers und zur nachhaltigen Wirkung (Tabelle 8).

Die Skalen basieren auf Erkenntnissen der Interessen- und Akzeptanzforschung (Prenzel, 1988; Quiring, 2006). Die *Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers* wurde anhand von drei Items und die *nachhaltige Verhaltensänderung* anhand von vier Items erhoben. Schülerinnen und Schüler wurden mit der Instruktion aufgefordert, anzugeben, wie sehr die folgenden Aussagen auf sie zutreffen. Anhand einer vierstufigen Skalen bestanden die Antwortoptionen zwischen „Stimme überhaupt nicht zu“, „Stimme eher nicht zu“, „Stimme eher zu“ und „Stimme völlig zu“. Die genauen Items können Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 8: Items zu den neu entwickelten Skalen der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers und der nachhaltigen Wirkung

<i>Skala</i>	<i>Items</i>
Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers	<ol style="list-style-type: none">1. Ich finde, dass der TÜV-Koffer¹ öfter im Unterricht verwendet werden sollte.2. Ich würde gerne wieder mit dem TÜV-Koffer arbeiten.3. Ich würde mich gerne mehr mit dem Thema der vorangegangenen Stunde/n beschäftigen.
Nachhaltige Verhaltensänderung	<ol style="list-style-type: none">1. Ich sehe meine Umgebung jetzt mit anderen Augen.2. Ich werde auch nach dem Unterricht weiter über das Thema nachdenken.3. Ich werde meine Eltern oder Freunden von der/den vergangenen Stunden erzählen.4. Ich werde versuchen, das Gelernte daheim umzusetzen.

Die **Lehrkräfte** wurden im Anschluss an die Durchführung des Unterrichtskonzepts anhand eines offenen Gesprächs zu positiven und negativen Beobachtungen im Unterricht befragt. Im Besonderen wurde dabei auf die Machbarkeit, Schwierigkeit sowie das Ausfüllen der Fragebögen eingegangen.

5.2.2 Ergebnisse der Pilotierung

5.2.2.1 Ergebnisse zur Validität der Unterrichtsmaterialien

Ziel der Pilotierung war es zu untersuchen, wie der Ergonomie-Messkoffer im Unterricht eingesetzt wird und inwieweit Schülerinnen und Schüler den Unterricht hinsichtlich der Relevanz, der Klarheit und der Überforderung einschätzen. Zum anderen wurde geprüft, ob Schülerinnen und Schüler im Unterricht intrinsische Motivation, affektives Interesse, Wichtigkeit und geringe negative Empfindungen erleben. Um eine möglichst breite Zielgruppe mit dem Ergonomie-Messkoffer erreichen zu können, wurde zudem die Eignung für verschiedene Schülergruppen analysiert. Neben Unterschieden zwischen Jungen und Mädchen wurden auch verschiedene Altersstufen, Schularten und Rahmenbedingungen überprüft.

¹ Der TÜV-Koffer erhielt im Laufe des Projekts den Namen Ergonomie-Messkoffer

5.2.2.1.1 Ergebnisse zum Unterricht, zur Wahrnehmung des Unterrichts und zu den motivationalen Orientierungen der Schülerinnen und Schüler

Zur Beantwortung von Fragestellung 1 zeigt Tabelle 9 zunächst die Aktivitäten, die Schülerinnen und Schüler angaben, im Unterricht erlebt zu haben. Schülerinnen und Schüler führen dabei durchschnittlich $n = 5$ der genannten Aktivitäten im Unterricht selbst durch. Mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler berichtet, das Luftverhalten protokolliert (73,9 %), einen Text zum Thema gelesen (74,3 %), ein Diagramm aus den Messwerten gezeichnet (72,1 %) und Messwerte ausgewertet zu haben (69,4 %). Obgleich die Lehrkräfte in der Pilotierungsstudie jeweils nur ein Messgerät pro Klasse erhielten, bediente mehr als ein Drittel der Schülerinnen und Schüler (34,6%) das Messgerät selbst. Die Umsetzung von Verbesserungsmöglichkeiten (10,8%), sowie das selbstständige Auswerten der Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung (20,6%) wird nur von wenigen Schülerinnen und Schülern angegeben.

Tabelle 9: Häufigkeit der durch Schülerinnen und Schüler durchgeführten Aktivitäten

Aktivität	Häufigkeit
Das Luftverhalten protokolliert	73,9 %
Einen Text zum Thema gelesen	74,3 %
Ein Diagramm aus den Messwerten gezeichnet	72,1 %
Messwerte ausgewertet	69,4 %
Mir Verbesserungsmöglichkeiten ausgedacht	46,3 %
Die Ergebnisse interpretiert	45,9 %
Vermutungen/Hypothesen aufgestellt	37,5 %
Das Messgerät bedient	34,6 %
Das Messgerät aufgebaut	33,1 %
Mir überlegt, was und wie man messen sollte	28,7 %
Die Lichtverhältnisse protokolliert	24,3 %
Die Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung ausgewertet	20,6 %
Bei der Umsetzung von Verbesserungsmöglichkeiten geholfen	10,8 %
Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung ausgefüllt	8,1 %

Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit Schülerinnen und Schüler in dem Unterricht Relevanz, Transparenz/Klarheit und Überforderung erleben (Fragestellung 2). Obgleich der Unterricht und der Ergonomie-Messkoffer dabei nicht getrennt voneinander betrachtet werden können und die Bewertung des Unterrichts daher nicht eindeutig ursächlich auf den Messkoffer zurückgeführt werden kann, können die deskriptiven Ergebnisse erste Anhaltspunkte liefern. Tabelle 10 berichtet dazu die Zustimmung zu Items, welche als repräsentativ für die Skala ausgewählt wurden. Dabei stimmen mehr als drei Viertel der Schülerinnen und Schüler

Empirischer Teil

(75,3 %) der Aussage zu, dass sie *in Situationen gebracht wurden, in denen sie selbst merken konnten, wie wichtig der Stoff ist*. Fast alle Schülerinnen und Schüler (97,2 %) stimmen zudem der Aussage zu, dass *die Darstellungen und Erklärungen klar und verständlich waren*. Nur 9,8% der Schülerinnen und Schüler empfanden den Stoff als schwierig. Darüber hinaus werden Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minimum und Maximum dargestellt (Tabelle 10). Die Schülerinnen und Schüler empfanden den Unterricht daher als inhaltlich relevant ($M = 2,97$; $SD = 0,62$), klar und transparent ($M = 3,33$; $SD = 0,49$) und fühlten sich nicht überfordert ($M = 1,52$; $SD = 0,60$).

Tabelle 10: Zustimmung, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Relevanz, Klarheit, Überforderung, Intrinsischen Motivation, Wichtigkeit, affektiven Interesses und der negativen Empfindungen der Schülerinnen und Schüler

	Zustimmung*	M	(SD)	Min	Max
Wahrgenommene inhaltliche Relevanz					
wurde ich in Situationen gebracht, wo ich selbst merken konnte, wie wichtig der Stoff ist	75,3%	2,97	(0,62)	1,00	4,00
Klarheit/Transparenz der wahrgenommenen Instruktionsqualität					
waren Darstellungen und Erklärungen klar und verständlich.	97,2%	3,33	(0,49)	2,00	4,00
Überforderung vs. Anpassung an Lernvoraussetzungen					
war der Stoff zu schwierig	9,8%	1,52	(0,60)	1,00	3,33
Intrinsische Motivation					
hat mich die Sache so fasziniert, dass ich mich voll einsetzte	78,1%	3,15	(0,59)	1,00	4,00
Wichtigkeit					
für mich persönlich wichtig	57,7%	2,96	(0,75)	1,00	4,00
Affektives Interesse					
Die vergangene(n) Unterrichtseinheit(en) mit dem Ergonomie-Messkoffer waren spannend	81,2%	2,92	(0,50)	1,25	4,00
Negative Empfindungen					
Die vergangene(n) Unterrichtseinheit(en) mit dem Ergonomie-Messkoffer waren langweilig	13,0%	1,58	(0,50)	1,00	3,50

Anmerkungen. * die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst. Wertebereich der Skalen 1-4.

Tabelle 10 zeigt zudem die Ausprägung der intrinsischen Motivation, des affektiven Interesses, der Wichtigkeit und der negativen Empfindungen (Fragestellung 3). Dabei stimmen mehr als drei Viertel der Schülerinnen und Schüler (78,2 %) der Aussage zu, dass sie *die Sache so fasziniert hat, dass sie sich voll einsetzten*. Mehr als 80 % der Schülerinnen und Schüler stimmen darüber hinaus der Aussage zu, dass *die vergangenen Unterrichtseinheiten mit dem Ergonomie-Messkoffer spannend waren*.

Etwas geringer fällt hingegen die Zustimmung dazu aus, inwieweit Schülerinnen und Schüler den Stoff als für sie persönlich wichtig erachten (57,7 %). Lediglich 9,8 % der Schülerinnen und Schüler stimmen zudem der Aussage zu, dass die vergangene Unterrichtseinheit mit dem

Empirischer Teil

Ergonomie-Messkoffer langweilig war. Die Schülerinnen und Schüler erlebten im Unterricht eine hohe intrinsische Motivation ($M = 3,15$; $SD = 0,59$), empfanden die Unterrichtseinheiten als wichtig ($M = 2,92$; $SD = 0,49$) und affektiv interessant ($M = 2,96$; $SD = 0,75$) und nur im geringen Maße negativ ($M = 1,52$; $SD = 0,60$).

Um zu untersuchen, inwieweit der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer sowohl für Jungen als auch Mädchen geeignet ist (Fragestellung 4), wurde ein T-Test für die Wahrnehmung des Unterrichts und die Ausprägung motivationaler Orientierungen vorgenommen. Zunächst zeigten sich hinsichtlich der Anzahl der Aktivitäten ($T(170) = 0,98$; $p = .330$) im Unterricht keine Unterschiede zwischen Jungen ($M = 5,69$; $SD = 2,41$) und Mädchen ($M = 5,32$; $SD = 2,57$). Tabelle 11 zeigt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen in der Wahrnehmung des Unterrichts und der Ausprägung der motivationalen Orientierung während des Unterrichts. Beide schätzen die inhaltliche Relevanz, die Klarheit/ Transparenz und die Überforderung ähnlich ein. Auch für die Ausprägung der motivationalen Orientierungen während der Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer weisen Jungen und Mädchen abgesehen von der Wichtigkeit ebenfalls keine signifikanten Unterschiede auf. Mädchen schätzen die Wichtigkeit des Unterrichtsstoffs signifikant höher ein als Jungen.

Tabelle 11: Mittelwertsvergleiche zwischen Jungen und Mädchen für Relevanz, Klarheit, Überforderung, Intrinsische Motivation, Wichtigkeit, affektives Interesse und negative Empfindungen

	$M(SD)$		t	df	p
	Jungen	Mädchen			
Inhaltliche Relevanz	3,39 (0,47)	3,28 (0,49)	-.25	154	.806
Klarheit/ Transparenz	2,96 (0,62)	2,98 (0,63)	1,48	154	.141
Anforderungen des Stoffs	1,49 (0,58)	1,55 (0,61)	-,65	154	.515
Intrinsische Motivation	3,16 (0,64)	3,15 (0,53)	,13	154	.895
Affektives Interesse	2,96 (0,52)	2,88 (0,48)	,49	153	.626
Wichtigkeit	2,79 (0,76)	3,12 (0,70)	-2,81	153	.006
negative Empfindungen	1,60 (0,54)	1,56 (0,45)	,99	153	.322

Anmerkungen. signifikante Werte ($p < .05$) sind fett gedruckt

Um den Unterricht in und ohne Abhängigkeit der Lehrkraft betrachten zu können (Fragestellung 5), wurden darüber hinaus sowohl schulische als auch außerschulische Veranstaltungen miteinander verglichen. Schülerinnen und Schüler berichten dabei im Durchschnitt keine Unterschiede hinsichtlich der Anzahl der Aktivitäten. Jedoch berichten mehr Schülerinnen und Schüler im außerschulischen Setting das Messgerät aufgebaut ($M_{diff} = -,43$; $SE_{diff} = 0,09$; $t(135) = -4,92$; $p = .000$), die Messwerte ausgewertet ($M_{diff} = -,33$; $SE_{diff} = 0,16$; $t(110) = -2,09$;

Empirischer Teil

$p = .039$), die Lichtverhältnisse protokolliert ($M_{diff} = -.46$; $SE_{diff} = 0,14$; $t(110) = -3,23$; $p = .002$) und Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung ausgewertet ($M_{diff} = -.51$; $SE_{diff} = 0,07$; $t(135) = -7,59$; $p = .000$) zu haben als im schulischen Setting. Im schulischen Setting wurde hingegen häufiger ein Text zum Thema gelesen ($M_{diff} = ,28$; $SE_{diff} = 0,08$; $t(135) = 3,28$; $p = .001$) und sich Verbesserungsmöglichkeiten ausgedacht ($M_{diff} = ,46$; $SE_{diff} = 0,09$; $t(135) = -4,99$; $p = .000$).

Tabelle 12 zeigt darüber hinaus die Unterschiede hinsichtlich der Wahrnehmung des Unterrichts und der motivationalen Orientierung der Schülerinnen und Schüler des schulischen Settings im Vergleich zum außerschulischen Setting.

Tabelle 12: Mittelwertsvergleiche zwischen Settings für die Inhaltliche Relevanz, die Klarheit/Transparenz und die Überforderung, die intrinsische Motivation, das affektive Interesse, die Wichtigkeit und negative Empfindungen

	<i>M (SD)</i>		<i>T</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	Schule	Außerschulisch			
Inhaltliche Relevanz	3,04 (0,62)	2,85 (0,61)	1,83	156	.069
Klarheit/ Transparenz	3,33 (0,50)	3,33 (0,47)	0,03	156	.978
Anforderungen des Stoffs	1,49 (0,58)	1,25 (0,41)	4,43	156	.000
Intrinsische Motivation	3,12 (0,58)	3,19 (0,61)	-0,69	156	.492
Affektives Interesse	2,91 (0,51)	2,93 (0,49)	4,30	155	.824
Wichtigkeit	3,02 (0,76)	2,83 (0,72)	1,59	155	.115
negative Empfindungen	1,70 (0,53)	1,36 (0,32)	-0,22	155	.824

Anmerkungen. signifikante Werte ($p < .05$) sind fett gedruckt

Für die motivationalen Orientierungen weist der Vergleich zwischen schulischen und außerschulischen Einsatzrahmens auf Unterschiede in den negativen Empfindungen hin, bei denen Schülerinnen und Schüler im schulischen Einsatz mehr negative Empfindungen erleben (Tabelle 12). In der intrinsischen Motivation, in der Wichtigkeit und im affektiven Interesse zeigen sich hingegen keine signifikanten Unterschiede.

Um zu überprüfen, ob der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer im schulischen Unterricht in unterschiedlichen Jahrgangsstufen und Schularten unterschiedlich durchgeführt und erlebt wird (Fragestellung 6), wurden Mittelwertsvergleiche durchgeführt. Dabei wird davon ausgegangen, dass Lehrkräfte den Unterricht vom Schwierigkeitsgrad an die jeweilige Zielgruppe anpassen und ein Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer somit den Einsatz in verschiedenen Jahrgangsstufen und Schularten ermöglicht. Für die Anzahl der Aktivitäten zeigen sich

Empirischer Teil

dabei keine Unterschiede zwischen Jahrgangsstufen und Schularten. Jedoch gaben Schülerinnen und Schüler am Gymnasium signifikant häufiger an, die Lichtverhältnisse zu protokollieren ($M_{diff} = -0,49$; $SE_{diff} = 0,09$; $t(101) = -5,54$; $p = .000$) und sich um das Ausfüllen der Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung zu kümmern ($M_{diff} = -0,16$; $SE_{diff} = 0,06$; $t(101) = -2,68$; $p = .009$), während in anderen Schularten mehr Schülerinnen und Schüler berichten, das Messgerät aufgebaut zu haben ($M_{diff} = ,27$; $SE_{diff} = 0,10$; $t(101) = 2,74$; $p = .007$).

Die Schülerinnen und Schüler der Unterstufen berichten hingegen signifikant häufiger die Lichtverhältnisse protokolliert zu haben ($M_{diff} = -0,19$; $SE_{diff} = 0,08$; $t(101) = -2,31$; $p = .023$). In älteren Jahrgangsstufen geben hingegen mehr Schülerinnen und Schüler an, sich überlegt zu haben, was und wie man messen sollte ($M_{diff} = ,27$; $SE_{diff} = 0,09$; $t(101) = 3,03$; $p = .003$).

Hinsichtlich der Wahrnehmung des Unterrichts und der Ausprägung der motivationalen Orientierung zeigen sich für den schulischen Unterricht abgesehen von der intrinsischen Motivation keine signifikanten Unterschiede zwischen Gymnasiasten und Schülerinnen und Schüler anderer Schularten (Tabelle 13). Gymnasiasten weisen dabei eine höhere intrinsische Motivation auf.

Tabelle 13: Mittelwertvergleich der Schularten hinsichtlich der Relevanz, der Klarheit/Transparenz und Überforderung

	<i>M (SD)</i>		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	Gymn.	Nicht-Gym.			
Inhaltliche Relevanz	2,90 (0,59)	3,07 (0,63)	1,10	101	.274
Klarheit/ Transparenz	3,14 (0,32)	3,38 (0,52)	1,98	101	.050
Anforderungen des Stoffs	1,54 (0,49)	1,70 (0,66)	0,98	101	.327
Intrinsische Motivation	3,53 (0,33)	3,02 (0,59)	-3,74	101	.000
Affektives Interesse	3,04 (0,49)	2,88 (0,50)	-1,25	100	.214
Wichtigkeit	3,03 (0,59)	3,28 (0,57)	1,66	100	.100
negative Empfindungen	1,78 (0,62)	1,69 (0,77)	0,08	100	.931

Anmerkungen. signifikante Werte ($p < .05$) sind fett gedruckt

Auch zwischen den Jahrgangsstufen zeigen sich keine Unterschiede abgesehen von der intrinsischen Motivation, welche unter jüngeren Schülerinnen und Schülern höher ausgeprägt scheint.

Tabelle 14: Mittelwertvergleich der Jahrgangsstufen hinsichtlich der Relevanz, der Klarheit/Transparenz und Überforderung

	<i>M (SD)</i>		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	< 8	>= 8			

Empirischer Teil

Inhaltliche Relevanz	3,14 (0,52)	2,98 (0,67)	-1,27	101	.206
Klarheit/ Transparenz	3,38 (0,46)	3,31 (0,52)	-0,68	101	.496
Anforderungen des Stoffs	1,55 (0,55)	1,73 (0,67)	1,36	101	.177
Intrinsische Motivation	3,35 (0,48)	2,99 (0,59)	-3,11	101	.002
Affektives Interesse	3,02 (0,44)	2,85 (0,53)	-1,73	101	.087
Wichtigkeit	3,07 (0,74)	3,00 (0,77)	-0,43	101	.068
negative Empfindungen	1,73 (0,56)	1,68 (0,52)	-0,40	101	.688

Anmerkungen. signifikante Werte ($p < .05$) sind fett gedruckt

Insgesamt geben die Ergebnisse damit Hinweise darauf, dass sich der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer dazu eignet, um das Interesse der Schülerinnen und Schüler zu steigern. Zum einen erhalten Schülerinnen und Schüler im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer verschiedene Gelegenheiten, um verschiedene Aktivitäten selbst durchzuführen. Diese empfinden sie als überwiegend relevant, klar/transparent und nicht überfordernd. Zudem erleben sie dabei eine hohe intrinsische Motivation, affektives Interesse, eine Wichtigkeit und geringe negative Empfindungen. Wie erwartet scheint der Unterricht dabei sowohl Jungen als auch Mädchen anzusprechen. Auch der Unterricht in der Schule im Vergleich zu außerschulischen Settings scheint kaum Unterschiede in der Wahrnehmung und den motivationalen Orientierungen für die Schülerinnen und Schüler zu machen. Im schulischen Setting scheint der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer in unterschiedlichen Schularten und Jahrgangsstufen im Vergleich ähnlich positiv anzukommen.

5.2.2.1.2 Bewertung des Unterrichts durch die Schülerinnen und Schüler und ihre Lehrkräfte
Um nähere Informationen darüber zu erhalten, wie die beteiligten Akteure den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers bewerten (Fragestellung 7), wurden die Schülerinnen und Schüler sowie ihre Lehrkräfte nach einer expliziten Einschätzung gefragt.

In der Gesamtbewertung des Unterrichts durch die Schülerinnen und Schüler zeigt sich ein überwiegend positiver Eindruck der Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer (Abbildung 10).

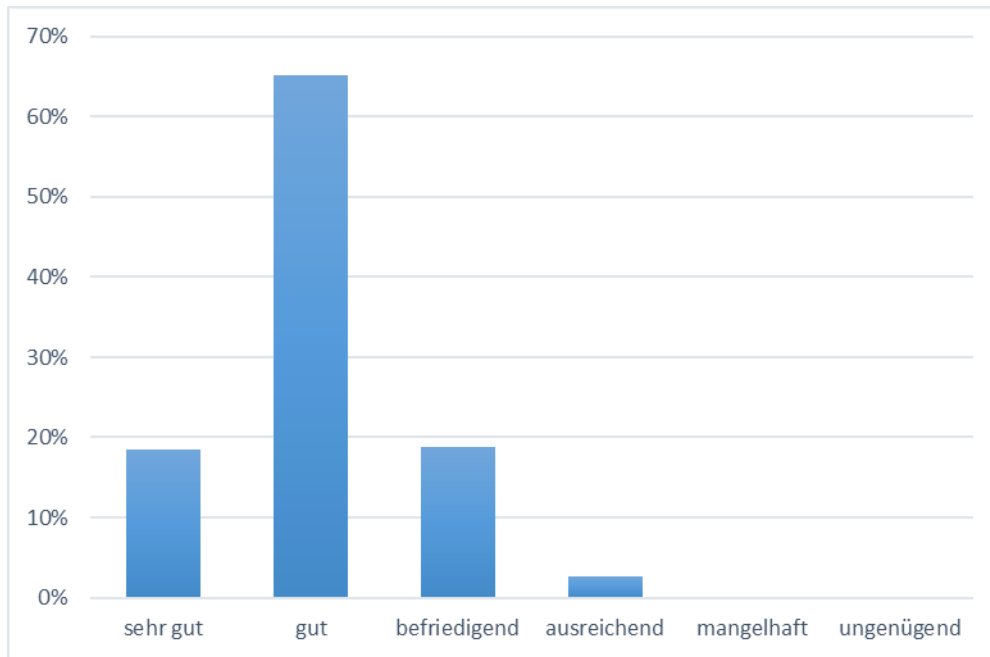


Abbildung 10: Bewertung des Gesamteindrucks des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer aus Schülersicht

18% der Schülerinnen und Schüler gaben die Bestnote 1 (= "sehr gut"). 65 % der Schülerinnen und Schüler bewerteten die Stunde mit dem Ergonomie-Messkoffer mit der Note 2 (= "gut"). Die Note 3 (= "befriedigend") wurde von 14% und die Note 4 (= "ausreichend") wurde von 2,6% der Jugendlichen vergeben. Keine der Teilnehmenden gab hingegen die Note 5 (= "mangelhaft") oder Note 6 (= "ungenügend").

Um ein detailliertes Bild von den Eindrücken der Schülerinnen und Schüler zu erhalten, sollten sie in einer offenen Frage angeben, was ihnen in der Unterrichtseinheit (besonders) gefiel. Die Antworten wurden dabei nach Oberbegriffen geclustert und nach ihrer Häufigkeit sortiert (Abbildung 11).

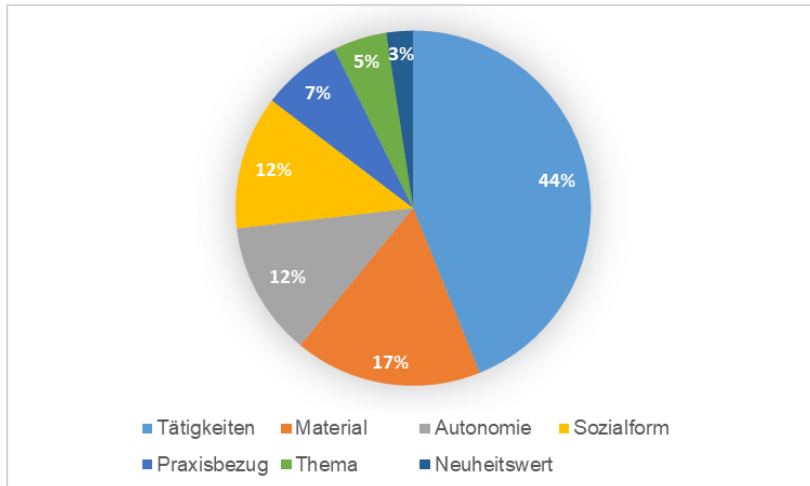


Abbildung 11: Häufigkeit der geclusterten Antworten auf die Frage „Was hat dir (besonders) gefallen? (n = 64 SuS)

Am häufigsten nennen Schülerinnen und Schüler dabei Tätigkeiten wie das Messen, das Auslesen der Messdaten oder die Bedienung des Messgeräts (18 %). Als weiteres wurde auch das Material, insbesondere das Messgerät und die Arbeitsblätter positiv bewertet (7 %). Zudem wurde das autonome Arbeiten (5 %), das Arbeiten in Gruppen (5 %), der hohe Praxisbezug (3 %), das Thema Ergonomie (2 %) und der Neuheitswert (1 %) positiv erwähnt.

In einer zweiten Frage wurden die Schülerinnen und Schüler zudem gefragt, was ihnen nicht so gut gefallen habe und was sie gern noch verbessern würden. Die Antworten wurden ebenfalls geclustert und nach Häufigkeit geordnet (Abbildung 12).

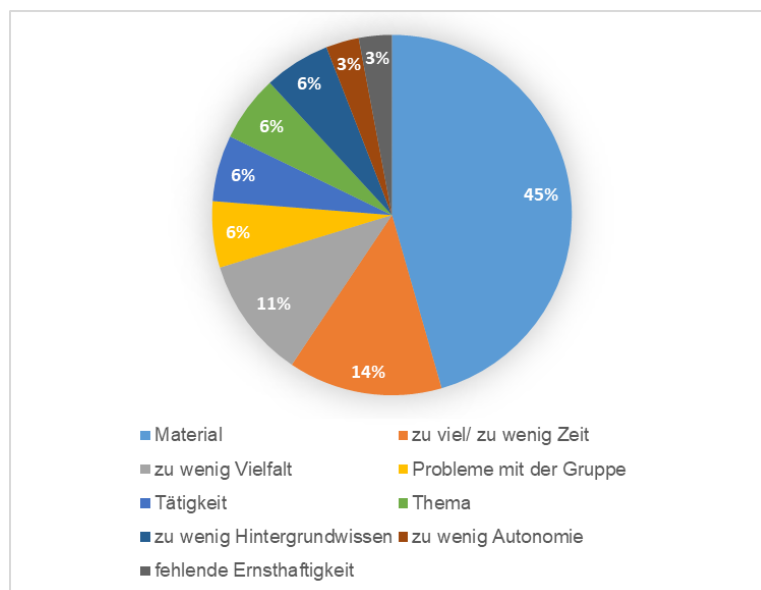


Abbildung 12: Häufigkeit der geclusterten Antworten auf die Frage „Was hat dir nicht so gut gefallen und was sollte noch verbessert werden? (n = 37 SuS)

Am häufigsten nannten die Schülerinnen und Schüler Kritik am Material, zum Beispiel, dass Arbeitsblätter zu kompliziert oder Kästchen einer Tabelle zu klein seien (46 %). Des Weiteren

wurde zu viel oder zu wenig Zeit (14 %), sowie zu wenig Vielfalt in den Messbedingungen (11 %) negativ erwähnt. Darüber hinaus wurden Probleme mit der Gruppe (6 %), keine Freude an den Tätigkeiten (6 %), zu wenig Hintergrundwissen (6 %), zu wenig Autonomie (3 %) und fehlende Ernsthaftigkeit (3 %) beanstandet. Damit beziehen sich die Schülerinnen und Schüler meist auf Gestaltungsmerkmale des Unterrichts, die oftmals unabhängig vom Ergonomie-Messkoffer selbst vorliegen. Insgesamt zeigten sich Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Klasse meist sehr homogen in den genannten Aspekten, was wichtige Anhaltspunkte für die Durchführung des Unterrichts liefert.

Auch die $n = 5$ **Lehrkräfte** wurden in Interviews im Anschluss an die Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer zu ihren positiven und negativen Beobachtungen während der Unterrichtseinheit befragt (Fragestellung 8). Besonders positiv bewerteten Lehrkräfte die gute Bedienungsanleitung für das Messgerät (inkl. Video, farblichen Markierungen), die einfache und intuitive Bedienung der Geräte, die hohe Aufgeschlossenheit der Schülerinnen und Schüler, den hohen Praxisbezug, durch den die Schülerinnen und Schüler angeregt wurden die Messgrößen stärker zu beleuchten und das anschließend stärkere Bewusstsein für den CO₂-Gehalt im Klassenzimmer. Als Kritikpunkt nannten Lehrkräfte die geringe Anzahl der Ergonomie-Messkoffer für eine Klasse, den hohen Aufwand für die Auswertung der Fragebögen zum subjektiven Wohlbefinden und die unzureichende Verknüpfung mit dem bestehenden Lehrplan.

5.2.2.2 Ergebnisse zur Validität der Evaluationsmaterialien

Ein weiteres Ziel der Pilotstudie bestand darin, Skalen zur Erfassung der nachhaltigen Wirkung der Unterrichtseinheit und zur Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers zu entwickeln und zu validieren (Fragestellung 10). Dazu werden Ergebnisse einer Faktorenanalyse sowie Kennzahlen sozialwissenschaftlicher Gütekriterien präsentiert.

Das theoretisch postulierte einfaktorielle Modell der Akzeptanz und der nachhaltigen Wirkung wurde mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse unter Verwendung von Maximum Likelihood Schätzungen in Mplus getestet. Dabei weisen die Skalen verschiedene Itemkennwerte auf, welche für die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers in Tabelle 15 und für die nachhaltige Wirkung des Ergonomie-Messkoffers in Tabelle 16 dargestellt werden. Die Items für die Akzeptanz weisen zufriedenstellende Trennschärfen und Korrelationen auf (Bortz & Döring, 2015).

Tabelle 15: Itemkennwerte und Iteminterkorrelationen der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers

<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>r</i>	(1)	(2)	(3)
----------	-----------	----------	-----	-----	-----

Empirischer Teil

(1) Ich finde, dass der TÜV-Koffer öfter im Unterricht verwendet werden sollte.	3,38	0,68	0,85	1		
(2) Ich würde gerne wieder mit dem TÜV-Koffer arbeiten.	3,38	0,75	0,89	0,68***	1	
(3) Ich würde mich gerne mehr mit dem Thema der vorangegangenen Stunde/n beschäftigen.	2,92	0,75	0,71	0,37***	0,47***	1

Anmerkungen. *** $p < .001$.

Auch die Items für die nachhaltige Verhaltensänderung weisen zufriedenstellende Trennschärfen und Korrelationen auf (Bortz & Döring, 2015). Um die Reliabilität der Gesamtskalen zu validieren, wird die interne Konsistenz der Skalen untersucht. Eine genaue Darstellung liefert Tabelle 16.

Tabelle 16: Itemkennwerte und Iteminterkorrelationen der nachhaltigen Verhaltensänderung

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>r</i>	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Ich sehe meine Umgebung jetzt mit anderen Augen.	2,61	0,88	0,77	1			
(2) Ich werde auch nach dem Unterricht weiter über das Thema nachdenken.	2,57	0,78	0,75	0,43	1		
(3) Ich werde meine Eltern oder Freunden von der/den vergangenen Stunden erzählen.	2,60	0,94	0,62	0,27***	0,36***	1	
(4) Ich werde versuchen, das Gelernte daheim umzusetzen.	2,68	0,85	0,69	0,43***	0,31***	0,22**	1

Anmerkungen. *** $p < .001$; ** $p < .01$

Des Weiteren weist die Skala zur Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers zufriedenstellende Reliabilitätswerte auf (Tabelle 17). Für die Skala der nachhaltigen Wirkung sollte nach den Richtwerten von Bortz und Döring (2015) auf Grund des Reliabilitätswert unter 0,7 jedoch über eine Überarbeitung der Skalen nachgedacht werden.

Tabelle 17: Kennwerte zur Reliabilität der zwei Skalen „Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers“ und „Nachhaltige Verhaltensänderung“

Skala	<i>M</i>	<i>SD</i>	α	Min	Max
Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers	3,23	0,59	0,75	1,00	4,00
Nachhaltige Verhaltensänderung	2,60	0,62	0,66	1,00	4,00

Anmerkungen. α = Interne Konsistenz.

Darüber hinaus berichteten keine der **Lehrkräfte** in den Interviews Schwierigkeiten mit den Fragebögen bei den Schülerinnen und Schülern (Fragestellung 9). Auch in den außerschulischen Angeboten zeigten sich keine Auffälligkeiten beim Ausfüllen der Fragebögen. Daraus wird geschlossen, dass sich die Fragebögen und die neu entwickelten Skalen eignen.

5.2.3 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Pilotierung

Ziel der Pilotstudie war es festzustellen, inwieweit sich die entwickelten Unterrichts- und Evaluationsmaterialien tatsächlich für den Einsatz im Unterricht mit Schülerinnen und Schülern eignen. Untersuchungsgrundlage bildeten dabei Fragebögen der Schülerinnen und Schüler der Pilotstudie im Schuljahr 2013/14 und Interviews mit den jeweiligen Lehrkräften.

Die Ergebnisse der Pilotstudie bestätigten zu großen Teilen die Annahmen. So zeigten sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer durchweg Elemente handlungsorientierten naturwissenschaftlich und technischen Arbeitens (Fragestellung 1). Für die untersuchten Aktivitäten im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer liesen sich Unterschiede in der berichteten Häufigkeit finden. Kritisch für einen interessenfördernden Unterricht zu sehen ist, dass im Unterricht überdurchschnittlich häufig Texte zum Thema gelesen wurden, während die Bedienung des Messgeräts deutlich seltener von den Schülerinnen und Schülern berichtet wurde. Dies könnte auf eine stark kognitive Ausrichtung des Unterrichts hinweisen, wie er in deutschen Klassenzimmern sehr häufig zu finden ist (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Damit Schülerinnen und Schüler jedoch nicht nur zum Denken, sondern auch zum Handeln angeregt werden, fokussieren Experimentier- und Messkoffer stark auf das Handeln. Dies erwies sich in verschiedenen Studien als interessenfördernd und in Kombination mit einer kognitiven Anregung auch als nachhaltig (Hillmayr et al., 2017). Eine Möglichkeit, dies zukünftig stärker zu unterstützen, könnte daher die Bereitstellung von mehreren Koffern für eine Klasse sowie konkrete Unterrichtsentwürfe zur Durchführung von Kleingruppenarbeiten sein.

Darüber hinaus berichten nur wenige Schülerinnen und Schüler, dass sie sich mit Verbesserungsmöglichkeiten auseinandersetzten. Dabei sollen sie die Relevanz von Technik gerade dadurch erleben, dass sie sich als Gestalter ihrer eigenen Umwelt erleben. In Hinblick auf eine technische Grundbildung ist dies daher kritisch zu sehen. Denn gerade im Vergleich zu Naturwissenschaften stellt die Entwicklung von Verbesserungsmaßnahmen für Technik einen zentralen Schritt dar (Hartmann et al., 2008). Vielen Schülerinnen und Schülern fehlen im Unterricht nach wie vor Möglichkeiten, sich im Umgang mit Technik selbstbestimmt und selbstwirksam zu erleben (acatech & Körber-Stiftung, 2019). Mögliche Gründe dafür, dass viele Schüle-

rinnen und Schüler sich im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer wenig mit Verbesserungsmaßnahmen auseinandersetzen, könnten zum einen der geringe Stundenumfang oder zum anderen fehlenden Ideen für die Umsetzung an Schulen sein. Während Lehrkräfte für Ersteres durch konkrete Unterrichtsentwürfe über mehrere Unterrichtsstunden ermutigt werden könnten, bestünde bei Zweiterem die Chance diese mit expliziten Ideen zur Verbesserung der Ergonomie in Klassenzimmern anzuregen.

Trotz dessen erlebten Schülerinnen und Schüler den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer als relevant, transparent und angemessen fordernd (Fragestellung 2). Die Daten wiesen darauf hin, dass der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer hinsichtlich der Relevanz von den Schülerinnen und Schülern besonders hoch eingeschätzt wird. Gleichzeitig erschien er ihnen transparent und angemessen fordernd. Gerade in Hinblick auf verschiedene Befunde zum naturwissenschaftlichen Unterricht ist dies besonders positiv zu deuten (acatech/VDI, 2009; Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016; Seidel & Prenzel, 2004). So berichten viele Schülerinnen und Schüler vom naturwissenschaftlichen Unterricht, dass sie den behandelten Unterrichtsstoff als kaum relevant für ihren späteren Alltag wahrnehmen (acatech/VDI, 2009; Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Auch der sowohl in Videostudien als auch in großangelegten Vergleichsstudien untersuchte naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland zeigt, dass Schülerinnen und Schüler dabei nur wenig selbst durchführen, viel zuhören und reproduzieren (Tesch & Duit, 2004).

Auch in Hinblick auf die motivationalen Orientierungen zeigten sich hohe Ausprägungen der intrinsischen Motivation, der empfundenen Wichtigkeit und der positiven Empfindungen der Schülerinnen und Schüler während des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer (Fragestellung 3). Der Befund, dass Schülerinnen und Schüler nur wenig Freude und Interesse im naturwissenschaftlichen Unterricht erleben, konnte daher nicht bestätigt werden (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Da das Konzept des Ergonomie-Messkoffers im Unterricht jedoch unter anderem darauf ausgelegt war, das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und Technik zu fördern, überraschte dieser Befund nicht.

Da sich dabei keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen zeigten, wurde davon ausgegangen, dass der Unterricht für beide Geschlechter gleichermaßen geeignet ist (Fragestellung 4). Da gerade Mädchen die Inhalte des Physikunterrichts als schwierig einschätzen (Hasni, Potvin & Belletête, 2017), ist es besonders positiv zu werten, dass Mädchen im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer den Unterricht nicht als überfordernd und signifikant wichtiger als Jungen einschätzten. Als Gründe für diesen Befund werden insbesondere der Kontext der Ergonomie, die kooperative und handlungsorientierte Gestaltung der Unterrichtsumgebung vermutet. Gleichzeitig könnte es jedoch auch darauf zurück geführt werden, dass Jungen und

Mädchen der untersuchten Stichprobe im Vergleich zu Jugendlichen in Deutschland besonders motiviert sind (Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016).

Keine signifikanten Unterschiede zeigten sich auch hinsichtlich des Settings, in dem Schülerinnen und Schüler sowohl im schulischen als auch im außerschulischen Setting eine ähnliche Wahrnehmung des Unterrichts und ähnliche Ausprägungen der motivationalen Orientierung zeigten (Fragestellung 5). Durch den Vergleich zwischen schulischem und außerschulischem Setting konnte unabhängig von der Lehrkraft gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler den Unterricht positiv wahrnahmen. Es zeigte sich, dass der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer auch im schulischen Setting motivierend sein kann und eine solche Art des Unterrichts nicht nur für Schülerlabore geeignet scheint (Nachtigall, Rummel & Serova, 2018).

Im schulischen Setting scheint sich durch die Anpassung der Materialien an die verschiedenen Schwierigkeitsniveaus der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer sowohl für verschiedenen Schularten als auch Klassenstufen zu eignen (Fragestellung 6). Im Einklang mit bisherigen Studien zeigte sich am Gymnasium eine höhere intrinsische Motivation. Hier wird davon ausgegangen, dass leistungsstärkere Schülerinnen und Schülern - wie sie oftmals am Gymnasium zu finden sind - auch eine höhere intrinsische Motivation mitbringen (Schmidtner, 2017). Auch die höhere Motivation unter jüngeren Schülerinnen und Schüler kann durch bisherige Studien erklärt werden. Hier zeigen sich jüngere Schülerinnen und Schüler häufig offene und begeisterungsfähig in Naturwissenschaften und Technik (Wendt et al., 2016). Im Laufe der Schulzeit nimmt dies meist stärker ab und zeigt sich meist in einer Spezialisierung auf einzelne Interessengebiete (Potvin & Hasni, 2014a).

Die offenen Antworten zeigten zudem, dass Schülerinnen und Schüler den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer sowohl auf Grund der Tätigkeiten, der Materialien und der Sozialformen positiv bewerteten (Fragestellung 7). So wiesen die positiven Antworten auf verschiedene Aspekte des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer hin, die bereits die Grundlage für das Projekt bildeten, wie das selbständige Arbeiten, die Handlungsorientierung, der hohe Praxisbezug oder das kooperative Arbeiten. Gleichzeitig zeigte sich dort auch Kritik, welche jedoch keinen direkten Zusammenhang zum Ergonomie-Messkoffer selbst aufweist. Diese wendet sich insbesondere an Aspekte der Gestaltung des Unterrichts, wie Probleme mit der Gruppe oder unzureichender Vielfalt an Zusatzwissen, den Messbedingungen oder der Autonomie. Die Lehrkräfte forderten, die Anzahl der Koffer für eine Klasse aufzustocken und einen höheren Bezug zu Inhalten der Lehrpläne herzustellen.

Die beschriebenen Beobachtungen der Lehrkräfte bestätigten den überwiegend positiven Eindruck (Fragestellung 8). Auch das Evaluationsmaterial schien sich in der Durchführung und den statistischen Analysen für die Erhebung mit Schülerinnen und Schülern zu eignen (Fragestellung 9 und 10).

Die Ergebnisse der Pilotstudie gaben damit erste Hinweise darauf, dass sich die Unterrichtsmaterialien für den Einsatz im Unterricht und für das Anregen motivationaler Orientierungen eignen. Dabei können der Ergonomie-Messkoffer und der Unterricht jedoch nicht isoliert voneinander diskutiert werden. Zum einen wurden die Schülerinnen und Schüler in der Studie durchgehend nach dem Eindruck des Unterrichts und nicht nach dem Ergonomie-Messkoffer explizit befragt. Zum anderen konnte nur durch eine sinnvolle Einbettung von Experimentier- und Messkoffern langfristig eine Wirkung im Unterricht erzielt werden. Gerade für Tools, wie sie im Ergonomie-Messkoffer in Form von Messgeräten vorliegen, zeigt sich die Einbettung als entscheidende Größe in der Wirkung (Hillmayr et al., 2017).

Ogleich die Pilotstudie erste Hinweise auf die Wirkung des Ergonomie-Messkoffers lieferte, blieben viele Aspekte noch unberücksichtigt. So könne beispielsweise durch das Untersuchungsdesign keine Veränderungen von vorher zu nachher untersucht werden. Aus diesem Grund müssen die Ergebnisse zu motivationalen Orientierungen mit Vorsicht betrachtet werden. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Wahrnehmung des Unterrichts und die motivationale Orientierung tatsächlich mit dem Unterricht und dem Ergonomie-Messkoffer im Zusammenhang stehen. Dies sind jedoch Fragestellungen, die mit der anschließenden Hauptstudie etwas genauer untersucht werden sollten.

5.3 Teilstudie 1: Implementation des Ergonomie-Messkoffers zur Problemorientierung im Unterricht

Die erste Teilstudie beinhaltet eine kriteriengeleitete Analyse des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer. Gegenstand der Analysen sind die ausgefüllten Fragebögen der Lehrkräfte, Tonbandaufnahmen der Lehrerinterviews und die Unterrichtsmaterialien, welche die Lehrkräfte einsetzten. Ziel ist es, den durchgeführten Unterricht auf eine konzeptionsgerechte Umsetzung in Hinblick auf das didaktische Konzept der Problemorientierung zu überprüfen und mögliche Umsetzungshinweise für die Praxis abzuleiten. Im Folgenden wird die Methode der ersten Teilstudie (Kapitel 5.3.1) erläutert, bevor anschließend die Ergebnisse dargestellt (Kapitel 5.3.2) und zusammenfassend diskutiert (Kapitel 5.3.3) werden.

5.3.1 Methode

Die von den Lehrkräften ausgefüllten Fragebögen, eingereichten Materialien und mit ihnen durchgeführte Interviews wurden systematisch in Hinblick auf die Unterrichtsdurchführung und ihren Vorbereitungsaufwand analysiert. Im Folgenden wird nach der Stichprobenbeschreibung (Kapitel 5.3.1.1) erläutert, wie die Erhebung ablief (Kapitel 5.3.1.2), wie Informationen per Fragebogen erhoben wurden (Kapitel 5.3.1.3) und wie die Informationen aus den Interviews und Unterrichtsmaterialien zur Operationalisierung weiterer Indikatoren der Unterrichtsdurchführung und -vorbereitung genutzt wurden (Kapitel 5.3.1.4).

5.3.1.1 Stichprobe der Lehrkräfte

Für die Stichprobe der ersten Teilstudie wurden $n = 11$ Lehrkräfte berücksichtigt, die im Schuljahr 2015/2016 den Ergonomie-Messkoffer im Unterricht an ihrer Schule einsetzten und von denen Fragebögen, Interviews oder Unterrichtsmaterialien vorliegen. Die Lehrkräfte sind bei der Erhebung im Durchschnitt $M = 46$ Jahre ($SD = 12,96$) und durchschnittlich $M = 17$ Jahre ($SD = 11,99$) im Schuldienst. In der Klasse unterrichten sie im Durchschnitt 4 Stunden pro Woche ($M = 3,56$; $SD = 2,45$). Wie Tabelle 18 zeigt, unterscheiden sich die Lehrkräfte hinsichtlich ihres Geschlechts, ihrer Ausbildung und in der unterrichtenden Schulart. Zehn Lehrkräfte weisen zudem einen naturwissenschaftlich-mathematischen Fächerhintergrund auf.

Die Lehrkräfte realisierten den untersuchten Unterricht dabei in vier 5. Klassen, einer 7. Klasse, vier 8. Klassen, 2 10. Klassen und einer 11. Klasse. Fachlich wurde der Unterricht dabei in 9 Klassen im naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht und in zwei Klassen fächerübergreifend durchgeführt. Thematisch reichte der Unterricht von Diagramme über Ergonomie und Messverfahren bis zu Extraprojekten zur Atmung und zur Akustik.

Tabelle 18: Merkmale der Lehrerstichprobe

Kategorie	Unterkategorie	Häufigkeit
Geschlecht	Männlich	6
	Weiblich	5
Ausbildung	Abgeschlossenes Lehramtsstudium	6
	Sonstiges Studium	1
	Bisher 1. Staatsexamen	1
	Fachliches Studium und Staatsexamen	1
	k. A.	2
Schulart	Gymnasium	9
	Realschule	1
	Mittelschule	1
	Sonstiges	1

5.3.1.2 Ablauf

Die Lehrkräfte wurden zu den Messzeitpunkten t_1 und t_2 jeweils mit einem Fragebogen befragt und zu Messzeitpunkt t_2 darüber hinaus interviewt bzw. gebeten die Unterrichtsmaterialien abzugeben (Abbildung 13). Im ersten Fragebogen wurden die Lehrkräfte insbesondere zu zeitlichen Angaben hinsichtlich der Durchführung und des Vorbereitungsaufwands befragt, da diese als besonders sensibel für Verzerrungen angesehen wurden. Im zweiten Fragebogen standen langfristige Maßnahmen im Mittelpunkt, die sich zwischen der ersten Durchführung und einen Monat danach ergaben. Um einen vertieften Einblick in den Unterricht, die genaue Umsetzung und die verwendeten Materialien zu erhalten, hatten die Lehrkräfte im Anschluss an den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers die Wahl zwischen einem Interview und der Abgabe der Materialien. Drei Lehrkräfte entschieden sich insbesondere aus zeitlichen Gründen für die Abgabe der Materialien, während sieben Lehrkräfte sich für ein Interview vor Ort an ihrer Schule entschieden. Eine Lehrkraft erschien nicht zum Interview und schickte stellvertretend Schülerinnen und Schüler zum Interview.

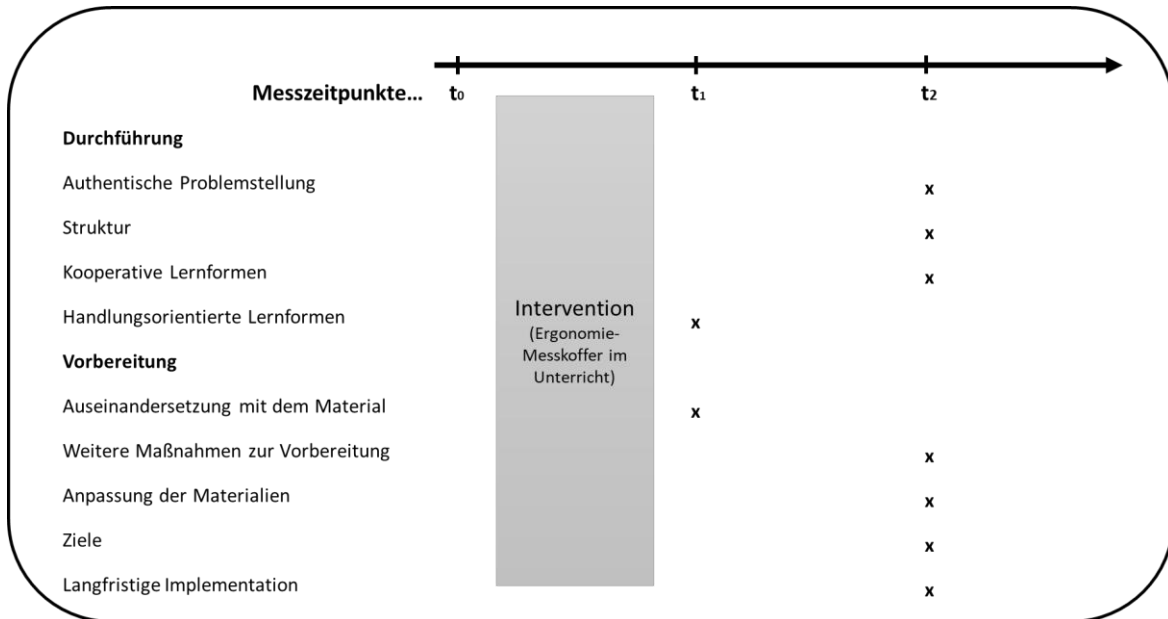


Abbildung 13: Messzeitpunkte der Teilstudie 1

Für die Interviews wurde darauf geachtet, dass sie in einer vertrauten Umgebung (Besprechungsraum der Schule, eigenes Klassenzimmer) stattfanden (Lamnek, 2010). Sie dauerten im Durchschnitt 30 Minuten. Jedem Interviewpartner wurde zu Beginn des Interviews der Inhalt und die Motivation der Fragen erläutert, sowie die Anonymität der persönlichen Angaben zugesichert. Nach dem Einverständnis der Interviewpartner wurde ein Tonbandgerät angeschaltet. In zwei Schulen wurde der Koffer von drei verschiedenen Lehrkräften genutzt. Dabei wurden die Lehrkräfte in einer der Schulen einzeln nacheinander befragt, während in der zweiten Schule auf Wunsch der Lehrkräfte ein Gruppeninterview durchgeführt wurde. An beiden Schulen hatte eine der interviewten Lehrkräfte selbst keinen Fragebogen ausgefüllt und auch keine Fragebögen von ihren Schülerinnen und Schülern ausfüllen lassen. Die Gespräche wurden planmäßig anhand des vorliegenden Leitfadens geführt. Die Gesprächspartner präsentierten sich dabei aufgeschlossen und offen. Die Interviewsituation war entspannt und angenehm. Es wurden keine Auffälligkeiten in der Interviewsituation wahrgenommen. Der genaue Interviewleitfaden kann Anhang A entnommen werden.

5.3.1.3 Fragebogenerhebung

Mit einer Fragebogenerhebung wurden bereits grobe Rahmenbedingungen der Unterrichtsdurchführung (Handlungsorientierung, Einbettung) und der Vorbereitung (zeitliche Auseinandersetzung mit den Materialien, langfristige Implementation) abgefragt.

Die *Handlungsorientierung* wurde anhand des zeitlichen Umfangs der Aktivitäten abgefragt. Basierend auf dem prototypischen technischen Problemlöseprozess und des forschend-entdeckenden Lernens wurde eine Auswahl der folgenden neun Aktivitäten zusammengestellt,

zu denen die Lehrkräfte den zeitlichen Umfang in Minuten angeben sollten: „Schülerinnen und Schüler formulieren eigene Fragstellungen/ eigene Hypothesen“, „Klassendiskussion“, „Schülerinnen und Schüler planen ein eigenes Experiment“, „Schülerinnen und Schüler führen ein eigenes Experiment durch“, „Schülerinnen und Schüler reflektieren ihr Vorgehen“, „Schülerinnen und Schüler tauschen sich über das Experiment aus“, „Schülerinnen und Schüler überlegen sich Maßnahmen zur Verbesserung der ergonomischen Bedingungen“, „Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät“, „Schülerinnen und Schüler führen Maßnahmen zur Verbesserung der ergonomischen Bedingung durch“. Darüber hinaus wurden noch zeitliche Angaben zu „aktivierender Einstieg“, „Aktivierung des Vorwissens“ und „Zielformulierung der Unterrichtsstunde“ abgefragt.

Um die *Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial* abzufragen, wurden die Lehrkräfte aufgefordert, den zeitlichen Umfang von vorbereitenden Maßnahmen anzugeben. Die Angaben sollten dabei in Minuten erfolgen. Die Maßnahmen umfassten „etwas über das Thema Ergonomie (oder einen Teilbereich) lesen“, „die Funktionen des Messgerätes testen“, „außerhalb des Unterrichts Messungen durchführen“, „über Verbesserungsmaßnahmen im Klassenzimmer nachdenken“, „über Verbesserungsmaßnahmen zu Hause nachdenken“ und „eigene Fragestellungen testen“.

Einen Monat nach Durchführung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer wurden die Lehrkräfte aufgefordert, Angaben zu der langfristigen Implementation des Ergonomie-Messkoffers zu machen. Anhand einer Auswahl von vier vorgeschlagenen Möglichkeiten sollten die Lehrkräfte angeben, ob sie folgende Maßnahme zur langfristigen Implementation ergriffen: „Gespräch mit Kolleginnen und Kollegen“, „Gespräch mit der Schulleitung“, „Einsatz vom Ergonomie-Messkoffer in weiteren Klassen“, „Einsatz vom Ergonomie-Messkoffer in außerunterrichtlichen Gelegenheiten (z.B. Projekt, AG)“. Darüber hinaus konnten die Lehrkräfte in einer vierten Angabe „Sonstiges: ...“ weitere eigene Maßnahmen berichten.

5.3.1.4 Operationalisierung weiterer Merkmale

Die aufgezeichneten Audiodaten der Interviews wurden mit Hilfe der Transkriptionssoftware f5 nach Mayring (2002) in Schriftdeutsch übertragen. Da insbesondere die inhaltliche Ebene im Vordergrund des Interesses stand, wurden Pausen, Betonung und Lachen der Teilnehmer nicht in die Transkription aufgenommen. In einem nächsten Schritt wurden die Transkripte der Interviews mit Hilfe von MAXQDA, einem Programm zur qualitativen Datenanalyse, inhaltlich nach dem Forschungsinteresse in die definierten Kategorien und Unterkategorien strukturiert, um in einem nächsten Schritt die Antworten nach Häufigkeit auszuwerten und miteinander zu vergleichen (Lamnek, 2010). Im Folgenden werden die Kategorien und Unterkategorien der untersuchten Merkmale beschrieben.

Die *Authentizität der Problemstellung* wurde durch die inhaltsanalytische Auswertung der Angaben zu den behandelten Problem- und Fragestellungen im Unterricht erfasst. Dabei wurden diese danach kategorisiert, inwieweit sie innerhalb eines lebensweltbezogenen Kontexts der Schülerinnen und Schüler oder der Disziplin einzuordnen sind (Bernholt, 2013). Wurden innerhalb eines Unterrichts Frage- und Problemstellungen unterschiedlicher Kategorien gefunden, wurde die mehrheitlich verwendete Kategorien gewählt. Daraus wurde ein nominales Kategoriensystem erstellt, welches induktiv aus dem Material heraus ergänzt wurde (Tabelle 19).

Tabelle 19: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Authentizität der Problemstellung

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
Authentizität nach Disziplin/Fach	Die Problemstellung, die Situation oder die Umgebung entspricht der Realität einer Naturwissenschaftlers oder Technikers	<i>Nutzung authentischer Materialien, Einführung fachlicher Begriffe, realistische Vorgehensweisen von Naturwissenschaftlern oder Technikern</i>
Authentizität nach Kontext	Die Problemstellung, die Situation oder die Umgebung greift einen realistischen fachlichen Kontext aus dem Alltag oder der Lebenswelt der Jugendlichen auf	<i>Nutzung eines alltäglichen Kontexts, der sowohl fachlich eingebettet als auch in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler eingebettet ist</i>

Die *Struktur* hinsichtlich des *Vorgehens* und die *Begleitung durch die Lehrkraft* geht aus der Analyse der Antworten auf die Fragen „Welches Vorgehen beschreibt den Ablauf ihrer Stunde besser: Naturwissenschaftliches Vorgehen oder Problemorientiertes Vorgehen?“ und „Welche Rollen haben Sie in dieser Unterrichtseinheit eingenommen?“ hervor. Für die Struktur wird zwischen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und dem technischen Problemlöseprozess unterschieden. Angelehnt an Furtak und Kunter (2012) ergeben sich für die Begleitung durch die Lehrkraft drei unterschiedliche Formen der Begleitung. Die Kategorien werden in Tabelle 20 anhand einer Beschreibung und eines Beispiels erläutert.

Tabelle 20: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Struktur

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
-----------	--------------	----------

Empirischer Teil

Vorgehen	Vorgehen nach der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung	Die Schülerinnen und Schüler gewinnen Erkenntnisse über ihre Umwelt und Wirkungsfaktoren durch das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten	<i>Schülerinnen und Schüler erstellen ein Protokoll über den Lärm im Klassenzimmer anhand von Messungen</i>
	Vorgehen nach dem technischen Problemlöseprozess	Die Schülerinnen und Schüler entwickeln, evaluieren und etablieren Maßnahmen zur Lösung eines festgestellten Problems	<i>Schülerinnen und Schüler evaluieren die Wirkung eines Lüftungsplans zur Reduktion des CO₂-Gehalts im Klassenzimmer</i>
Begleitung durch Lehrkraft	Keine Begleitung	Die Lehrkraft gibt weder Struktur noch Inhalte vor und überlässt den Schülerinnen und Schülern den Prozess	<i>Schülerinnen und Schüler erhalten den Ergonomie-Messkoffer und können damit eigene Messungen und Experimente durchführen</i>
	tutorielle Begleitung	Die Lehrkraft unterstützt die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess bei Rückfragen durch Hinweise und Informationen und gibt Strukturen hinsichtlich des Prozesses	<i>Innerhalb eines transparenten Rahmens können die Schülerinnen und Schüler eigene Fragestellungen entwickeln, während die Lehrkraft ihnen für Rückfragen zur Verfügung steht</i>
	Anleitende Betreuung	Die Lehrkraft gibt das Vorgehen und den Inhalt vor, auf den die Schülerinnen und Schüler reagieren und ausführen können	<i>Die Lehrkraft führt selbst die Messungen durch und gibt den Schülerinnen und Schülern die Messpunkte durch, welche die Schülerinnen und Schüler in ihr Diagramm eintragen</i>

Die *kooperativen Sozialformen* werden anhand der Frage „Welche Sozialformen haben Sie gewählt?“ analysiert. Aus der Literatur lassen sich günstige Strukturen für Kooperation durch schülergeleitete Klassendiskussionen, Gruppenarbeiten und Partnerarbeiten finden. Aus diesem Grund ergeben sich drei Kategorien für die kooperativen Sozialformen (Tabelle 21).

Tabelle 21: Überblick über die Kategorien zur Analyse der kooperativen Sozialformen

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
Keine kooperativen Sozialformen	Die Lehrkraft nutzt Frontalunterricht oder Einzelarbeit statt Klassendiskussionen, Gruppenarbeiten oder Partnerarbeiten	<i>Die Lehrkraft demonstriert ein Experiment und lässt es die Schülerinnen und Schüler in ihrem Heft beschreiben</i>
Kooperation im Plenum	Die Lehrkraft nutzt Klassendiskussion oder Gespräche mit der Klasse	<i>Die Lehrkraft regt die Schülerinnen und Schüler im Plenum dazu an, Vorschläge für die Verbesserung ihrer ergonomischen Umwelt zu nennen</i>
Kooperation in Partner- und Gruppenarbeit	Die Lehrkraft nutzt Klassendiskussion, Gruppenarbeiten und Partnerarbeiten	<i>Die Lehrkraft lässt die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen Messungen in Klassenzimmern durchführen und sie gemeinsame reflektieren</i>

Basierend auf den Aussagen der Lehrkräfte aus den Interviews, soll analysiert werden, inwieweit die keiner, einzelne oder alle der Schülerinnen und Schüler das Messgerät tatsächlich selbst bedienen könnten. Daraus ergeben sich die folgenden drei Kategorien (Tabelle 22).

Tabelle 22: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Bedienung des Messgeräts

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
-----------	--------------	----------

Empirischer Teil

Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät im Klassenverband	In einer gemeinsamen Plenumsarbeit haben einzelne Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit das Messgerät zu bedienen	<i>Ein Schüler bedient das Messgerät und berichtet die Werte an seine Mitschülerinnen und –schüler. Anschließend wird er von einem anderen Schüler ersetzt.</i>
Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät in Kleingruppen	In Kleingruppenarbeiten haben alle Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit das Messgerät zu bedienen	<i>Die Schülerinnen und Schüler erhalten den Auftrag in Kleingruppen verschiedene Messungen im Schulgebäude durchzuführen. Die Gruppen bedienen das Messgerät gemeinsam im Wechsel.</i>
Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät nicht selbst	Die Lehrkraft bedient das Messgerät, während die Schülerinnen und Schüler selbst nicht das Messgerät bedienen	<i>Die Lehrkraft bedient das Messgerät und stellt es anschließend so auf, dass die Schülerinnen und Schüler die Werte ablesen können ohne es selbst zu bedienen.</i>

Die weiteren *vorbereitenden Maßnahmen* wurden basierend auf dem Interview mit Lehrkräften insbesondere auf den Antworten zur Frage „Wie haben Sie sich auf die Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer vorbereitet?“ erfasst. Antworten, welche über die bereits abgefragten Aktivitäten hinausgingen, werden berichtet.

Zur Erfassung der *Anpassung des Materials* wurden die Antworten auf die Frage „Inwieweit haben Sie das vorgeschlagene Material verwendet? Aus welchen Gründen musste es angepasst oder neu erstellt werden?“ inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Antworten ließen sich dabei drei Kategorien zuordnen (Tabelle 23).

Tabelle 23: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Anpassung des Materials

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
Nutzung des Materials ohne weitere Anpassung	Die Lehrkräfte nutzen ausgearbeitete Unterrichtseinheiten ohne eine weitere Anpassung	<i>Die Unterrichtseinheit zum Thema CO₂ wird übernommen</i>

Empirischer Teil

Nutzung vereinzelter Materialien unter angepassten Rahmenbedingungen	Die Lehrkräfte nutzen Arbeitsmaterialien (Arbeitsblätter, Einstiege) und passen den Aufbau an	<i>Der Unterrichtseinstieg zur Einschätzung der Messgrößen wird durchgeführt</i>
Nutzung der Materialien als Anregung für den eigenen Unterricht	Die Lehrkräfte nutzen die vorgeschlagenen Materialien als Anregung für die Gestaltung des eigenen Unterrichts ohne konkrete Materialien zu übernehmen	<i>Die Lehrkräfte blättern durch die Materialien und erstellen eigene Materialien</i>
Keine Nutzung zusätzlicher Materialien	Die Lehrkräfte nutzen den Ergonomie-Messkoffer ohne weitere Materialien	<i>Die Lehrkräfte nutzen den Ergonomie-Messkoffer für ihre eigenen Ideen</i>

Für die Operationalisierung der *Ziele* wurden die Antworten auf die Frage „Was war das Ziel ihrer Unterrichtseinheit und welche Rolle spielte der Koffer dabei?“ herangezogen. Anschließend wurde ein auf den Projektzielen basierendes nominales Kategoriensystem erstellt (vgl. Wirtz & Caspar, 2002). Dieses wurde induktiv aus dem Material heraus ergänzt (Bortz & Döring, 2006; Bos & Tanai, 199; Mayring, 2004). Daraus ergaben sich drei Kategorien, welche zur Differenzierung der Zielsetzung genutzt werden (Tabelle 24).

Tabelle 24: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Ziele

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
Naturwissenschaftlich-technische Kompetenzen fördern	Förderung des Wissens und der Fertigkeiten und Fähigkeiten	<i>Messungen durchführen, Tabellen zeichnen, Diagramme lesen</i>
Für Ergonomie sensibilisieren	Erhöhen des Bewusstseins für raumklimatische Gegebenheiten, seine Auswirkungen und Messbarkeit	<i>Bedeutung des Wortes Ergonomie und Messgrößen kennenlernen, Maßnahmen zur Verbesserung der Ergonomie entwickeln</i>
Interesse wecken	Ansprechen motivational-affektiver Komponenten des Lernens	<i>Freude im Umgang mit Technik erleben, Interesse am Fach Mathematik erhöhen</i>

5.3.2 Ergebnisse Teilstudie 1

Die erste Teilstudie zielt auf die Art der Implementation des Ergonomie-Messkoffers in der Schule ab. Dazu wird in einem ersten Teil der Vorbereitungsaufwand der Lehrkräfte in Hinblick auf die Auseinandersetzung und die Anpassung der Materialien sowie die Zielsetzung des Einsatzes analysiert. Anschließend folgt eine Beschreibung des Unterrichts in Hinblick auf das didaktische Konzept der Problemorientierung. Davon ausgehend wird die Frage beantwortet,

welche Merkmale der Unterricht in Hinblick auf eine authentische Problem- und Fragestellung, eine Struktur durch den Ablauf und die Begleitung durch die Lehrkraft, kooperative Lernformen und handlungsorientierte Lernformen aufweist. In einem letzten Schritt werden die langfristigen Maßnahmen für die Implementation des Ergonomie-Messkoffers an der Schule berichtet.

5.3.2.1 Ergebnisse zur Durchführung eines problemorientierten Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer

Im Folgenden werden nun Ergebnisse zur Durchführung der Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer näher beleuchtet. Betrachtet man zunächst den Unterricht in Hinblick auf die Umsetzung des didaktischen Konzepts der Problemorientierung, erfüllt der Unterricht in großen Teilen die vorab bestimmten Merkmale (Fragestellung 11). So weist der untersuchte Unterricht überwiegend authentische Problemstellungen, ein problemorientiertes Vorgehen, die Begleitung durch die Lehrkraft, kooperative Lernformen und Handlungsorientierung auf (Tabelle 25).

Tabelle 25: Merkmale des didaktischen Konzepts der Problemorientierung

	LK1	LK2	LK3	LK4	LK5	LK6	LK7	LK8	LK9	LK10	LK11
Authentische Problemstellung	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
Problemorientiertes Vorgehen		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Begleitung durch Lehrkraft		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Kooperative Lernformen	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Handlungsorientierte Lernformen		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Im Folgenden werden diese charakteristischen Gestaltungsmerkmale nun genauer betrachtet. Dazu werden insbesondere Unterschiede der Merkmale genauer beleuchtet. Um die Authentizität der Problemstellungen zu untersuchen, wurden die Interviews der Lehrkräfte danach untersucht, inwieweit sich diese an der Disziplin/dem Fach oder dem Kontext orientiert. Tabelle 26 zeigt dabei die Häufigkeiten für die Arten der Authentizität.

Tabelle 26: Häufigkeiten verschiedener Formen der Authentizität

	Zustimmung*
Authentizität nach Disziplin/Fach	4

Bei sechs Lehrkräften wurden insbesondere Problemstellungen behandelt, bei denen der Kontext im Mittelpunkt steht. Beispiele dafür sind Fragestellungen wie „Wie laut können wir als Klasse schreien?“, „Wie warm wird es im Sommer in unserm Klassenzimmer?“ oder „Wie schnell wächst der CO₂-Gehalt in unserm Klassenzimmer?“, die insbesondere den Kontext des Klassenzimmers nutzen. So untersuchen die Schülerinnen und Schüler in dem Unterricht tatsächliche Probleme wie zum Beispiel schlechte Sitz-, Klima- oder Lichtverhältnisse im eigenen Klassenzimmer, um daraus Maßnahmen zur Verbesserung ihres Klassenzimmers abzuleiten. Die Messungen wurden dabei zum Teil systematisch durchgeführt und schriftlich oder mündlich an den Schulleiter kommuniziert. Darüber hinaus wurden auch tatsächliche Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt und evaluiert, welche die ergonomischen Bedingungen im Klassenzimmer verbessern sollten.

Vier Lehrkräfte nutzen als Ausgangspunkt stärker Fragestellungen, die authentisch für naturwissenschaftlich—technische Disziplinen sind. So stellen sich die Schülerinnen und Schüler hier eher Fragen wie „Wie wird korrekt gemessen?“, „Wie funktionieren Sensoren?“ oder „Was sagen DIN-Normen aus?“, die stärker auf die naturwissenschaftlich-technisch korrekte Durchführung von Messungen und die Bedienung des Messgeräts, einer fachgerechten Auswertung und Berichterstattung der Ergebnisse achten.

Hinsichtlich der *Struktur* zeigt Tabelle 27 die Häufigkeit des Vorgehens und der Begleitung durch die Lehrkraft.

Tabelle 27: Häufigkeiten strukturierender Elemente hinsichtlich des Vorgehens und der Begleitung durch die Lehrkraft

	Kategorie	Häufigkeit
Vorgehen	Vorgehen nach der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung	4
	Vorgehen nach dem technischen Problemlöseprozess	6
Begleitung	Keine Begleitung	1
	tutorielle Begleitung	6

Demnach berichten sechs Lehrkräfte ein Vorgehen nach dem technischen Problemlöseprozess, in dem vor allem die Entwicklung und Überprüfung von Maßnahmen zur Verbesserung ergonomischer Bedingungen im Klassenzimmer im Mittelpunkt steht. Vier Lehrkräften strukturieren ihren Unterricht am Vorgehen nach der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, bei der Schülerinnen und Schüler Erkenntnisse über die ergonomischen Bedingungen und zu Einflussfaktoren in ihrem Klassenzimmer sammeln.

Begleitet und betreut werden sie dabei größtenteils von der Lehrkraft. Eine Lehrkraft übernimmt für ihre Schülerinnen und Schüler keine Begleitung oder Betreuung. Sechs Lehrkräfte sehen sich in der Rolle des tutoriellen Begleiters und beraten und unterstützen die Schülerinnen und Schüler in ihrem Erkenntnis- und Problemlöseprozess. Drei Lehrkräfte übernehmen hingegen stärker die Rolle des Anleitenden und geben Inhalte, Fragestellungen und Vorgehen deutlich stärker vor.

Für die kooperativen Sozialformen zeigt Tabelle 28 die Häufigkeiten der drei Kategorien.

Tabelle 28: Häufigkeiten kooperativer Sozialformen

Sozialform	Häufigkeit
Keine kooperativen Sozialformen	2
Kooperation im Plenum	4
Kooperation in Partner- und Gruppenarbeit	4

Zwei Lehrkräfte berichten im Interview keine kooperativen Sozialformen im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer genutzt zu haben. Vier der Lehrkräfte nutzten im Unterricht hingegen kooperative Elemente im Plenum und vier Lehrkräfte nutzen kooperative Elemente in Partner und Gruppenarbeiten. Die Partner- und Gruppenarbeiten wurden dabei meist durch eine gemeinsame Diskussion im Plenum eröffnet und geschlossen. Fanden sowohl kooperative Elemente im Plenum als auch in Partner- und Gruppenarbeiten statt, wurden diese den Partner- und Gruppenarbeiten zugeordnet.

Tabelle 29 zeigt die Ergebnisse für die „hands-on“ aktiven/ handlungsorientierten Lernformen. Dabei werden die Zustimmungen zur Durchführung der Aktivitäten berichtet. Besonders häufig berichten Lehrkräfte davon, dass Schülerinnen und Schüler eigene Fragestellungen/eigene Hypothesen formulierten (80,0 %) und sich eigene Maßnahmen zur Verbesserung der ergonomischen Bedingungen (70,0%) überlegten. Darüber hinaus wird der Mittelwert des zeitlichen

Empirischer Teil

Umfangs der Aktivität berichtet. Demnach wird die meiste Zeit für die Bedienung des Messgeräts durch die Schülerinnen und Schüler ($M = 24$ Minuten) und für die Durchführung eines eigenen Experiments durch die Schülerinnen und Schüler ($M = 21$ Minuten) genutzt. Weniger Zeit nutzen Lehrkräfte hingegen für das Planen des Experiments ($M = 8$ Minuten), das Reflektieren des eigenen Vorgehens ($M = 9$ Minuten) und das Durchführen von Maßnahmen zur Verbesserung der ergonomischen Bedingungen ($M = 6$ Minuten).

Tabelle 29: Kennwerte der „hands-on“ Aktivitäten/ Handlungsorientierung

	Zustimmung*	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	Min	Max
Schülerinnen und Schüler formulieren eigene Fragestellungen/ eigene Hypothesen	80,0%	9,00	(6,05)	2,00	20,00
Schülerinnen und Schüler überlegen sich Maßnahmen zur Verbesserung der ergonomischen Bedingungen	70,0%	13,75	(9,54)	0,00	30,00
Schülerinnen und Schüler reflektieren über ihr Vorgehen	50,0%	8,75	(11,26)	0,00	30,00
Schülerinnen und Schüler tauschen sich über das Experiment aus	50,0%	15,71	(13,05)	0,00	30,00
Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät	50,0%	23,75	(31,25)	0,00	90,00
Schülerinnen und Schüler führen Maßnahmen zur Verbesserung der ergonomischen Bedingungen durch	50,0%	5,63	(5,63)	0,00	15,00
Schülerinnen und Schüler führen eigenes Experiment durch	40,0%	20,71	(23,88)	0,00	60,00
Schülerinnen und Schüler planen eigenes Experiment	20,0%	3,57	(7,48)	0,00	20,00

Anmerkung.* die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst

Zur Bedienung des Messgeräts ergab die inhaltsanalytische Auswertung der Interviews, dass Schülerinnen und Schüler das Messgerät zum Großteil im Unterricht selbst bedienen dürfen (Tabelle 30).

Tabelle 30: Häufigkeiten zur Bedienung des Messgeräts durch die Schülerinnen und Schüler

	Zustimmung*
Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät in Kleingruppen	50,0%
Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät im Klassenverband	30,0%
Schülerinnen und Schüler bedienen das Messgerät nicht selbst	20,0%

Anmerkung.* die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst

Demnach lassen fünf Lehrkräfte ihre Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen und Partnerarbeiten mit dem Messgerät selbstständig arbeiten. Drei arbeiten gemeinsam mit dem Messgerät im Klassenverband und lassen einzelne Schülerinnen und Schüler das Messgerät dabei bedienen. Zwei Lehrkräfte lassen die Schülerinnen und Schüler das Messgerät nicht selbst bedienen. Als Grund nennen sie das Alter der Schülerinnen und Schüler und der vermutete fehlende verantwortungsvolle Umgang mit dem Messgerät.

Um herauszufinden, ob sich innerhalb der untersuchten Unterrichtseinheiten Muster finden lassen, wurden Zusammenhänge zwischen den zentralen Gestaltungsmerkmalen anhand von Kreuztabellen untersucht (Tabelle 31 und Tabelle 32). Diese geben Hinweise darauf, dass in einem Unterricht, in dem die Schülerinnen und Schüler kooperativ im Unterricht arbeiten meist kurze handlungsorientierte Elemente stattfinden. Im Unterricht mit Partner- und Gruppenarbeiten haben Schülerinnen und Schüler meist mehr Zeit für handlungsorientierte Unterrichtselemente. Darüber hinaus weist der Unterricht, der sich am Vorgehen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung orientiert, häufiger eine Problemstellung auf, die sich stärker am Kontext als am Fach orientiert. Ein Unterricht, der durch einen technischen Problemlöseprozess strukturiert ist, zeigt hingegen vermehrt Problemstellungen, die hinsichtlich der Disziplin/des Fachs authentisch sind. Ein Signifikanztest weist dabei auf signifikante Zusammenhänge zwischen der Authentizität und dem Ablauf ($r = 0,80$; $p = .01$), sowie der Handlungsorientierung und kooperativen Lernformen ($r = -1,00$, $p = .01$) hin.

Tabelle 31: Kreuztabelle für Kooperative Lernformen und Handlungsorientierung

		Kooperative Lernformen		
		Partner- und Gruppenarbeit	Arbeit im Plenum	Gesamt
Handlungsorientierung	Kurz	0,0%	57,1%	57,1
	Lang	42,9%	0,0%	42,90%
Gesamt		42,90%	57,1	100,00%

Tabelle 32: Kreuztabelle für Ablauf und Authentizität

		Ablauf		Gesamt
		Naturwiss.	Techn.	

Empirischer Teil

		Erkenntnisgewinnung	Problemlöseprozess	
Authentizität	Kontext	44,4%	11,1%	55,5%
	Disziplin/ Fach	0,0%	44,4%	44,4%
Gesamt		44,4%	55,5%	100,0%

Zusammenfassend weist der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer zahlreiche Merkmale eines problemorientierten Unterrichts auf. Dieser zeigt sich in authentischen Problemstellungen, naturwissenschaftlichen und technischen Vorgehensweisen, der Begleitung durch eine Lehrkraft sowie kooperativen und handlungsorientierten Lernformen. Handlungsorientierte und kooperative Lernformen scheinen dabei im Unterricht ebenso im Zusammenhang zu stehen wie die Vorgehensweise und die Art der Authentizität.

5.3.2.2 Ergebnisse zur Vorbereitung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer

Des Weiteren wird nun der Frage nachgegangen, welchen Aufwand Lehrkräfte in der Vorbereitung mit dem Ergonomie-Messkoffer betreiben. Tabelle 33 präsentiert dazu die Ergebnisse zur Auseinandersetzung der Lehrkräfte mit den Materialien (Fragestellung 12). Insgesamt setzen sich die Lehrkräfte im Vornherein alle mindestens 60 Minuten mit den Materialien auseinander. Alle Lehrkräfte testen die Funktionen des Messgeräts. Ein Großteil führt auch außerhalb des Unterrichts Messungen durch und liest etwas zum Thema Ergonomie. Zudem denkt mehr als die Hälfte der Lehrkräfte über Verbesserungsmaßnahmen für das Klassenzimmer nach. Ein Fünftel der Lehrkräfte denkt zudem über Verbesserungsmaßnahmen im eigenen zu Hause nach und testet eigene Fragestellungen. Wie die Tabelle darüber hinaus zeigt, setzen sich die Lehrkräfte im Durchschnitt 135 Minuten mit den Materialien vorbereitend auseinander. Am meisten Zeit nehmen sich Lehrkräfte im Mittel für das Lesen über Ergonomie.

Tabelle 33: Kennwerte der Auseinandersetzung der Lehrkräfte mit den Materialien in der Vorbereitung der Unterrichtseinheit

Aktivität	Zustimmung*	Zeit für Aktivität in Minuten		Min	Max
		M	(SD)		
Die Funktionen des Messgerätes testen	100%	35,50	(12,12)	20,00	60,00
Außerhalb des Unterrichts Messungen durchführen	90%	30,80	(35,35)	0,00	120,00
Etwas über das Thema Ergonomie (oder einen Teilbereich) lesen	80%	55,00	(74,54)	0,00	240,00
Über Verbesserungsmaßnahmen im Klassenzimmer nachdenken	60%	11,88	(12,52)	0,00	30,00

Empirischer Teil

Über Verbesserungsmaßnahmen zu Hause nachdenken	20%	2,86	(4,88)	0,00	10,00
Eigene Fragestellungen testen	20%	3,29	(7,45)	0,00	20,00
Gesamt		135,10	(101,46)	60,00	320,00

Anmerkung.* die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst

Als *weitere Maßnahmen zur Vorbereitung* berichten sechs der sieben befragten Lehrkräfte in den Interviews über eine gemeinsame Sitzung der Fachschaft an der Schule, bei der sie sich mit anderen Lehrkräften über die Materialien austauschten. Darüber hinaus wurden die Unterrichtsmaterialien ausgewählt und mit den Zielen der Unterrichtseinheit abgestimmt und angepasst.

Inwieweit die Lehrkräfte einen zusätzlichen Aufwand betreiben, zusätzliche Materialien zu nutzen (Fragestellung 13), berichten mehr als ein Drittel der Lehrkräfte keine zusätzlichen Materialien genutzt zu haben (Abbildung 14). Drei der Lehrkräfte nutzten vereinzelte Ideen aus der Materialsammlung (z.B. Anregungen für den Unterrichtseinstieg, vorgefertigte Arbeitsblätter). Zwei Lehrkräfte holten sich eine Anregung für die Entwicklung ihres Unterrichts. Eine Lehrkraft übernahm eine gesamte Unterrichtseinheit inklusive der Materialien ohne zusätzliche Anpassungen.

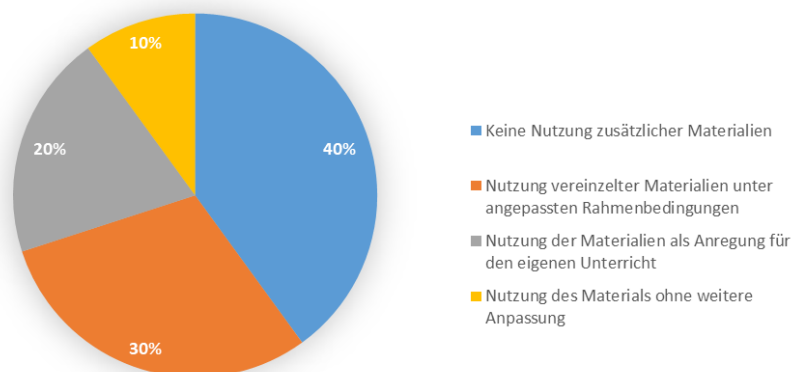


Abbildung 14: Häufigkeiten zur Anpassung der Materialien durch die Lehrkräfte

Darüber hinaus wurden die Lehrkräfte nach ihren Zielen der Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer befragt (Fragestellung 14). Als Ziel für ihren Unterricht verfolgten alle Lehrkräfte Ziele zur Förderung naturwissenschaftlich-technischer Kompetenzen und zur Sensibili-

sierung für Ergonomie, wie aus Abbildung 15 hervorgeht. Drei Lehrkräfte zielten darüber hinaus auch auf eine Förderung der motivationalen Orientierungen in der Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer an.

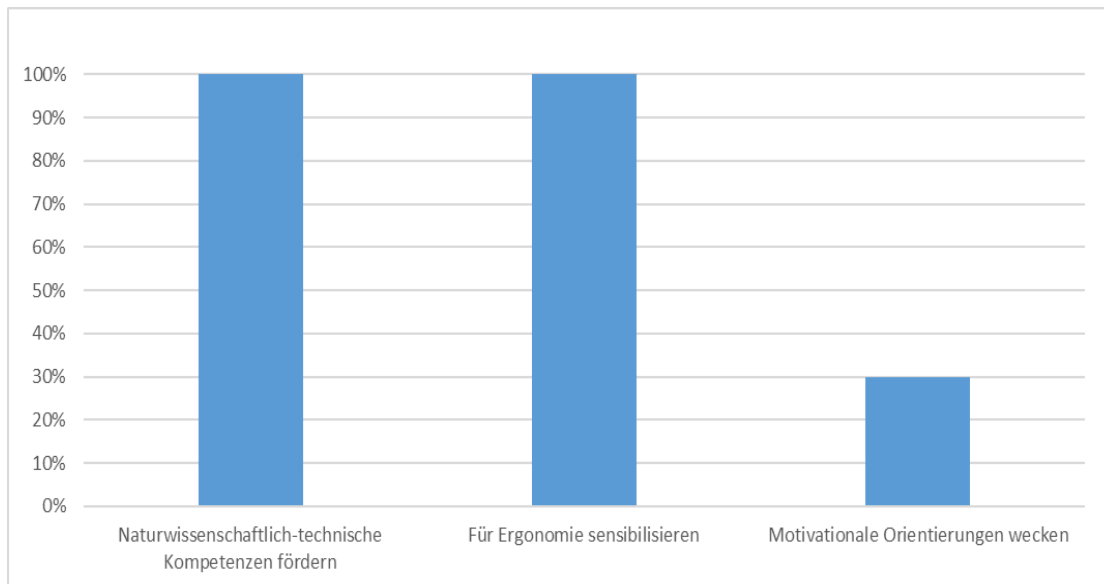


Abbildung 15: Ziele der Lehrkräfte für den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers

Neben der Implementation im Unterricht wurde zudem die langfristige Implementation betrachtet (Fragestellung 15). Die folgende Tabelle (Tabelle 34) zeigt dabei die Häufigkeit für die Umsetzung verschiedener Maßnahmen für eine langfristige Implementation.

Tabelle 34: Zustimmung zu langfristigen Maßnahmen der Implementation

	Zustimmung*
Einsatz von Messkoffer in außerunterrichtlichen Gelegenheiten	40,0%
Gespräch mit Schulleiter oder Schulleiterin	30,0%
Sonstiges	30,0%
Gespräch mit Kollegen und Kolleginnen	20,0%
Einsatz von Messkoffers in weiteren Klassen	10,0%

Anmerkung: * die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst

Demnach setzten vier Lehrkräfte den Ergonomie-Messkoffer anschließend für außerunterrichtliche Gelegenheiten ein. Drei Lehrkräfte sprachen mit ihrem Schulleiter oder ihrer Schulleiterin über den Ergonomie-Messkoffer, zwei redeten mit Kolleginnen und Kollegen darüber und eine setzte den Koffer in weiteren Klassen ein. Drei Lehrkräfte führten andere weitere Maßnahmen durch, um den Ergonomie-Messkoffer an der Schule zu implementieren.

5.3.3 Zusammenfassung und Diskussion der Teilstudie 1

Die erste Teilstudie ging der Frage nach, inwiefern der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer Merkmale eines problemorientierten Unterrichts aufweist. Gleichzeitig wurde auch der Frage nachgegangen, welchen Aufwand Lehrkräfte in der Vorbereitung mit dem problemorientierten Unterricht haben. Die Untersuchungsgrundlage bildeten zum einen die Fragebögen der Lehrkräfte als auch Interviews und die genutzten Unterrichtsmaterialien.

Um die Qualität von Bildung zu verbessern und damit langfristig zentrale bildungspolitische und gesellschaftliche Ziele zu erreichen, stellt der Unterricht eine zentrale Instanz dar. Nach Befunden der vergangenen PISA-Studien zeigt sich in Deutschland nach wie vor ein sehr traditionelles Verständnis von Lernen, welches sich in einem hohen Anteil an Frontalunterricht und einem geringen Anteil an problemorientierten oder forschend-entdeckenden Elementen zeigt (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer ließ sich hingegen Gegenteiliges finden. Der Unterricht wies einen hohen Lebensweltbezug auf, der sich in authentischen Problemstellungen, kooperativen und handlungsorientierten Lernformen zeigt. Der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer folgt dabei überwiegend dem didaktischen Konzept der Problemorientierung (Fragestellung 11).

Zudem erfolgte im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer eine Konzentration auf wesentliche Grundkonzepte der Naturwissenschaften und Technik- in diesem Fall das Messen. Anstatt eine möglichst breite Vielfalt an Themen und Beispielen zu bearbeiten, können im Rahmen von Experimentier- und Messkoffern zentrale Grundvorstellungen und Arbeitsweisen exemplarisch in der Tiefe bearbeitet werden. Am Beispiel des Ergonomie-Messkoffers zeigt sich dies in der Vielfalt der Themen und der Tiefe. Inwieweit dies eine Möglichkeit darstellt, um den naturwissenschaftlichen Unterricht in Zukunft nachhaltig kompetenz- und interessenfördernder zu gestalten, sollte zukünftig vertiefter analysiert werden. Mit der Entwicklung und Evaluation weiterer Experimentier- und Messkoffer, welche zusätzliche Grundkonzepte der Naturwissenschaften und Technik wie das Beobachten oder Problemlösen anhand alltagsnaher und authentischer Beispiele veranschaulichen, könnten langfristige Effekte auf die Interessen und Kompetenzen eines solchen Unterrichts untersucht werden. Dabei sollte in zukünftigen Untersuchungen dazu jedoch auch die Perspektive der Schülerinnen und Schüler auf den Unterricht berücksichtigt werden, um authentische und alltagsnahe Themen der Kinder und Jugendlichen identifizieren zu können.

Die Aufgabe der Lehrkraft ist es dabei, den Unterricht in Hinblick auf diese Ziele vorzubereiten und zu gestalten. Weicht die Unterrichtsgestaltung von dem traditionellen Unterricht ab, besteht jedoch die Gefahr, dass Lehrkräfte einen sehr hohen Aufwand in der Vorbereitung befürchten (Gräsel & Parchmann, 2004; Nawrath & Komorek, 2013). So berichteten Lehrkräfte

in der vorliegenden Studie zwar einen zeitlichen Aufwand in der Vorbereitung, dabei zeigten sich jedoch große Unterschiede zwischen den Lehrkräften (Fragestellung 12). So setzen sich die Lehrkräfte durchweg vorab mit den Materialien des Ergonomie-Messkoffers auseinander, in dem sie dessen Funktionen testeten. Weniger Lehrkräfte setzen sich hingegen vertieft mit der Messung, möglichen Maßnahmen oder mit den Informationsmaterialien auseinander. Daraus kann geschlossen werden, dass die Durchführung des Unterrichts mit Experimentier- und Messkoffern auch mit einem geringeren Aufwand durchgeführt werden kann. Dies könnte zum einen dafür sprechen, dass lebensweltbezogener Unterricht nicht per se mehr Vorbereitungs- aufwand bedeutet. Gleichzeitig müsste jedoch abgeklärt werden, was zu den Unterschieden im Vorbereitungsaufwand führt, und inwieweit sich dies auf die Gestaltung und Wirkung des Unterrichts auswirkt. Hier könnten beispielsweise die Erfahrung mit Unterrichtsvorbereitungen oder mit innovativen Unterrichtsmethoden eine Rolle spielen. Um diese Frage vertieft zu untersuchen, wurden diese Aspekte in Teilstudie 3 berücksichtigt.

Zur Vorbereitung nutzten die Lehrkräfte dabei überwiegend die bereits vorhandenen Materialien (Fragestellung 13). Die entwickelten Unterrichtsmaterialien werden von fast allen Lehrkräften genutzt, in dem sie zur Anregung herangezogen wurden, vollständig für die Durchführung der Unterrichtseinheiten eingesetzt wurden oder vereinzelte Materialien übernommen wurden. Hier schien bei den Lehrkräften durchaus Offenheit und Bedarf an Materialien zu bestehen, mit denen ein problemorientierter Unterricht durchgeführt wird. Gleichzeitig lässt dies auf eine hohe Akzeptanz der Materialien schließen. Inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, wird in Studie 3 näher untersucht.

Positiv hervorzuheben ist zudem, dass die Lehrkräfte fast durchweg konkrete Ziele für die Unterrichtseinheit formulieren und verfolgen (Fragestellung 14). Diese sind jedoch zum Großteil auf der kognitiven und Verhaltensebene angesiedelt. Nur ein geringer Teil der Lehrkräfte verfolgt mit dem Einsatz des Ergonomie-Messkoffers im Unterricht das Ziel einer Interessenförderung (Fragestellung 14). Dies könnte zum einen daran liegen, dass das Interesse als eigenständiges Bildungsziel in der Schule nach wie vor nicht angekommen ist. Darüber hinaus könnte auch die Konzeption des Ergonomie-Messkoffers die Interessenförderung als zentrales Ziel noch nicht ausreichend vermitteln. Gleichzeitig könnte das Ergebnis auch dem Untersuchungsdesign geschuldet sein, bei dem von Lehrkräften versäumt wurde, das Ziel der Interessenförderung zu nennen. Wäre es als geschlossene Frage formuliert worden, hätten möglicherweise mehr Lehrkräfte dem Ziel zugestimmt. Zur Beantwortung dieser Frage wäre jedoch eine weiterführende Forschung notwendig, welche die Rolle non-kognitiver Outcomes als Bildungsziel im täglichen Schulalltag stärker in den Mittelpunkt rückt.

In Hinblick auf die Langfristigkeit der Maßnahme können vereinzelt positive Befunde berichtet werden (Fragestellung 15). Damit Maßnahmen wie Experimentier- und Messkoffer sich jedoch

tatsächlich langfristig etablieren, bedarf es vermutlich weiterer Maßnahmen. Bereits bei Nawrath und Komorek (2013) formulierten Lehrkräfte den Wunsch nach Materialien, um den Unterricht stärker entsprechend der Interessen der Schülerinnen und Schüler auslegen zu können. Mit dem Ergonomie-Messkoffer könnte hier eine Möglichkeit gefunden worden sein, mit dem Lehrkräfte diesen Aufwand betreiben. Mit der stetigen Verbesserung der Mobiltelefone und ihren Funktionen wäre zudem die Nutzung von Apps anstatt professioneller Messgeräte für den Unterricht möglich. Dies hätte in Hinblick auf die weitere Verbreitung den Vorteil der Unabhängigkeit von externen Vergabestellen von Messgeräten. Gleichzeitig würde es den Schülerinnen und Schülern den Transfer in den Alltag erleichtern, da sie ihre eigenen technischen Alltagsgeräte unter einer professionellen Perspektive sehen könnten und diese auch in Anschluss an den Unterricht in ihrer Freizeit dafür weiter nutzen könnten. Denn durch die Mobilität von Experimentier- und Messkoffern ist zwar die flexible Handhabung und Nutzung der Koffer garantiert, sie sind jedoch auch nicht für den dauerhaften Verbleib an einem Ort ausgelegt und verschwinden so meist nach ihrer Nutzung wieder aus dem Sichtfeld der Schülerinnen und Schüler. Der routinierte Umgang von Lehrkräften mit solchen Materialien wäre dabei wünschenswert. Hinweise auf die Frage, inwieweit Lehrkräfte dazu ermutigt werden können, Experimentier- und Messkoffer im Unterricht zu nutzen, untersucht daher Teilstudie 3 der Lehrkräfte.

Abschließend muss für die vorliegenden Befunde der ersten Teilstudie festgehalten werden, dass auf Grund der gewählten Methode - wie bei qualitativer Forschung üblich - keine generalisierbaren Aussagen getroffen werden können. Nichtsdestotrotz bieten die präsentierten Ergebnisse erste Hinweise für Anschlussforschung

5.4 Teilstudie 2: Wirkung des Ergonomie-Messkoffers auf das Interesse am Messen der Schülerinnen und Schüler

Die zweite Teilstudie zielt auf die Evaluation des Unterrichts in Hinblick auf das kurzfristige und nachhaltige Interesse am Messen ab. Auf Basis der Schülerfragebögen zu den zwei bzw. drei Messzeitpunkten soll die Frage beantwortet werden, ob durch den Unterricht das Interesse am Messen gesteigert und nachhaltig aufrechterhalten werden kann. Dazu wird im Folgenden auf die methodischen Grundlagen des Vorgehens (Kapitel 5.4.1) und die Ergebnisse (Kapitel 5.4.2) eingegangen.

5.4.1 Methode

5.4.1.1 Stichprobe der Schülerinnen und Schüler

Fehlerquellen bei der Interpretation von längsschnittlichen Daten liegen insbesondere in Reifungs- und Entwicklungseffekten und der Stichprobenmortalität, welche im Folgenden kurz erläutert werden (Köller, 2009). Reifungs- und Entwicklungseffekte beschreiben natürliche und umweltbedingte Prozesse, die unabhängig von einer Intervention auftreten können. Aus diesem Grund kommt es gerade in langfristigen Interventionen zu Überschätzungen, da die natürliche kognitive Entwicklung außer Acht gelassen wird (Köller, 2009). Da es sich hier um eine Kurzzeitintervention handelt, werden langfristige Reifungs- und Entwicklungseffekte vernachlässigt. Jedoch besteht weiterhin das Problem der Stichprobenmortalität. Diese beschreibt den Verlust von Daten indem Teilnehmer und Teilnehmerinnen sich gegen eine weitere Teilnahme an der Maßnahme oder der Evaluation entscheiden. Diese führen zu einer Verringerung der Stichprobengröße, dem erschwerten Umgang bei statistischen Verfahren und Verzerrungen durch fehlende Werte. Gerade für Pre-Post-Follow-up-Designs sind Stichprobenausfälle häufig zu verzeichnen. Durch moderne statistische Verfahren gelingt es mittlerweile besser, diese Probleme angemessen einzuschränken (Köller, 2009). Des Weiteren wurde sich in der folgenden Studie dazu entschieden nur Daten zu verwenden, bei denen Schülerinnen und Schüler zu zwei (kurzfristige Wirkung) bzw. drei (langfristige Wirkung) Messzeitpunkten mehr als zwei Drittel der Angaben ausfüllten. Dies führte jedoch hinsichtlich der Stichprobengröße zu starken Ausfällen.

Insgesamt beantworten $n = 228$ Schülerinnen und Schüler mindestens ein Item eines Fragebogens. Auf Grund von fehlenden Angaben ergeben sich starke Ausfälle innerhalb der Stichprobe. Die Art der Missings wird in Tabelle 35 dargestellt.

Empirischer Teil

Tabelle 35: Art der Stichprobenausfälle

Gründe für Missing	Gültige
Fehlende Angaben der Schülerinnen und Schüler zu Messzeitpunkt t_0	215-219
Fehlende Angaben der Schülerinnen und Schüler zu Messzeitpunkt t_1	151-174
Fehlende Angaben der Schülerinnen und Schüler zu Messzeitpunkt t_2	158-162
Fehlende Angaben zum Unterricht (Teilstudie 1)	176
Sonstige fehlende Angaben (z.B. Geschlecht)	120-129

Damit konnten für die querschnittliche Untersuchung $n = 89$ Schülerinnen und Schüler und für die Untersuchung der nachhaltigen Wirkung $n = 80$ Schülerinnen und Schüler ausgewertet werden. Die beiden Gruppen zeigen folgende Merkmale (Tabelle 36):

Tabelle 36: Merkmale der Schülerstichprobe für die kurz- ($n = 89$) und nachhaltige Wirkung ($n = 80$)

Kategorie	Unterkategorie	Kurzfristige Wirkung		Nachhaltige Wirkung	
		Häufigkeit	N	Häufigkeit	N
Geschlecht	Männlich	42,7 %	38	45,0 %	36
	Weiblich	57,3 %	51	55,0 %	44
Schulart	Gymnasium	69,7 %	62	70,0 %	56
	Realschule	0,0 %	0	0,0 %	0
	Mittelschule	6,7 %	6	7,5 %	6
	Sonstiges	23,6 %	21	22,5 %	18
Jahrgangsstufe	5 – 7	6,7 %	6	7,5 %	6
	8 – 9	53,9 %	48	39,1 %	44
	10 - 12	39,3 %	35	50,0 %	30

Innerhalb der Gesamtstichprobe werden $n = 55$ Schülerinnen monoedukativ unterrichtet, das heißt die Mädchen werden getrennt von Jungen unterrichtet. In einem Mittelwertsvergleich zwischen diesen Schülerinnen und Mädchen einer koedukativen Klasse der gleichen Jahrgangsstufe und Schulart wurden jedoch keine Unterschiede gefunden. Aus diesem Grund wird hier keine genauere Betrachtung dieses Merkmals vorgenommen.

Da nicht alle Lehrkräfte die Fragebögen von ihren Schülerinnen und Schülern zu drei Messzeitpunkten ausfüllen ließen, ergeben sich für Teilstudie 2 bei der Betrachtung des Unterricht Abweichungen hinsichtlich der Ausprägung des Unterrichts zu Teilstudie 1. Der untersuchte Unterricht für die Betrachtung der kurzfristigen und nachhaltigen Wirkung in Teilstudie 2, weist folgende Merkmale auf (Tabelle 37):

Tabelle 37: Merkmale des Unterrichts der kurzfristigen (n = 89) und nachhaltigen Wirkung (n = 80)

Kategorie	Unterkategorie	Kurzfristige Wirkung		Nachhaltige Wirkung	
		Häufigkeit	N _{SuS}	Häufigkeit	N _{SuS}
Authentizität	Kontext	33,7 %	30	33,8 %	27
	Disziplin/Fach	66,3 %	59	66,3 %	53
Ablauf	Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung	33,7 %	30	33,8 %	27
	Technischer Problemlöseprozess	66,3 %	59	66,3 %	53
Begleitung	Keine Begleitung	4,5 %	4	0,0 %	0
	Tutorielle Begleitung	70,8 %	63	92,5 %	28
	Anleitende und betreuende Begleitung	24,7 %	22	7,5 %	18
Kooperative Lernformen	Partnerarbeiten	90,6 %	83	92,5%	74
	Arbeit im Plenum	9,4 %	6	7,5 %	6
Handlungsorientierung	kurz	6,7 %	6	11,3%	5
	Lang	59,6 %	53	88,7 %	41
	k. A.	33,7 %	30	33,8 %	27
Bedienung des Messgeräts	Selbst am Messgerät	100,0 %	89	100,0 %	46

Die Beschreibung der Gestaltungsmerkmale wird dabei aus Sicht der Lehrkräfte beschrieben und geht auf die Daten der Lehrerfragebögen und Lehrerinterviews aus Studie 1 (vgl. Kapitel 5.3.2) zurück.

5.4.1.2 Erhebungsinstrument der längsschnittlichen Untersuchung

Um die Wirkung des Ergonomie-Messkoffers im problemorientierten Unterricht auf das Interesse am Messen zu untersuchen, wurden die Schülerinnen und Schüler zu drei Messzeitpunkten zu ihrem wertbezogenen und affektiven Interesse und zu ihren negativen Empfindungen sowie zu zwei Messzeitpunkten zur nachhaltigen Veränderung des Verhaltens mit Hilfe von Fragebögen befragt (Abbildung 16).

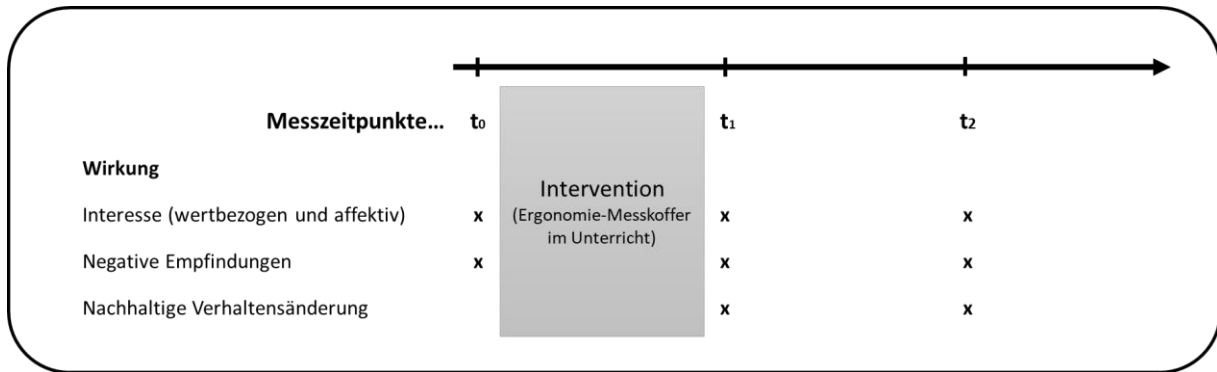


Abbildung 16: Messzeitpunkte der Teilstudie 2

Das wertbezogene Interesse wurde anhand von vier Items und das affektive Interesse anhand von jeweils drei Items erhoben. Die negativen Empfindungen von Messen wurden anhand von drei Items abgefragt. Die Antworten wurden jeweils auf einer vierstufigen Antwortskala („stimme gar nicht zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme eher zu“, stimme ganz zu“) erfasst. Beispielsitems können Tabelle 38 entnommen werden.

Tabelle 38: Skalen, Beispielimem und Anzahl der Items der Teilstudie 2

Skala	Beispielimem	n _{Items}
Affektives Interesse am Messen (aus Pilotierung)	„Messen ist hilfreich“	3
Wertbezogenes Interesse am Messen (selbst erstellt in Anlehnung an PISA 2006 Skala)	„Messgeräte können helfen, die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern.“	4
Negative Empfindungen von Messen (aus Pilotierung)	„Messen ist gefährlich“	3

Mit sechs Items wurde die nachhaltige Verhaltensänderung erhoben (Tabelle 39). Damit wurde die Skala nach der Pilotierung um zwei weitere Items erweitert.

Tabelle 39: Skalen, Beispielimem und Anzahl der Items zur nachhaltigen Verhaltensänderung

Skala	Beispielimem	n _{Items}
Nachhaltige Verhaltensänderung (verändert nach Pilotierung)	„Ich werde versuchen, das Gelernte zu Hause umzusetzen.“ (bzw. ich habe versucht, das Gelernte zu Hause umzusetzen“)	6

Dazu wurden die Items für die Abfrage direkt nach der Maßnahme als Absicht formuliert und die Items für die Abfrage einen Monat nach der Intervention als Zustand. Die Items waren „Ich würde mir gerne Maßnahmen überlegen um meine ergonomische Umgebung weiter zu verbessern.“ (bzw. „Ich habe mir weitere Maßnahmen überlegt, um meine ergonomische Umgebung weiter zu verbessern“), „Ich werde versuchen, das Gelernte im Klassenzimmer umzusetzen.“ (bzw. ich habe im Klassenzimmer einige Maßnahmen zur Verbesserung der Ergonomie (mit)umgesetzt.“, „Mir gehen noch weitere Ideen zur Verbesserung der ergonomischen Umgebung durch den Kopf.“ (bzw. „In letzter Zeit gingen mir noch weitere Ideen zur Verbesserung der ergonomischen Umgebungen durch den Kopf.“), „Ich werde versuchen, das Gelernte zu Hause umzusetzen.“ (bzw. „Ich habe versucht, das Gelernte zu Hause umzusetzen“), „Ich werde nun mehr darauf achten, wie die Ergonomie in einem Raum ist.“ (bzw. Ich achte nun mehr darauf, wie die Ergonomie in einem Raum ist“) und „Ich werde mit meinen Freunden oder meiner Familie über das Thema Ergonomie sprechen.“ (bzw. „Ich habe mit meinen Freunden oder meiner Familie über da Thema Ergonomie gesprochen.“). Für die Skala hatten die Schülerinnen und Schüler im Antwortformat die Auswahl zwischen „stimme gar nicht zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme eher zu“ und „stimme ganz zu“.

5.4.1.3 Statistische Analysen

Um die Erhebungen zu mehreren Messzeitpunkten für eine Person statistisch angemessen zu analysieren, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung berechnet. Da die Teilnehmenden stabil bleiben, kann die Varianz der Person besser eingeschätzt werden. Damit kann eine Fehlervarianz minimiert werden und mögliche Effekte leichter analysiert werden. Im Folgenden sollten insbesondere Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten sowie Unterschiede zwischen Bedingungen des Unterrichts analysiert werden. Zur Berechnung wurde die Software SPSS genutzt.

5.4.2 Ergebnisse Teilstudie 2

Das folgende Kapitel präsentiert die Ergebnisse auf die Frage, wie der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer auf das Interesse (Kapitel 5.4.2.1), die negativen Empfindungen (Kapitel 5.4.2.2) und das nachhaltige Verhalten (Kapitel 5.4.2.3) wirkt. Innerhalb der Kapitel wird jeweils zunächst der Frage nachgegangen wie sich diese kurz- und langfristig verändern und welche Rolle die Gestaltungsmerkmale des problemorientierten Unterrichts dabei spielen. Anschließend werden jeweils Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen herausgearbeitet.

5.4.2.1 Wirkung auf das Interesse

Um zu untersuchen, ob sich das Interesse am Messen durch den problemorientierten Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer verändert (Fragestellung 16), wurden die Schülerinnen und Schüler vor, direkt nach der Unterrichtseinheit und einen Monat nach der Unterrichtseinheit befragt. Wie Abbildung 17 verdeutlicht, zeigt sich kurzfristig (vorher/nachher) sowohl für die wertbezogene ($M_{diff} = 0,34$, $SE_{diff} = 0,10$; $T(88) = -3,40$; $p = .001$) als auch für die affektive ($M_{diff} = 0,38$, $SE_{diff} = 0,11$, $T(86) = -3,53$; $p = .001$) Komponente des Interesses am Messen der Schülerinnen und Schüler ein signifikanter Anstieg. Langfristig (nachher/einen Monat danach) zeigt sich dies sowohl für das wertbezogene als auch affektive Interesse stabil. Zu Beginn stimmen dabei 65,8% der Schülerinnen und Schüler der Aussage zu, dass *Messgeräte helfen können, die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern* (wertbezogenes Interesse). Nach der Intervention stimmen dem 78,7% und einen Monat danach sogar 81,0% zu. Zur Aussage, dass *Messen hilfreich ist* (affektives Interesse), stimmen zu Beginn 68,8% der Schülerinnen und Schüler, direkt nach der Intervention 79,7% und einen Monat danach 74,5% zu.

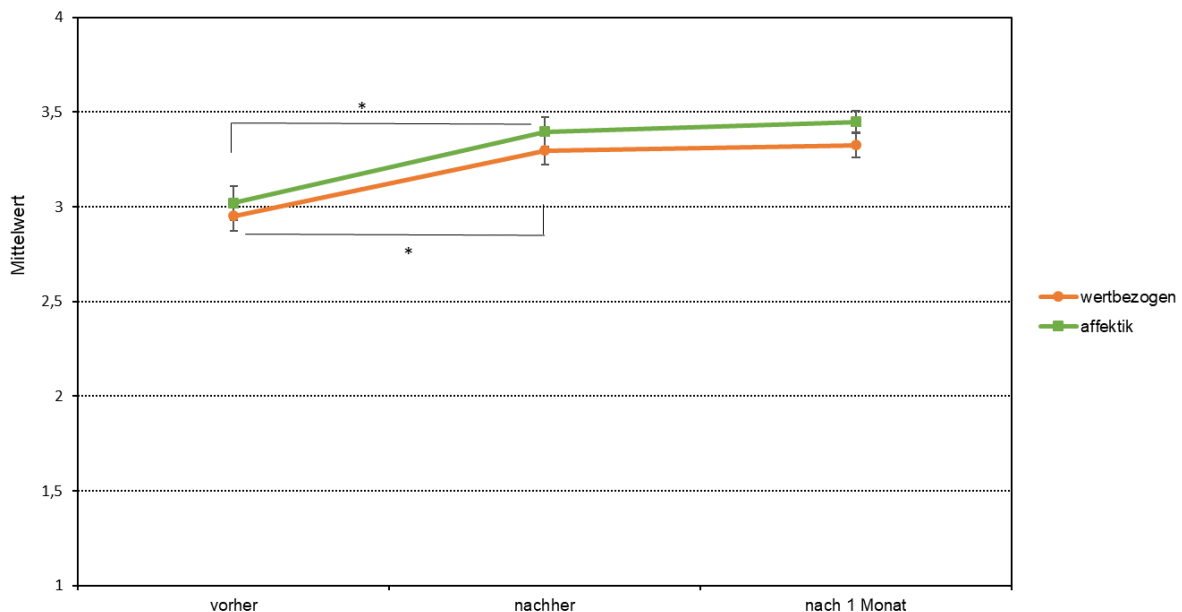


Abbildung 17: Veränderung des wertbezogenen und affektiven Interesses vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention

Um zu untersuchen, inwieweit die Interessenveränderung durch das Interesse zu Beginn der Intervention bestimmt wurde, wurden Korrelationen berechnet (Tabellen 39 und 40). Diese zeigen für den Zusammenhang zwischen vorher und nachher keinen signifikanten Zusammenhang für das wertbezogenen ($r = 0,20$, $p = .059$) und einen niedrigen signifikanten Zusammenhang für das affektive Interesse ($r = 0,26$, $p = .016$). Zwischen der Ausprägung des Interesses

Empirischer Teil

direkt nach der Intervention und einen Monat danach zeigt sich für das wertbezogene ($r = 0,60$, $p = .000$). und affektive Interesse ($r = 0,51$, $p = .000$). Dies lässt darauf schließen, dass die kurzfristige Interessenveränderung nur zu einem geringen Maße von der Ausprägung zu Beginn der Intervention beeinflusst wird. Damit weist die Ausprägung zu Beginn der Intervention eine geringe Vorhersagekraft für die Ausprägung direkt nach der Intervention auf. Die Ausprägung direkt nach der Intervention zeigt jedoch eine höhere Aussagekraft für die Ausprägung einen Monat nach der Intervention.

Tabelle 40: Korrelationstabelle für das wertbezogene Interesse vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer

	(1)	(2)
(1) vorher	-	
(2) nachher	0,20	
(3) einen Monat nachher	0,38**	0,60**

Tabelle 41: Korrelationstabelle für das affektive Interesse vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer

	(1)	(2)
(1) vorher	-	
(2) nachher	0,26*	-
(3) einen Monat nachher	0,34*	0,51**

Um zu untersuchen, inwieweit die *kurzfristige* Entwicklung durch spezifische Gestaltungsmerkmale des problemorientierten Unterrichts begünstigt wird (Fragestellung 16a), wurde eine ANOVA mit Messwiederholung berechnet. Tabelle 41 zeigt die Ergebnisse für das Interesse für die Gestaltungsmerkmale der Authentizität (nach Kontext/ nach Disziplin), des Ablaufs (naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung/ technischer Problemlöseprozess), die Begleitung (keine Begleitung/ tutorielle Begleitung/ anleitende und betreuende Begleitung), die kooperativen Lernformen (ja/nein) und die Handlungsorientierung (kurz/lang).

Tabelle 42: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Interaktion mit den Gestaltungsmerkmalen des Unterrichts und dem Interesse

Authentizität		Ablauf		Begleitung		Kooperative Lernformen		Handlungsorientierung ¹	
<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2

Empirischer Teil

Interesse (wert)	0,64	0,01	0,64	0,01	35,20**	0,46	4,26*	0,05	6,61*	0,11
Interesse (aff.)	0,27	0,00	0,27	0,00	81,00***	0,63	5,32*	0,06	7,17*	0,12

Anmerkungen. Angaben unter Kontrolle des Geschlechts. * $p < .05$ ** $p < .01$, *** $p < .001$ ¹fehlende Angaben von $n = 30$ Schülerinnen und Schülern

Dabei weisen die Ergebnisse aus Tabelle 41 darauf hin, dass weder für die Entwicklung des affektiven noch für die wertbezogenen Komponenten des Interesses relevant ist, ob sich die Authentizität stärker am Kontext oder an der Disziplin orientiert und ob sich der Ablauf an dem Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung oder des technischen Problemlöseprozesses orientiert. Jedoch scheint die Begleitung einen hoch signifikanten Einfluss und die kooperativen Lernformen und die Handlungsorientierung einen Einfluss zu haben, wie Abbildungen 18 bis 22 verdeutlichen.

Dabei zeigt sich für die anleitende und betreuende Begleitung eine signifikante Steigerung des wertbezogenen Interesses ($M_{diff} = -1,44$, $SE_{diff} = 0,07$; $T(21) = -8,12$, $p = .000$) und des affektiven Interesses ($M_{diff} = -1,71$, $SE_{diff} = 0,20$, $T(21) = -8,71$, $p = .000$) (Abbildung 18 und 19). Für Schülerinnen und Schüler, welche tutoriell oder nicht von der Lehrkraft begleitet werden, zeigen sich hingegen keine signifikanten Veränderungen. Gleichzeitig zeigt die Gruppe mit anleitender und betreuender Begleitung zu Beginn der Unterrichtseinheit im Durchschnitt ein signifikant geringes Interesse als bei Schülerinnen und Schülern, die nicht (wertbezogen: $M_{diff} = 1,73$, $SE_{diff} = 0,19$, $T(24) = 9,20$, $p = .000$; affektiv: $M_{diff} = 1,84$, $SE_{diff} = 0,23$, $T(24) = 7,96$, $p = .000$) oder tutoriell (wertbezogen: $M_{diff} = 1,56$, $SE_{diff} = 0,13$, $T(83) = 11,80$, $p = .000$; affektiv: $M_{diff} = 1,94$, $SE_{diff} = 0,12$, $T(81) = 16,35$, $p = .000$) durch die Lehrkraft begleitet werden. Nach der Intervention zeigen sich keine Unterschiede mehr im wertbezogenen und affektiven Interesse zwischen den drei Gruppen.

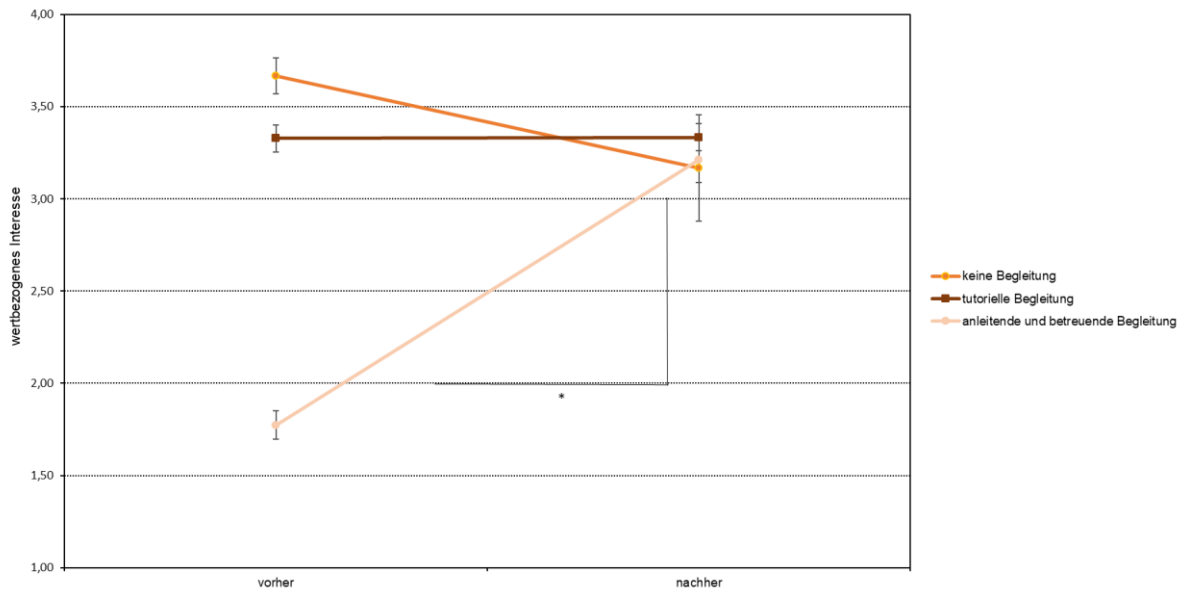


Abbildung 18: Veränderung des wertbezogenen Interesses für Begleitung durch die Lehrkraft

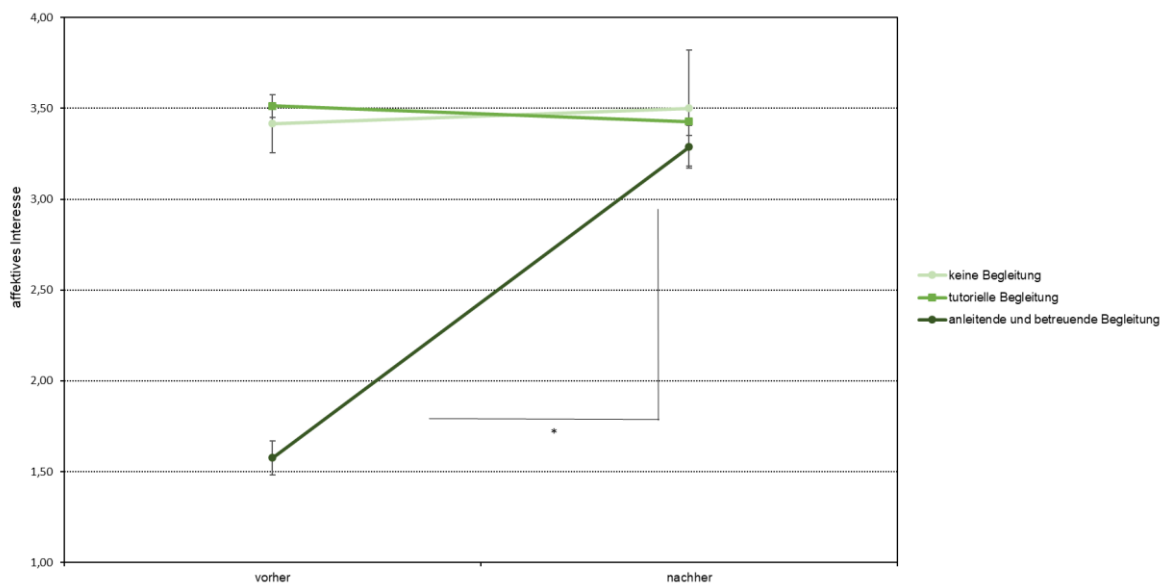


Abbildung 19: Veränderung des affektiven Interesses für die Begleitung durch die Lehrkraft

Auch für kooperative Lernformen zeigen sich signifikante Unterschiede für das kurzfristige Interesse (Abbildungen 20 und 21). Dabei steigt das wertbezogene ($M_{diff} = -0,40$, $SE_{diff} = 0,09$, $T(82) = -4,05$, $p = .000$) und affektive Interesse ($M_{diff} = 0,44$, $SE_{diff} = 0,11$, $T(81) = -4,01$, $p = .000$) am Messen im Unterricht an, in dem Schülerinnen und Schüler mit dem Ergonomie-Messkoffer in Partner- und Gruppenarbeiten arbeiten. Im Unterricht, in dem Schülerinnen und Schüler den Ergonomie-Messkoffer ausschließlich im Plenum nutzten, zeigten sich für das wertbezogene Interesse keine signifikanten Unterschiede. Für das affektive Interesse zeigte sich hingegen eine signifikante Abnahme ($M_{diff} = 0,67$, $SE_{diff} = 0,24$, $T(4) = 2,83$, $p = .047$).

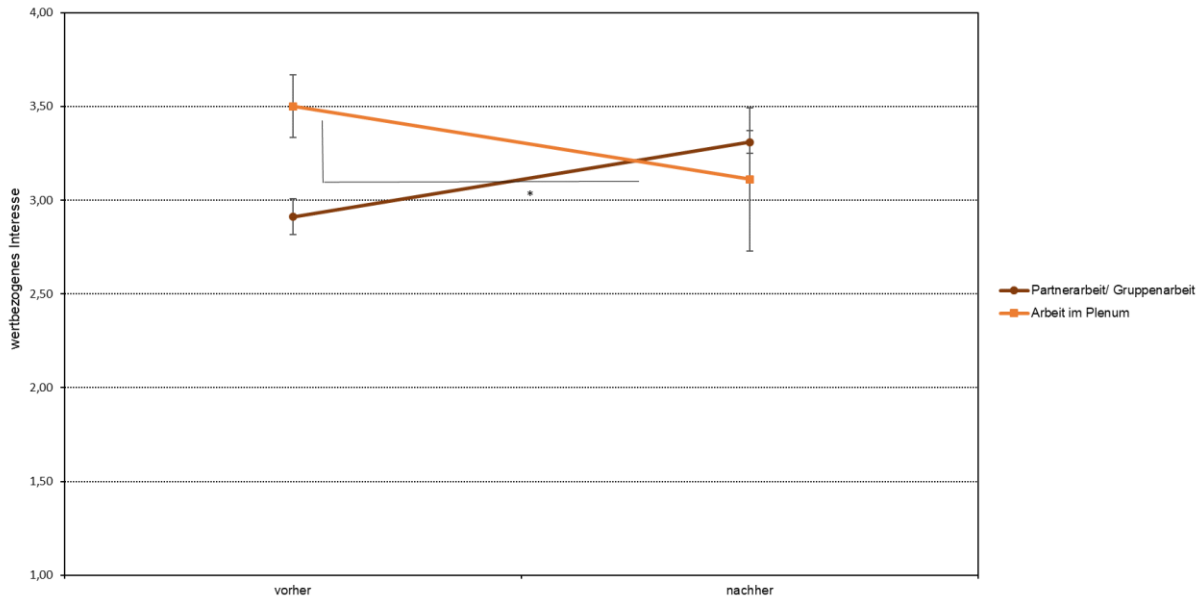


Abbildung 20: Veränderung des wertbezogenen Interesses für die kooperativen Lernformen

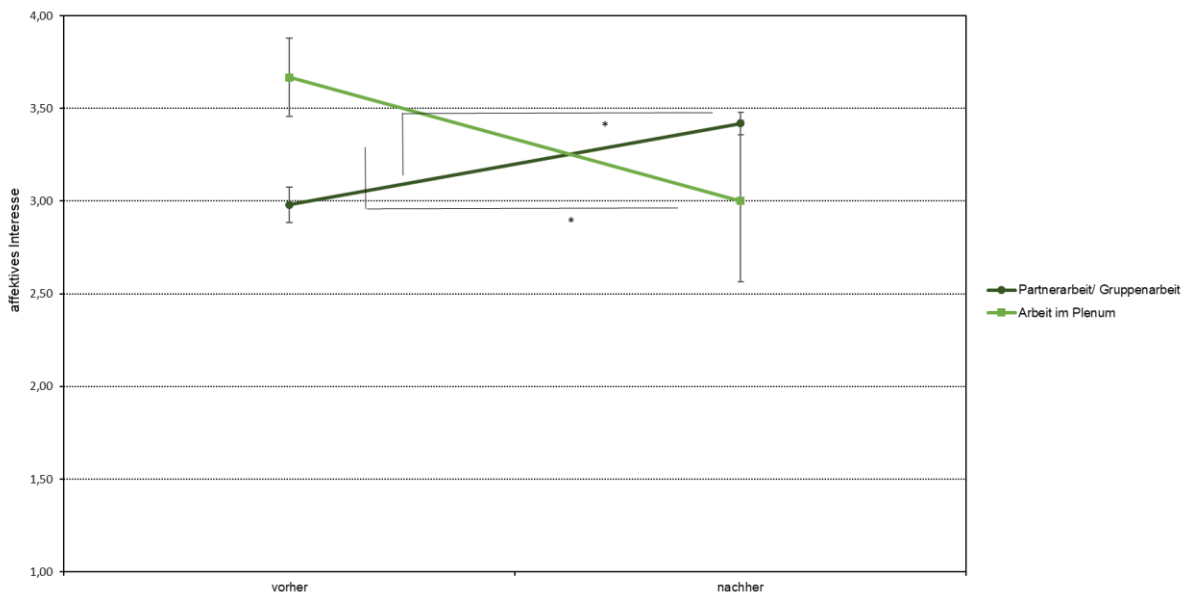


Abbildung 21: Veränderung des affektiven Interesses für die kooperativen Lernformen

Für die Handlungsorientierung zeigen Schülerinnen und Schüler, die länger handlungsorientiert mit dem Ergonomie-Messkoffer arbeiten, einen signifikanten Anstieg im wertbezogenen ($M_{diff} = 0,72$, $SE_{diff} = 0,14$, $p = .001$) und affektiven Interesse ($M_{diff} = 0,74$, $SE_{diff} = 0,17$, $p = .000$). Für Schülerinnen und Schüler, die im Unterricht kurze Zeit handlungsorientiert arbeiten, zeigt sich für das wertbezogene Interesse kein Effekt, während das affektive Interesse sinkt ($M_{diff} = 0,67$, $SE_{diff} = 0,24$, $p = .032$).

Empirischer Teil

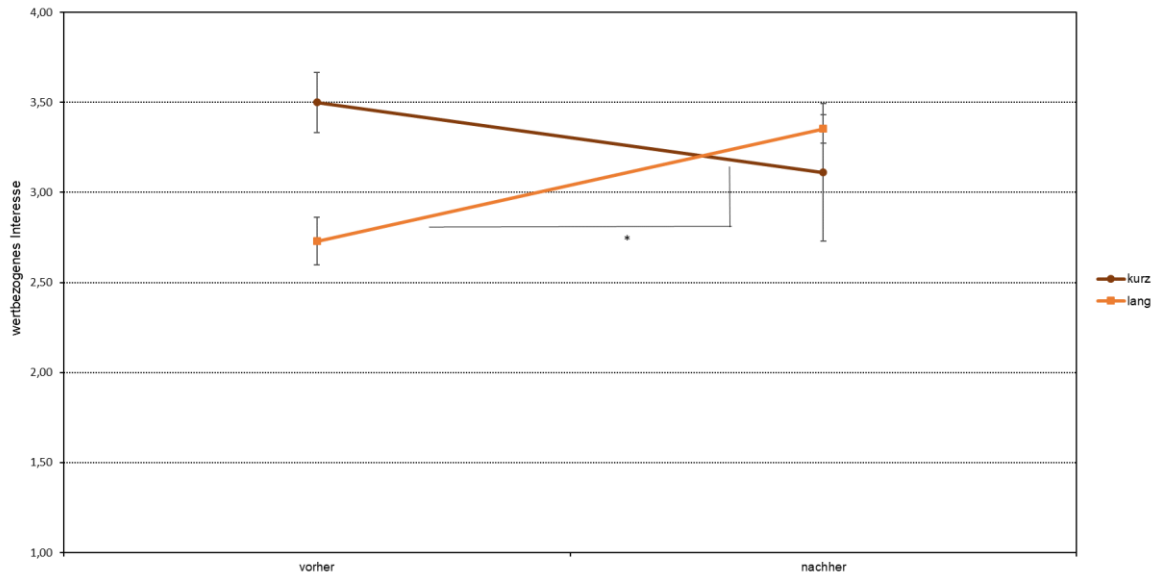


Abbildung 22: Veränderung des wertbezogenen Interesses für die kooperativen Lernformen

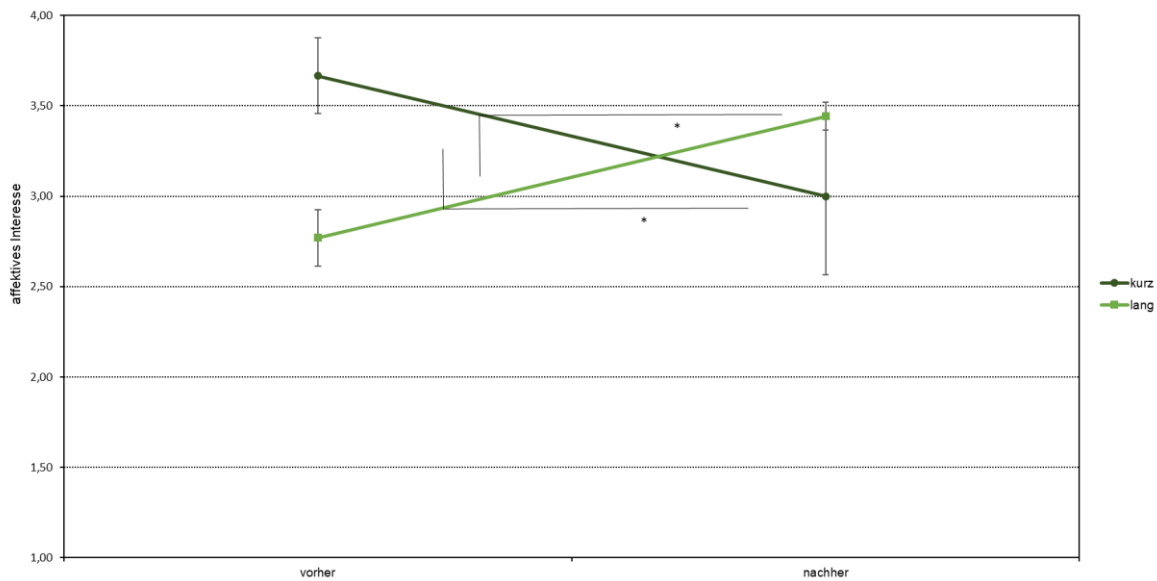


Abbildung 23: Veränderung des affektiven Interesses für die handlungsorientierten Lernformen

Darüber hinaus wird untersucht, inwieweit die *langfristige* Wirkung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer durch die Gestaltung des Unterrichts beeinflusst wird (Fragestellung 16a). Aus diesem Grund wurde eine ANOVA mit Messwiederholung für die Entwicklung des Interesses im Zeitraum nach der Unterrichtseinheit bis einen Monat danach berechnet (Tabelle 42).

Empirischer Teil

Tabelle 43: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts und dem nachhaltigen wertbezogenen und affektiven Interesse

	Authentizität		Ablauf		Begleitung		Kooperative Lernformen		Handlungsorientierung	
	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2
Interesse (wert)	0,07	0,00	0,07	0,00	4,78*	0,11	0,40	0,01	0,90	0,02
Interesse (aff.)	4,25*	0,05	4,25*	0,05	1,88	0,05	6,60*	0,08	6,98*	0,13

Anmerkungen. Alle Angaben sind unter Kontrolle des Geschlechts. * $p < .05$ ** $p < .01$, *** $p < .001$

Dabei weisen die Ergebnisse für die langfristige Entwicklung des wertbezogenen Interesses auf den Einfluss der Begleitung durch die Lehrkraft hin. Für die langfristige Entwicklung des affektiven Interesses zeigen sich hingegen Einflüsse der Authentizität, des Ablaufs, der kooperativen Lernformen und der Handlungsorientierung.

Für das wertbezogene Interesse zeigt sich dabei eine leichte signifikante Abnahme für Schülerinnen und Schüler, die anleitend und betreuend begleitet werden ($M_{diff} = -0,28$, $SE_{diff} = 0,06$, $T(19) = 2,48$, $p = .023$). Obgleich Abbildung 24 eine starke Abnahme des wertbezogenen Interesses auch für die Gruppe ohne Begleitung vermuten lässt, zeigen sich hier keine signifikanten Effekte.

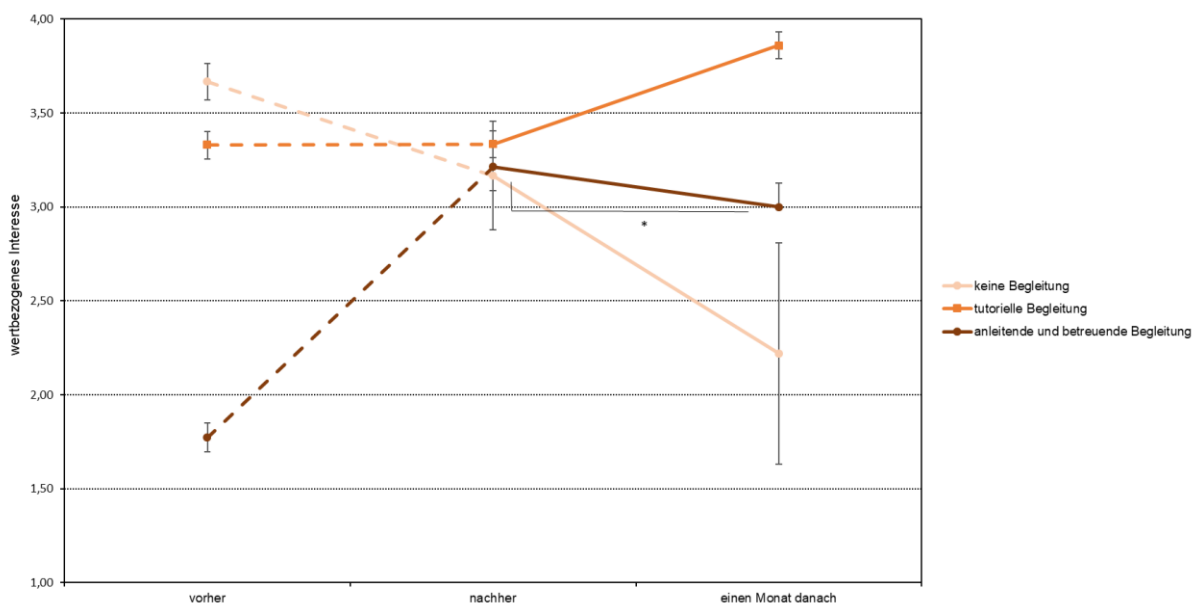


Abbildung 24: Unterschiede in der Nachhaltigkeit für das wertbezogene Interesse in Abhängigkeit der Begleitung

In einem dritten Schritt wird nun der Frage nachgegangen, wie sich Jungen und Mädchen hinsichtlich des Interesses am Messen im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer unterscheiden (Fragestellung 16b). Keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen zeigen sich in der Ausprägung des Interesses vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention (Abbildungen 25 und 26). Dabei zeigt sich kurzfristig eine signifikante Interessensteigerung sowohl für die Jungen (wertbezogen: $M_{diff} = -0,45$, $SE_{diff} = 0,15$, $T(37) = -2,95$, $p = .005$; affektiv: $M_{diff} = -0,43$, $SE_{diff} = 0,17$, $T(36) = -2,53$, $p = .016$) als auch die Mädchen (wertbezogen: $M_{diff} = -0,27$, $SE_{diff} = 0,13$, $T(50) = -2,06$, $p = .045$; affektiv: $M_{diff} = -0,33$, $SE_{diff} = 0,14$, $T(49) = -2,44$, $p = .018$). Dieses zeigt sich auch über einen Monat hinweg stabil.

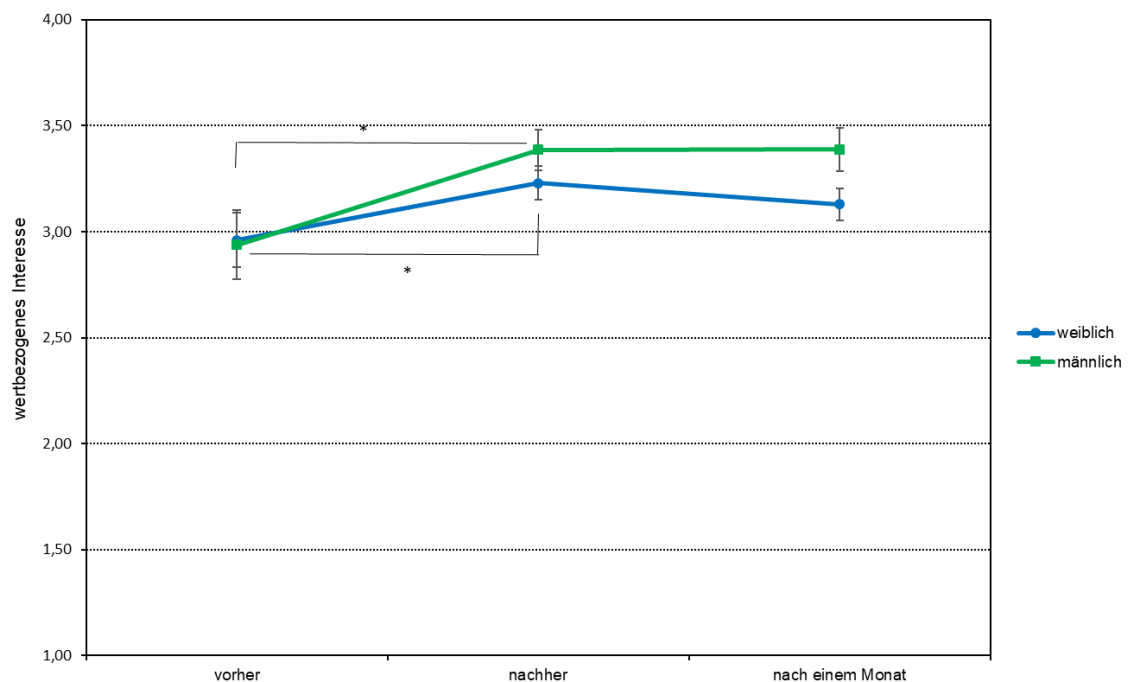


Abbildung 25: Veränderung des wertbezogenen Interesses für Jungen (n = 38) und Mädchen (n = 51)

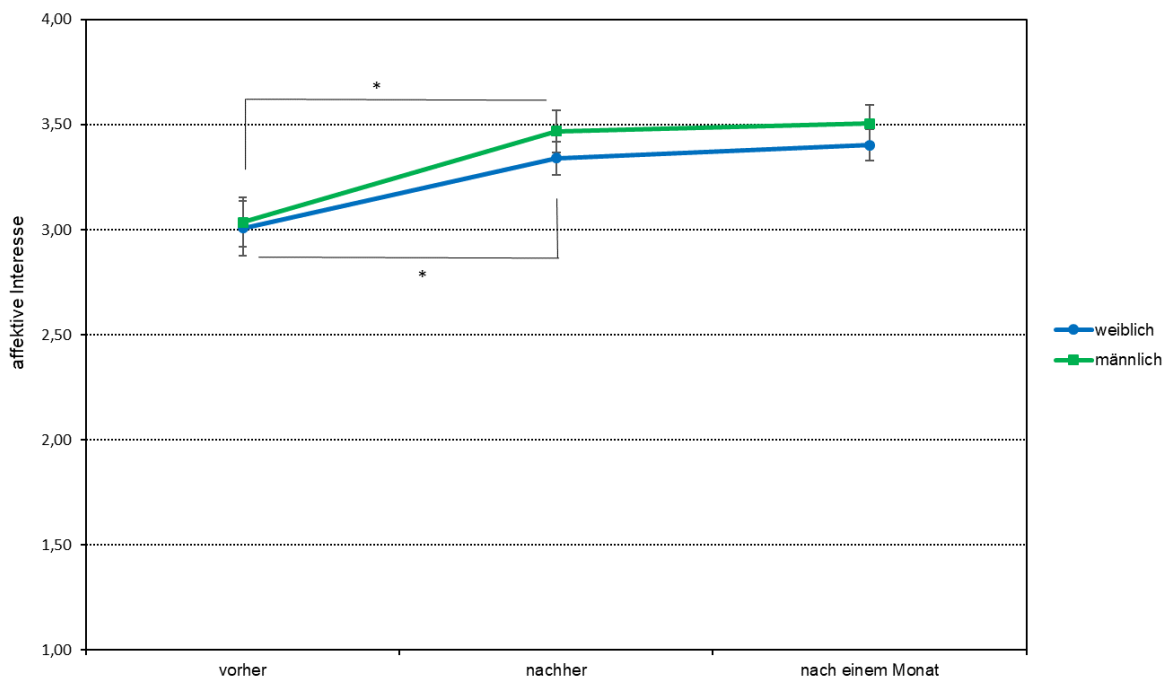


Abbildung 26: Veränderung des affektiven Interesses für Jungen (n = 38) und Mädchen (n = 51)

Um zu untersuchen, ob Jungen und Mädchen dabei Unterschiede in der kurzfristigen Entwicklung des Interesses vor dem Hintergrund der Gestaltung des Unterrichts aufweisen, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt. Dabei zeigen sich für die Jungen und Mädchen keine Unterschiede. Jungen und Mädchen scheinen dabei ähnlich durch die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts in ihrem Interesse angesprochen zu werden. Langfristig lassen sich hinsichtlich des Einflusses der Gestaltungsmerkmale lediglich für das affektive Interesse Interaktionen mit dem Geschlecht und der Handlungsorientierung feststellen ($F = 20,64$; $\eta^2 = 0,30$; $p = 0,000$).

Zusammenfassend zeigt sich für das Interesse kurz- und langfristig eine positive Entwicklung, welche durch die Begleitung der Lehrkraft, kooperative Lernformen und handlungsorientierte Elemente im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer begünstigt wird. Der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer scheint dabei bestehende Unterschiede im wertbezogenen und affektiven Interesse unter den Schülerinnen und Schüler abzupuffern und langfristig zu stabilisieren. Jungen und Mädchen zeigen dabei kaum Unterschiede und zeigen eine ähnliche Entwicklung ihres Interesses.

5.4.2.2 Wirkung auf die negativen Empfindungen

Im Folgenden werden die Wirkung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer auf die negativen Empfindungen der Schülerinnen und Schüler untersucht (Fragestellung 17). Dabei

wird der lang- und kurzfristige Effekt, die Rolle der Gestaltungsmerkmale des problemorientierten Unterrichts und die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen näher beleuchtet.

Insgesamt zeigt sich über alle Schülerinnen und Schüler eine signifikante Abnahme für die negativen Empfindungen beim Messen ($M_{diff} = -0,42$, $SE_{diff} = 0,08$, $T(83) = 4,83$; $p = .000$) (Abbildung 27). So stimmen zu Beginn der Intervention 36,5% der Schülerinnen und Schüler der Aussage zu, dass Messen gefährlich ist, während dies direkt nach der Intervention nur noch 30,6 und einen Monat danach nur noch 20,9% der Schülerinnen und Schüler tun.

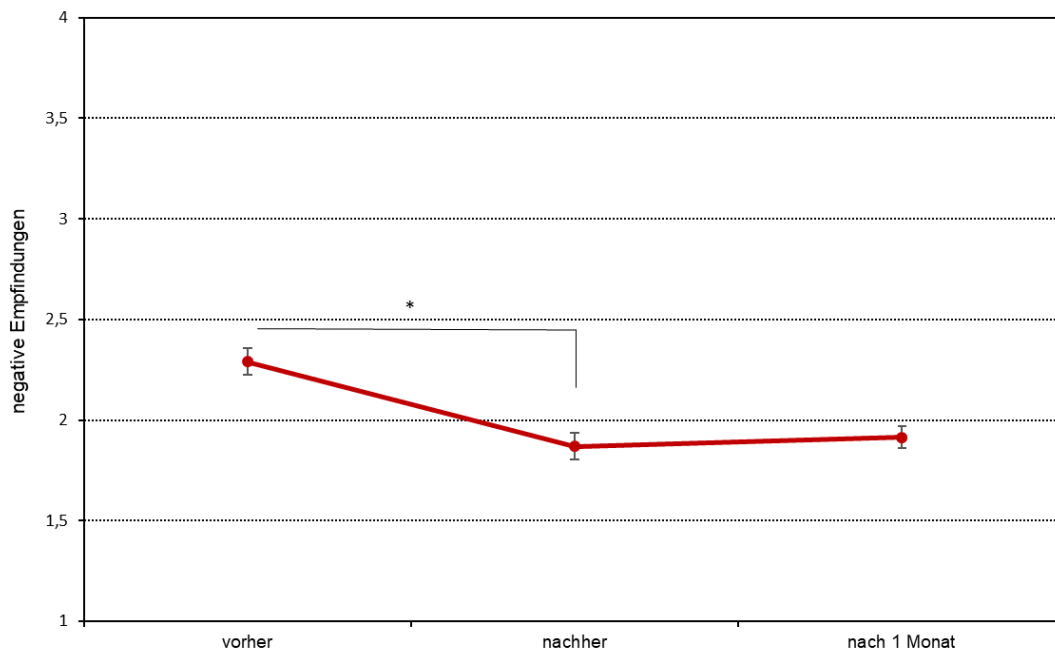


Abbildung 27: Veränderung der negativen Empfindungen vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention

Um zu untersuchen, inwieweit diese Entwicklung von den negativen Empfindungen zu Beginn der Intervention abhängen, wurde eine Korrelation zwischen der Ausprägung der negativen Empfindungen zwischen den drei Messzeitpunkten gerechnet (Tabelle 44). Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen vor und direkt nach der Intervention ($r = 0,18$, $p = .103$) und einen starken signifikanten Zusammenhang direkt nach und einen Monat nach der Intervention. Der geringe Zusammenhang zwischen den ersten beiden Messzeitpunkten weist auf eine Veränderlichkeit durch den Unterricht hin.

Tabelle 44: Korrelationstabelle für die negativen Empfindungen vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer

(1)

(2)

Empirischer Teil

(1) vorher	-	
(2) nachher	0,18	-
(3) einen Monat nachher	0,27	0,59**

Welche Gestaltungsmerkmale des problemorientierten Unterrichts sich dabei besonders begünstigend zeigen (Fragestellung 17a), wurde mit Hilfe einer ANOVA mit Messwiederholung analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 45 dargestellt. Hier zeigt sich lediglich die Begleitung durch die Lehrkraft signifikant auf die kurzfristige (vorher/nachher) Entwicklung des Interesses auszuwirken.

Tabelle 45: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Interaktion mit den Gestaltungsmerkmalen des Unterrichts und den negativen Empfindungen (n = 89 SuS)

	Authentizität		Ablauf		Begleitung		Kooperative Lernformen		Handlungsorientierung	
	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2
Neg. Empfindungen	3,32	0,04	3,32	0,04	19,28***	0,31	0,07	0,00	0,22	0,01

Anmerkung. Angaben unter Kontrolle des Geschlechts. * $p < .05$ ** $p < .01$, *** $p < .001$ ¹fehlende Angaben zur Handlungsorientierung von n = 27 Schülerinnen und Schülern

Schülerinnen und Schüler, welche eine anleitende und betreuende Begleitung erhalten, zeigen dabei eine signifikante Abnahme ihrer negativen Empfindungen ($M_{diff} = 1,19$, $SE_{diff} = 0,21$, $T(20) = -5,70$, $p = .000$) (Abbildung 28). Auch Schülerinnen und Schüler mit tutorieller Begleitung zeigen eine geringe signifikante Abnahme ($M_{diff} = 0,18$, $SE_{diff} = 0,07$, $T(58) = 2,46$, $p = .017$). Fehlt hingegen die Begleitung, zeigen sich keine Veränderung der negativen Empfindungen. Im Vergleich zu der Gruppe erweisen sich Schülerinnen und Schüler mit anleitender und betreuender Begleitung auch zu Beginn als die Gruppe mit den höchsten negativen Empfindungen ($M_{diff} = 1,08$, $SE_{diff} = 0,13$, $T(85) = 8,07$, $p = .000$).

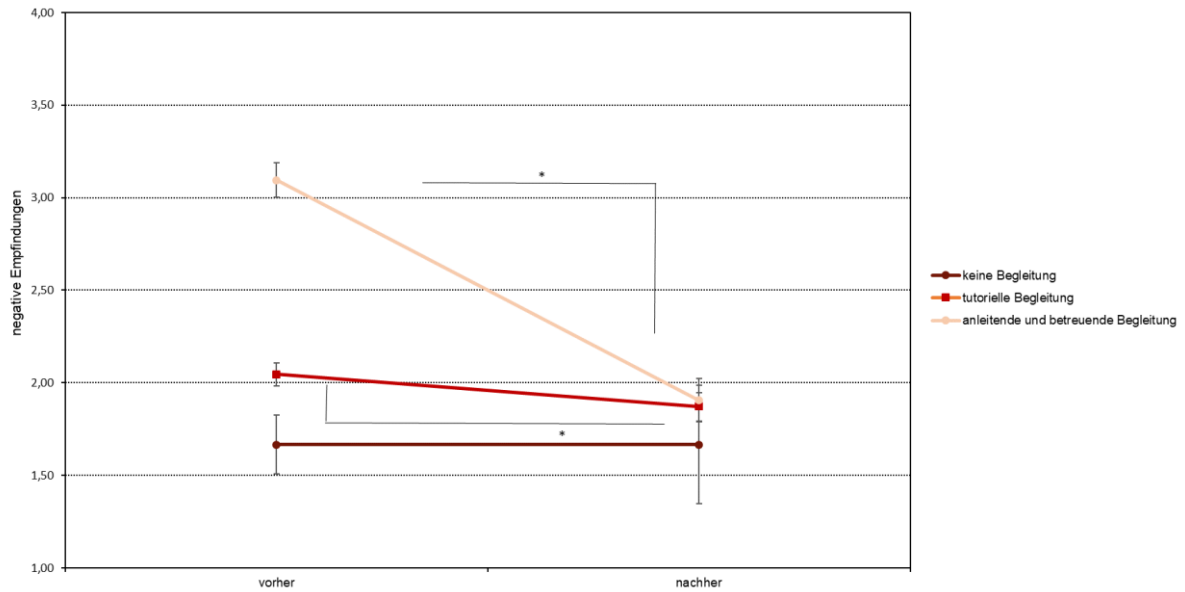


Abbildung 28: Veränderung negativen Empfindungen für die Begleitung durch die Lehrkraft

Arbeiten Schülerinnen und Schüler in Partner- oder Gruppenarbeiten, erleben sie eine geringe signifikante Abnahme ihrer negativen Empfindungen ($M_{diff} = 0,41$, $SE_{diff} = 0,09$, $T(77) = 4,50$, $p = .000$). Im Unterricht, in denen Schülerinnen und Schüler sich hingegen im Plenum kooperativ austauschen, zeigt sich diese Abnahme nicht (Abbildung 29).

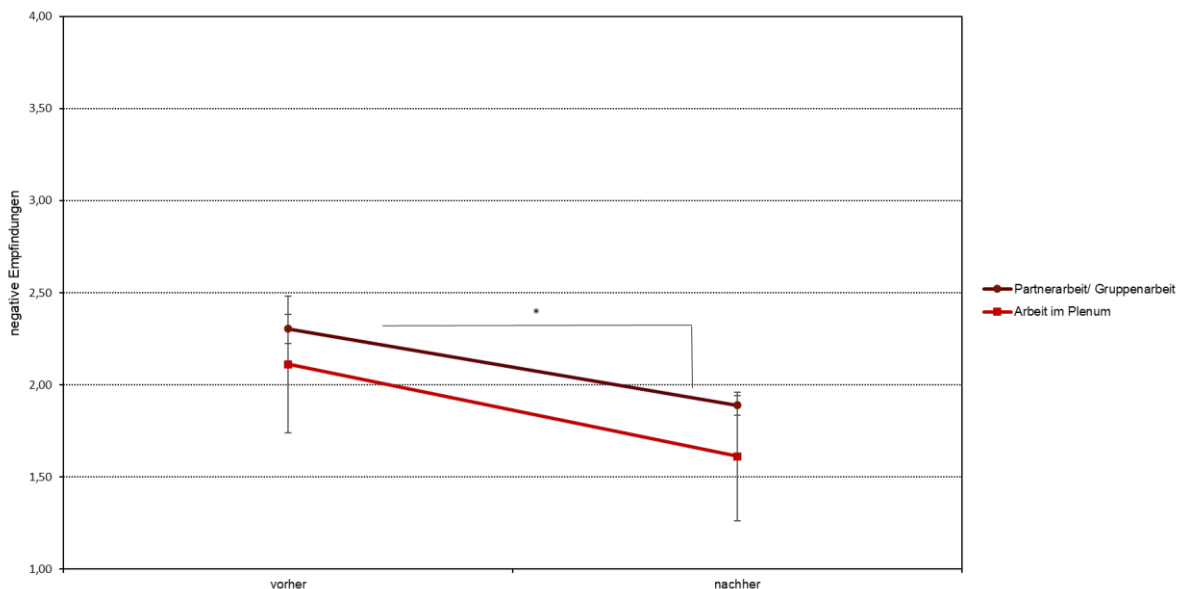


Abbildung 29: Veränderung negativen Empfindungen für die kooperativen Lernformen

Schülerinnen und Schüler mit mehr Zeit für handlungsorientierte Tätigkeiten zeigen ebenfalls eine geringe signifikante Abnahme ihrer negativen Empfindungen ($M_{diff} = 0,57$, $SE_{diff} = 0,13$, $T(48) = 4,26$, $p = .000$), der sich bei kurzer Zeit nicht zeigt (Abbildung 30).

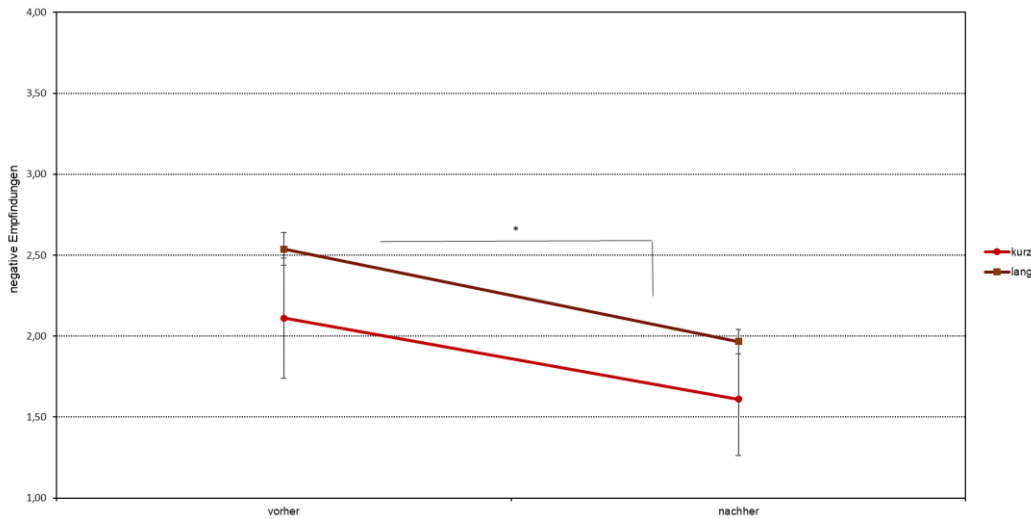


Abbildung 30: Veränderung negativen Empfindungen für Handlungsorientierung

Inwieweit Mädchen und Jungen dabei Unterschiede in ihren negativen Empfindungen aufweisen (Fragestellung 17b), zeigt Abbildung 31. Die Gruppen zeigen hinsichtlich ihrer negativen Empfindungen zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikante Unterschiede. Dabei zeigt sich kurzfristig eine signifikante Abnahme negativer Empfindungen sowohl für die Jungen ($M_{diff} = 0,36$, $SE_{diff} = 0,15$, $T(36) = 2,47$, $p = .018$) als auch die Mädchen ($M_{diff} = 0,47$, $SE_{diff} = 0,11$, $T(46) = 4,41$, $p = .000$). Dieser zeigt sich auch über einen Monat hinweg stabil.

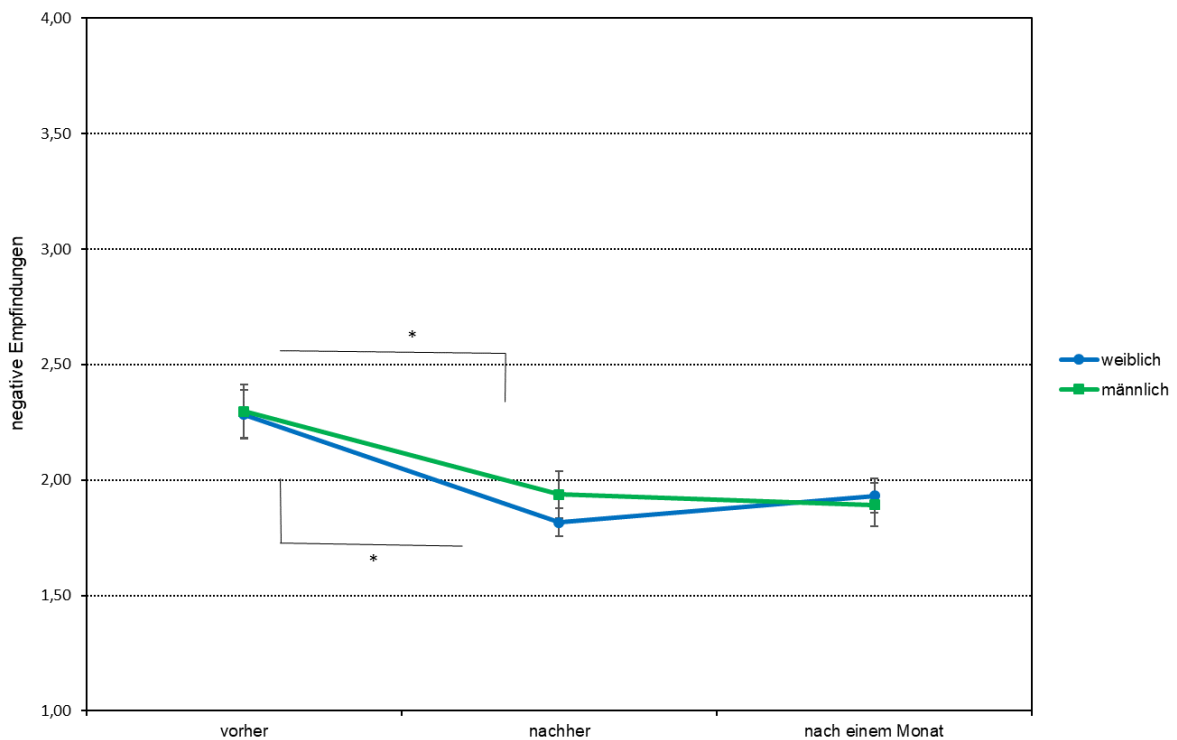


Abbildung 31: Veränderung der negativen Empfindungen von Jungen (n = 38) und Mädchen (n = 51)

Empirischer Teil

Diese Entwicklung erweist sich in einer ANOVA mit Messwiederholung für Jungen und Mädchen jedoch als nicht signifikant von den Gestaltungsmerkmalen des Unterrichts beeinflusst (Tabelle 46). Jungen und Mädchen scheinen daher die Gestaltungsmerkmale als ähnlich interessenweckend wahrzunehmen.

Tabelle 46: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts und dem kurzfristigen wertbezogenen, affektiven Interesse und negativen Empfindungen

	Authentizität		Ablauf		Begleitung		Kooperative Lernformen		Handlungsorientierung	
	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2
Neg. Empfindungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,01	0,12	0,00	0,94	0,02

Anmerkungen. Alle Angaben sind unter Kontrolle des Geschlechts. * $p < .05$ ** $p < .01$, *** $p < .001$

5.4.2.3 Wirkung auf die nachhaltige Verhaltensänderung

Inwieweit sich die Interessenveränderung auch nachhaltig auf das Verhalten der Schülerinnen und Schüler in ihrem Alltag zeigt (Fragestellung 18), wurde direkt nach der Intervention und einen Monat danach abgefragt.

Dabei zeigt sich direkt nach der Intervention eine mittlere Ausprägung, die einen Monat danach eine leichte signifikante Abnahme aufweist ($M_{diff} = 0,33$, $SE_{diff} = 0,07$, $p < .001$) (Abbildung 32). Schülerinnen und Schüler stimmen dabei direkt nach der Intervention zu 53,7% der Aussage zu, dass *sie versuchen werden, das Gelernte zu Hause umzusetzen.*“ (bzw. *ich habe versucht, das Gelernte zu Hause umzusetzen*“). Einen Monat später stimmen 47,1% der Schülerinnen und Schüler dieser Aussage zu.

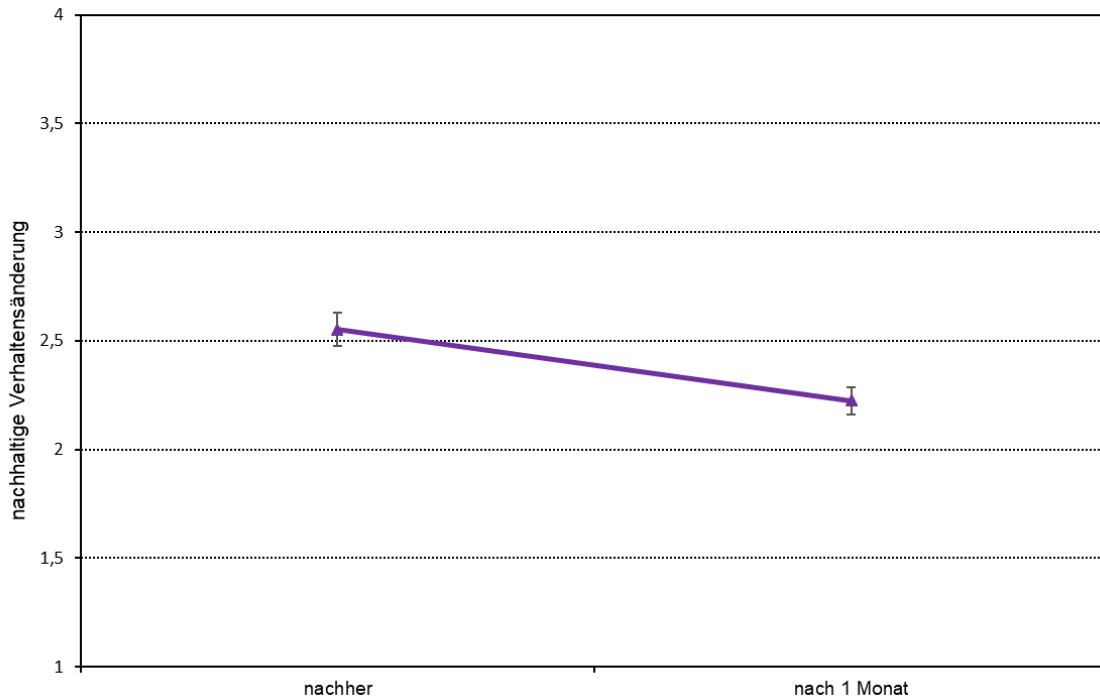


Abbildung 32: Entwicklung des nachhaltigen Verhaltens

Dabei zeigen sich mittlere signifikante Korrelationen zwischen dem Messzeitpunkt t1 und t2 für die nachhaltige Verhaltensänderung (Tabelle 47). Schülerinnen und Schüler, die direkt nach der Intervention hohe Werte in der Skala aufweisen, zeigen also nur zum Teil auch danach noch hohe Werte in dieser Skala.

Tabelle 47: Korrelationstabelle für die nachhaltige Verhaltensänderung direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer

		(1)
(1)	Nachher	
(2)	einen Monat nachher	0,48**

Darüber hinaus wird untersucht, inwieweit die nachhaltige Wirkung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer durch die Gestaltung des Unterrichts beeinflusst wird (Fragestellung 18a). Aus diesem Grund wurde eine ANOVA mit Messwiederholung für die Entwicklung des nachhaltigen Verhalten im Zeitraum nach der Unterrichtseinheit bis einen Monat danach berechnet. Tabelle 48 zeigt dabei die Ergebnisse für den Einfluss der Gestaltungsmerkmale des problemorientierten Unterrichts auf die nachhaltige Umsetzung. Dabei zeigen sich für die nachhaltigen Verhaltensänderungen keine signifikanten Einflüsse.

Empirischer Teil

Tabelle 48: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts und nachhaltigem Verhalten

	Authentizität		Ablauf		Begleitung		Kooperative Lernformen		Handlungsorientierung	
	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2	<i>F</i>	η^2
Nachhalt. Verhalten	0,73	0,01	0,73	0,01	1,10	0,34	0,02	0,00	0,13	0,00

Anmerkungen. Alle Angaben sind unter Kontrolle des Geschlechts. * $p < .05$ ** $p < .01$, *** $p < .001$

Um der Frage nachzugehen, inwieweit sich Jungen und Mädchen in der nachhaltigen Verhaltensänderung unterscheiden (Fragestellung 18b), wurde ein T-Test für die Ausprägung zu den zwei Messzeitpunkten und ein Mittelwertsvergleich für verbundene Stichproben berechnet. Dabei zeigen sich für die Mädchen eine signifikante Abnahme der Verhaltensänderung, während Jungen in ihrer Zustimmung stabil bleiben.

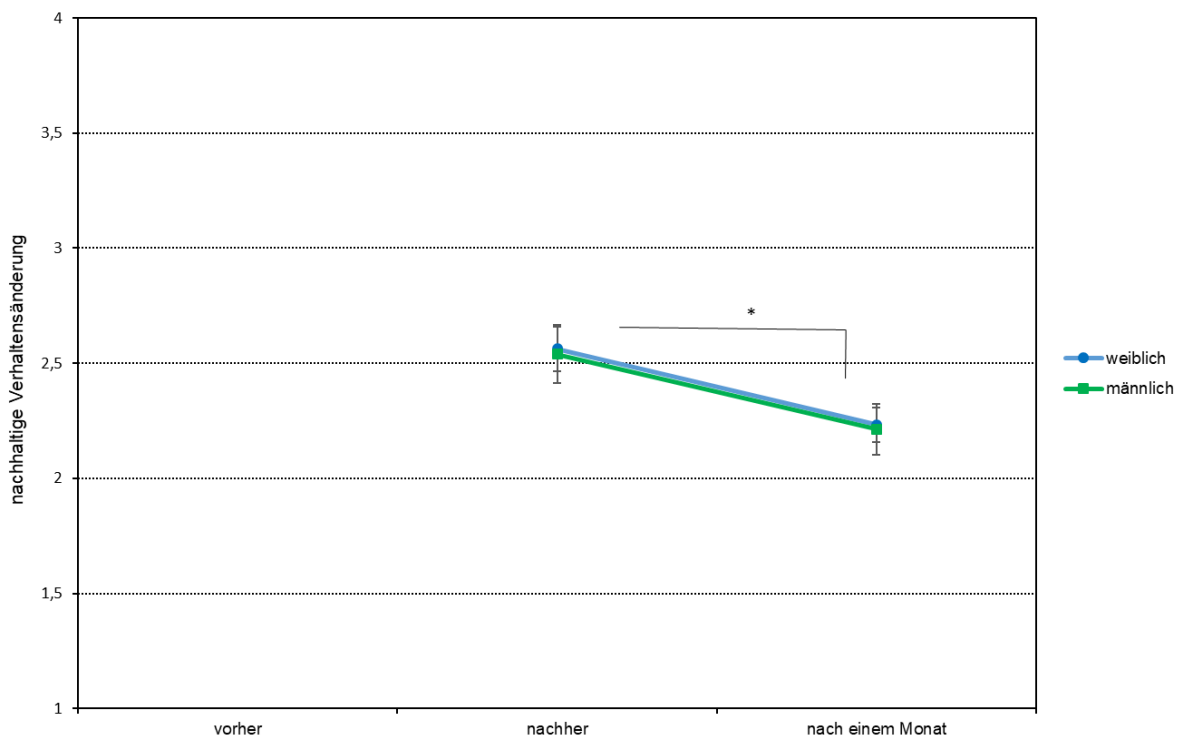


Abbildung 33: Entwicklung des nachhaltigen Verhaltens für Jungen (n = 36) und Mädchen (n = 43)

5.4.3 Zusammenfassung und Diskussion Teilstudie 2

Die zweite Teilstudie ging der Frage nach, wie der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer wirkt. Dabei wurden Wirkungen auf das Interesse, die negativen Empfindungen und das Verhalten analysiert. Neben der kurz- und langfristigen Interessenentwicklung wurden Einflüsse des Unterrichts und des Geschlechts untersucht. Die Untersuchungsgrundlage bildeten die

Schülerfragebögen zu Beginn, direkt nach dem Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer und einen Monat danach.

Die Ergebnisse zeigten, dass Schülerinnen und Schüler nach dem Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer ein signifikant höheres Interesse am Messen aufwiesen als vorher (Fragestellung 17). Dies zeigte sich sowohl in der wertbezogenen als auch der affektiven Komponente des Interesses. Die Schülerinnen und Schüler erreichten insgesamt am Ende im Durchschnitt ein überdurchschnittlich hohes Interesse am Messen, welches auch über einen Monat hinweg stabil blieb. Einen besonderen Einfluss schien dabei die Begleitung der Lehrkraft insbesondere bei Schülerinnen und Schüler zu haben, deren Interesse zu Beginn noch gering ausgeprägt war (Fragestellung 17a). Der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer scheint die Unterschiede hinsichtlich des Interesses der Schülerinnen und Schüler auszugleichen, so dass Schülerinnen und Schüler am Ende des Unterrichts ein ähnlich hohes Interesse zeigen. Für das affektive Interesse schienen darüber hinaus auch weitere Gestaltungsmerkmale des problemorientierten Lernens von Bedeutung zu sein. Für den Einfluss der Gestaltungsmerkmale muss jedoch einschränkend erwähnt werden, dass sie nicht auf der Perspektive der Schülerinnen und Schüler beruhen, sondern lediglich aus Sicht der Lehrkräfte beschrieben wurden. Wie Schülerinnen und Schüler den Unterricht daher tatsächlich wahrnehmen, könnte von der Beschreibung der Lehrkräfte abweichen.

Die Ausprägung des Interesses zu Beginn der Unterrichtseinheit schienen dabei einen größeren Einfluss zu haben als das Geschlecht. So konnten zwischen Jungen und Mädchen weder Unterschiede hinsichtlich der Ausprägungen noch der Entwicklung der Interessen und negativen Empfindungen gefunden werden. Jungen und Mädchen profitierten dabei gleichermaßen vom Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer (Fragestellung 17b). So zeigten beide Gruppen direkt nach und einen Monat nach der Unterrichtseinheit im Mittel ein höheres Interesse als zu Beginn. Für lebensweltbezogene und anwendungsorientierte Lernumgebung ist dies jedoch keine neue Erkenntnis (Hannover, 1992; Hannover & Kessels, 2002; Häussler & Hoffmann, 1995).

Einen deutlichen Rückgang erlebten zudem die negativen Empfindungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Messen im Verlauf des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer (Fragestellung 17). Im Rahmen einer eher engen Betreuung durch die Lehrkraft konnten Schülerinnen und Schüler ihre negativen Empfindungen gegenüber dem Messen besonders stark reduzieren und auch über einen Monat hinweg stabil halten (Fragestellung 17a). Parallel zu der Interessenentwicklung ließ sich auch für Jungen und Mädchen gleichermaßen ein Rückgang der negativen Empfindungen direkt und einen Monat nach der Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer im Vergleich zu Beginn zeigen (Fragestellung 17b). Dies ist

gerade im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts eine positive Erkenntnis, da dieser oftmals mit negativen Assoziationen verknüpft ist. Schülerinnen und Schüler empfinden beispielsweise den Physikunterricht oftmals als schwierig oder weisen Ängste auf (acatech/VDI, 2009).

Auch über die Unterrichtseinheit hinaus berichteten Schülerinnen und Schüler, dass die Unterrichtseinheit auch nachhaltig in ihren Alltag wirkt, was von einem Teil der Schülerinnen und Schülern auch nach einem Monat noch bestätigt wurde (Fragestellung 18). Hier konnten die untersuchten Gestaltungsmerkmale des Unterrichts keinen Hinweis auf begünstigende Merkmale liefern (Fragestellung 18a) Insgesamt zeigte sich dabei eine geringe signifikante Abnahme sowohl für die Jungen als auch die Mädchen (Fragestellung 18b).

Einschränkend für die zweite Teilstudie bleibt anzumerken, dass der Unterricht und der Ergonomie-Messkoffer in der vorliegenden Studie nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. So muss die Wirkung des Ergonomie-Messkoffers immer im systematischen Zusammenhang des Unterrichts diskutiert werden. Denn im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer zeigen sich unterschiedliche Faktoren, die vermutlich zu der positiven Wirkung beitragen. Die Ergebnisse stehen dabei größtenteils im Einklang mit der bisherigen Forschung. Auch bisherige Studien berichten, dass eine Lernumgebung mit hohem Lebensweltbezug oftmals mit höherem Interesse einhergeht (Bayrhuber et al., 2007; Daniels, 2008; Ferdinand, 2014; Furtak & Kunter, 2012; Gräber & Lindner, 2009; Häussler & Hoffmann, 1995).

Im Einklang mit bestehenden Befunden aus der Schülerlaborforschung erwiesen sich authentische Problemstellungen sowie kooperative und handlungsorientierte Lernformen in der vorliegenden Studie als förderlich für das Interesse der Schülerinnen und Schüler und günstig für den Abbau negativer Empfindungen (Engeln, 2004; Guderian & Priemer, 2008; Nachtigall et al., 2018; Pawek, 2009). Während ein Ziel in Schülerlaboren meist ist, die Disziplin oder das jeweilige Fach möglichst authentisch darzustellen, stand im untersuchten Unterricht zum Teil auch die Authentizität des Kontexts im Mittelpunkt der Lernumgebung. Hinsichtlich der Interessenentwicklung scheinen sich hier jedoch keine Unterschiede zu finden. Im Vergleich zu den Befunden aus Schülerlaboren konnte darüber hinaus das Interesse im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer jedoch auch langfristig aufrechterhalten werden. Hier scheint die Einbettung in den Unterricht den erwartungsgemäßen Unterschied darzustellen. Denn durch eine fachliche Einbettung von Experimenten und Messungen in den Unterricht, wird neben dem Wissen auch das Interesse daran besser mit dem bestehenden Wissen aus dem Unterricht verknüpft (Ferdinand, 2014). Auch die Auswirkungen auf das Verhalten und die Integration im Alltag der Schülerinnen und Schüler betont die nachhaltige positive Wirkung.

Die positiven Entwicklungen im Interesse von Jungen und Mädchen gleichermaßen entsprechen dabei den vorher aufgestellten Erwartungen. Denn mit dem Ergonomie-Messkoffer

wurde ein Experimentier- und Messkoffer untersucht, der sowohl die quantitativ physikalischen Aspekte des Messens als auch gesundheitsrelevante und soziale Aspekte der Ergonomie berücksichtigt. Damit werden zwei Facetten der Naturwissenschaften und Technik vereint, von denen in bisherigen Forschungen eine mehr Jungen und die andere mehr Mädchen ansprach (Häussler & Hoffmann, 1995; Krapp & Prenzel, 2011; Schiepe-Tiska, Simm et al., 2016). Diese Facetten zu vereinen scheint damit eine vielversprechende Möglichkeit zu sein, um das Interesse von Schülerinnen und Schüler zu fördern und damit eine Offenheit für den jeweils anderen Aspekt von Naturwissenschaften und Technik zu wecken.

Des Weiteren hervorzuheben bleibt, dass das Interesse, die negativen Empfindungen und das Verhalten zum ersten Erhebungszeitpunkt nur mittelstark mit dem Interesse zum zweiten Zeitpunkt zusammenhängen. Dies weist darauf hin, dass das situationale Interesse am Messen, die negativen Empfindungen und das Verhalten veränderbar sind und durch einen anregenden Unterricht gefördert werden können. Die Befunde stehen damit in Einklang mit Annahmen der Interessengenese nach Krapp (2005). Gleichzeitig muss jedoch auch betont werden, dass die Befunde die Annahme unterstützen, dass es sich dabei um ein situationales Interesse handelt. Im Vergleich zum dispositionalen Interesse ist dies zwar leichter veränderbar, erweist sich auf die Dauer jedoch als weniger stabil und muss von außen stärker angeregt werden (Hidi & Renninger, 2006).

Einschränkend für die Ergebnisse muss erwähnt werden, dass die vorliegende Studie die Einstellungen, das Vorwissen (Aebli, 1980, Seidel, 2003), die Erfahrungen und die Persönlichkeitseigenschaften der Schülerinnen und Schüler unberücksichtigt lässt. Dabei zeigen sich diese in der Forschung jedoch als relevante Einflussfaktoren für die Wahrnehmung und Motivation im Unterricht. So könnte man beispielsweise vermuten, dass die Lehrkräfte für den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer bereits sehr offene und technikaffine Schülerinnen und Schüler gewählt haben. Aus diesem Grund werden die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber Technik zusätzlich in Betracht gezogen.

5.5 Teilstudie 3: Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers

In der dritten Teilstudie wurden die Einstellungen der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler als Einflussfaktor auf die Akzeptanz berücksichtigt. Dazu wurden sie direkt nach der letzten Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer zu ihren Einstellungen zum Ergonomie-Messkoffer befragt. Im Folgenden werden die Lehrkräfte und die Schülerinnen und Schüler dabei getrennt betrachtet.

5.5.1 Die Rolle von Einstellungen der Lehrkräfte bei der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers

5.5.1.1 Methode

Stichprobe der Lehrkräfte

Um den Einfluss der Akzeptanz von Lehrkräften zu untersuchen, bestand für 9 der 10 befragten Lehrkräfte aus Teilstudie 1 (Kapitel 4.3.1) die Möglichkeit, sie direkt nach der letzten Unterrichtseinheit zu ihrer Akzeptanz zu befragen. Die genaue Beschreibung der Stichprobe kann Kapitel 5.3.1.1 entnommen werden.

Erhebungsinstrument für die Akzeptanz der Lehrkräfte

Die Akzeptanz und Einstellungen der Lehrkräfte wurden direkt im Anschluss an die Intervention mit Hilfe eines Fragebogens erhoben (Abbildung 34).

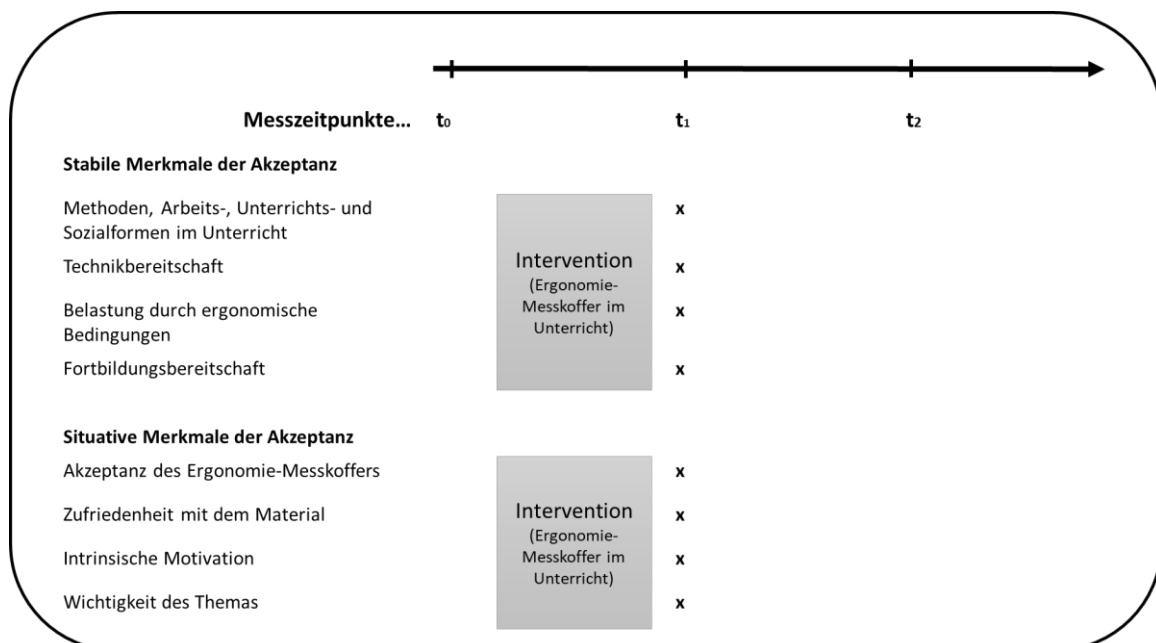


Abbildung 34: Messzeitpunkte der Akzeptanz und Einstellungen der Lehrkräfte

Die Akzeptanz der Lehrkräfte wurde anhand der Skalen zu Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht (Seidel, Prenzel & Kobarg, 2005), der Technikbereitschaft (Neyer et al., 2012) der Wichtigkeit des Themas und der Belastung durch ergonomische Bedingungen gemessen (Tabelle 49). Darüber hinaus wurde die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers, die Zufriedenheit mit dem Material, die intrinsische Motivation und die Wichtigkeit des Themas erhoben (Tabelle 50).

Basierend auf Seidel, Prenzel und Kobarg (2005) wurde die Skala zu *Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht* eingesetzt. Mittels 7 Items, schätzten die Lehrkräfte die Häufigkeit der Unterrichtsmethoden in ihrem Unterricht ein. Die Häufigkeit konnte auf einer 6stufigen Skala von „nie“ bis „in fast jeder Stunde“ angegeben werden.

Die Skala *Technikbereitschaft* nach Neyer, Felber & Gebhardt (2012) wurde mit 12 Items erhoben. Das 5-stufige Antwortformat reichte von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme völlig zu“. Diese setzt sich aus drei Unterkategorien zusammen: Technikakzeptanz, Technikkontrollüberzeugung und Technikkompetenzüberzeugung.

Die *Belastung durch ergonomische Bedingungen* wird anhand der 5 Items „Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz“, „Die Lärmverhältnisse an meinem Arbeitsplatz“, „Die Luftverhältnisse an meinem Arbeitsplatz“, „Die Klimaverhältnisse (Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit)“ und „Die Sitzverhältnisse an meinem Arbeitsplatz“ erfasst. Die Teilnehmer sollen diese auf einer 3stufigen Skala zwischen „stark“, „mittel“ und „kaum“ belastend angeben.

Tabelle 48 gibt einen Überblick über die untersuchten Skalen.

Tabelle 49: Skalen zu Einstellungen zu Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht, zur Technikbereitschaft, zur Belastung durch ergonomische Bedingungen

Skala	Beispielitem	nItems
Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht (Seidel, Prenzel & Kobarg, 2005)	„Im Unterricht argumentieren die Schülerinnen und Schüler.“	7
Technikbereitschaft (Neyer, Felber & Gebhardt, 2012)		
Technikakzeptanz	„Ich bin sehr neugierig auf neue technische Geräte.“	4
Technikkontrollüberzeugung	„Es liegt in meiner Hand, ob es mir gelingt, neue technische Geräte zu nutzen – mit Zufall oder Glück hat das wenig zu tun.“	4
Technikkompetenzüberzeugung	„Die Nutzung neuer technischer Geräte überfordert mich.“	4
Belastung durch ergonomische Bedingungen	„Die Lärmverhältnisse an meinem Arbeitsplatz“	5

Die *Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffer* wurden mit den vier Items „Ich finde, dass der Ergonomie-Messkoffer öfter im Unterricht verwendet werden sollte.“, „Ich würde gerne wieder mit dem Ergonomie-Messkoffer arbeiten“, „Ich würde den Ergonomie-Messkoffer auch in anderen Stunden einsetzen.“ und „Ich würde den Ergonomie-Messkoffer meinen Kollegen weiterempfehlen.“ erfasst. Für die Antwort stand eine 4stufige Likert-Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme völlig zu“ zur Auswahl.

Die *Zufriedenheit mit dem Material* wurde anhand der drei Items „Die Messgeräte waren leicht zu bedienen.“, „Die Messgeräte waren nützlich für den Unterricht“ und „Die zusätzliche Bedienungsanleitung war nützlich.“ erfasst. Das Antwortformat umfasst eine 4stufige Likert-Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme völlig zu“.

Die *intrinsische Motivation* wurde nach Prenzel et al. (1996) mit 3 Items erfasst. Das Antwortformat reichte von „nie“ bis „häufig“.

Die *Wichtigkeit des Themas* wurde anhand der 3 Items „Das Thema Ergonomie ist wichtig für die Schülerinnen“, „... wichtig für die Schule“ und „... wichtig für den Unterricht“ erfasst. Das Antwortformat umfasst eine 4stufige Likert-Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme völlig zu“.

Tabelle 50: Skalen zu Einstellungen gegenüber dem Ergonomie-Messkoffers, der Zufriedenheit mit dem Material, der intrinsischen Motivation, der Wichtigkeit des Themas

Skala	Beispielitem	nItems
Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers	„Ich würde gerne wieder mit dem Ergonomie-Messkoffer arbeiten.“	4
Zufriedenheit mit dem Material	„Die Messgeräte waren leicht zu bedienen.“	3
Intrinsische Motivation (in Anlehnung an Prenzel et al., 1996)	„In der/den vorangegangenen Stunde/n macht das Lehren richtig Spaß.“	3
Wichtigkeit des Themas	„Das Thema Ergonomie ist wichtig für den Unterricht.“	3

Darüber hinaus wurden die Angaben zum Unterricht aus Teilstudie 1 genutzt (Kapitel 5.3.2).

5.5.1.2 Ergebnisse Teilstudie 3 der Lehrkräfte

Im ersten Teil der dritten Teilstudie steht die Akzeptanz der Lehrkräfte im Mittelpunkt. Dabei wird der Frage nachgegangen, welche Einstellungen die untersuchten Lehrkräfte gegenüber innovativen Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen, gegenüber Technik, gegenüber Ergonomie (Fragestellung 19) sowie gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer, den zusätzlich bereitgestellten Materialien und dem Thema aufweisen (Fragestellung 20). Dabei sollen Hinweise auf mögliche Einflussfaktoren bei der Nutzung von Experimentier- und Messkoffer

gesammelt werden. Anschließend wird untersucht, inwieweit die Einstellungen bei der Unterrichtsdurchführung, -vorbereitung und langfristigen Implementation solcher Koffer eine Rolle spielen.

Einstellungen der Lehrkräfte

Um zu untersuchen, welche Einstellungen Lehrkräfte in Hinblick auf innovative Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen sowie hinsichtlich der Technikbereitschaft und der Belastung durch ergonomische Bedingungen mitbringen (Fragestellung 19), gibt Tabelle 51 zunächst einen Überblick über die Mittelwerte und die Standardabweichungen.

Tabelle 51: Ausprägung der Einstellungen der Lehrkraft gegenüber innovativen Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht, der Technikbereitschaft und der Belastung durch ergonomische Bedingungen

	Zustimmung ¹	<i>M</i>	<i>(SD)</i>
Innovative Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht			
Im Unterricht arbeiten die Schülerinnen an offenen, realistischen Problemstellungen	85,7%	4,24	(0,72)
Technikbereitschaft		3,76	(0,43)
Technikakzeptanz			
Ich bin stets daran interessiert, die neuesten technischen Geräte zu nutzen.	75,0%	3,43	(0,70)
Technikkompetenzüberzeugung			
Bei der Nutzung neuer technischer Geräte habe ich oft Angst, zu versagen.	37,5%	1,45	(0,40)
Technikkontrollüberzeugung			
Es hängt im Wesentlichen von mir ab, ob ich neue technische Geräte erfolgreich nutze.	100,0%	4,14	(0,60)
Belastung durch ergonomische Bedingungen			
Die Lärmverhältnisse an meinem Arbeitsplatz belasten mich.	50,0%	1,69	(0,40)

Für die Ausprägung der innovativen Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht zeigt sich für die Lehrkräfte mit $M = 4,24$ ($SD = 0,72$) eine mittlere Nutzung innovativer Unterrichtsmethoden. 85,7% der Lehrkräfte stimmen zu, dass die Schülerinnen und Schüler in den letzten 10 Unterrichtsstunden mindestens in einer Stunde an offenen, realistischen Problemstellungen gearbeitet haben. Im Vergleich zur Technikbereitschaft und der Belastung durch ergonomische Bedingungen zeigt sich für das Konstrukt die größte Varianz zwischen den Lehrkräften. Für die Ausprägung der Technikbereitschaft werden die Unterskalen einzeln berichtet. Mit einem Mittelwert von $M = 3,43$ ($SD = 0,70$) ist die Technikakzeptanz durchschnittlich ausgeprägt. Zudem weist die Standardabweichung auf eine vergleichsweise starke Streuung hin. Darüber hinaus berichten nur wenige Lehrkräfte (38 %), dass sie bei der Nutzung technischer Geräte Angst haben, zu versagen. Dies spiegelt sich auch im niedrigen Mittelwert

($M = 1,45$; $SD = 0,40$) der gesamten Skala der Technikkompetenzüberzeugung wider. Alle Lehrkräfte stimmen zudem der Aussage zu, dass es im Wesentlichen von ihnen abhängt, neue technische Geräte erfolgreich zu nutzen. Auch der Mittelwert der Technikkontrollüberzeugung von $M = 4,14$ ($SD = 0,60$) weist darauf hin, dass die befragten Lehrkräfte im Mittel eine hohe Ausprägung der Technikkontrollüberzeugung aufweisen. In Hinblick auf die ergonomischen Bedingungen weisen die Lehrkräfte eine mittlere Belastung durch ergonomische Bedingungen auf. So zeigt die Hälfte der Lehrkräfte, dass sie eine mittlere oder hohe Belastung durch die Lärmverhältnisse an ihrem Arbeitsplatz erleben.

Um zu untersuchen, welche Merkmale die Lehrkräfte hinsichtlich des Ergonomie-Messkoffers aufweisen (Fragestellung 20), wurde die intrinsische Motivation, die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers, die Zufriedenheit mit den Materialien und die Wichtigkeit des Themas abgefragt (Tabelle 52). Lehrkräfte weisen hier hohe Werte der intrinsischen Motivation auf ($M = 3,71$; $SD = 0,36$) und stimmen dabei zu 87,5% der Aussage zu, dass sie die Sache so faszinierte, dass sie sich voll einsetzten. Darüber hinaus zeigen sie eine hohe Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers ($M = 3,28$; $SD = 0,70$) und würden beispielsweise zu 87,5% gern wieder mit dem Ergonomie-Messkoffer arbeiten. Auch die hohe Zufriedenheit mit den zusätzlichen Materialien ($M = 3,57$; $SD = 0,37$) zeigen 87,5 % Lehrkräfte unter anderem in der Zustimmung auf die Aussage, dass die Messgeräte leicht zu bedienen waren. Auch die Wichtigkeit des Themas schätzen die Lehrkräfte hoch ein ($M = 3,33$; $SD = 0,51$). So sind 87,5% der Lehrkräfte der Meinung, dass das Thema Ergonomie wichtig für den Unterricht sei.

Tabelle 52: Ausprägung der intrinsischen Motivation, der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers, der Zufriedenheit mit den Materialien und der Wichtigkeit des Themas)

	Zustimmung*	M	(SD)
Intrinsische Motivation			
... hat mich die Sache so fasziniert, dass ich mich voll eingesetzt habe.	87,5%	3,71	(0,36)
Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers			
Ich würde gerne wieder mit dem Ergonomie-Messkoffer arbeiten.	87,5%	3,28	(0,70)
Zufriedenheit mit den Materialien			
Die Messgeräte waren leicht zu bedienen.	87,5%	3,57	(0,37)
Wichtigkeit des Themas			
Das Thema Ergonomie ist wichtig für den Unterricht.	87,5%	3,33	(0,51)

Anmerkung. * die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst

Insgesamt scheint sich die Stichprobe der untersuchten Lehrkräfte insbesondere durch eine hohe intrinsische Motivation im Unterricht, der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers, der Wichtigkeit des Themas und insbesondere in der Zufriedenheit der zusätzlichen Materialien auszuzeichnen. Hinsichtlich der Einstellungen zu innovativen Methoden im Unterricht, zum

Umgang mit Technik und der Belastung durch ergonomische Bedingungen zeigen die Lehrkräfte eine durchschnittliche bis hohe Ausprägung.

Zusammenhänge zwischen Einstellungen der Lehrkräfte und ihrem Aufwand in der Vorbereitung und langfristigen Implementation

In einem zweiten Schritt wird nun der Frage nachgegangen, inwieweit die Einstellungen der Lehrkräfte eine Rolle bei der Unterrichtsvorbereitung sowie bei der langfristigen Implementation spielen (Fragestellung 21). Dieser Frage wird methodisch mit Hilfe von Korrelationen nachgegangen.

Tabelle 53 zeigt dabei die Ergebnisse der Korrelationen zwischen Einstellungen der Lehrkraft und der Vorbereitungszeit sowie der langfristigen Implementation. Die Ergebnisse der Tabelle zeigen, dass die Erfahrung mit innovativen Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen nicht mit einer längeren oder kürzeren Vorbereitungszeit bei den Lehrkräften einhergeht. Auch die Technikbereitschaft insgesamt, sowie die Technikakzeptanz und die Technikkompetenzüberzeugung, die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers und die Zufriedenheit mit den Materialien weisen keine signifikanten Zusammenhänge zur Vorbereitungszeit auf.

Tabelle 53: Korrelation zwischen Einstellungen und Vorbereitungszeit und langfristigen Implementation

	Vorbereitungszeit	Langfristige Maßnahmen
(1) Innovative Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen	0,08	-0,47
(2) Technikbereitschaft	- 0,51	0,12
(3) Technikakzeptanz	0,06	0,22
(4) Technikkompetenzüberzeugung	- 0,53	-0,21
(5) Technikkontrollüberzeugung	- 0,78*	0,16
(6) Belastung durch ergonomische Bedingungen	0,69*	-0,06
(7) Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers	0,00	0,28
(8) Zufriedenheit mit den Materialien	0,17	0,40
(9) Wichtigkeit des Themas	0,63*	-0,12

Anmerkungen. *p < .05, ** p < .01

Für die Technikkontrollüberzeugung lässt der signifikant negative Zusammenhang ($r = - 0,78$, $p < .05$) schließen, dass Lehrkräfte mit einer hohen Ausprägung der Technikkontrollüberzeugung gleichzeitig eine geringe Vorbereitungszeit aufweisen und Lehrkräfte mit einer geringen

Ausprägung der Technikkontrollüberzeugung eine hohe Vorbereitungszeit aufweisen. Der Zusammenhang wird in Abbildung 35 anhand eines Streudiagramms verdeutlicht. Die Belastung durch ergonomische Bedingungen weist einen signifikant positiven Zusammenhang ($r = 0,69$, $p < .05$) zur Vorbereitungszeit auf (Abbildung 36). Lehrkräfte der Stichprobe mit einer hohen Belastung durch ergonomische Bedingungen weisen gleichzeitig auch eine höhere Vorbereitungszeit auf. Wie aus Tabelle 53 hervorgeht zeigt sich auch für die Wichtigkeit des Themas und die Vorbereitungszeit ein signifikanter positiver Zusammenhang ($r = 0,63$, $p < .05$). Wie Abbildung 37 dazu anschaulich darstellt, zeigen einige Lehrkräfte mit einer hohen Vorbereitungszeit auch hohe Ausprägungen der Wichtigkeit des Themas.

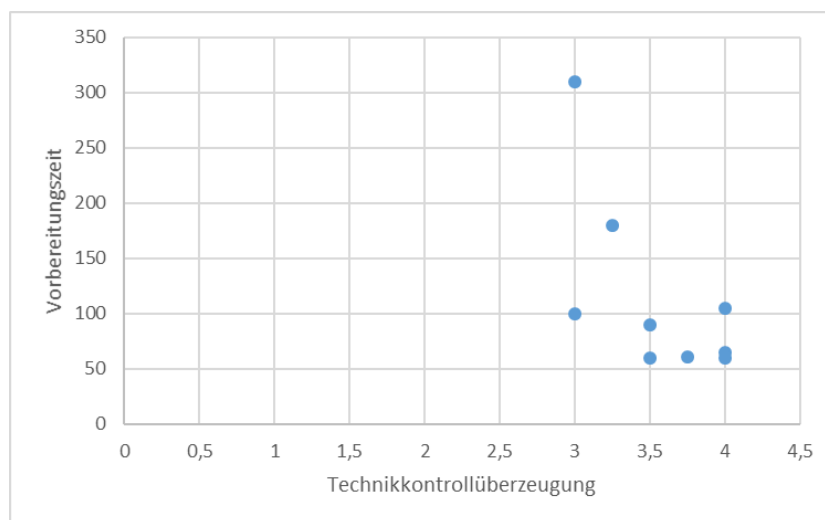


Abbildung 35: Zusammenhänge zwischen der Vorbereitungszeit und der Technikkontrollüberzeugung

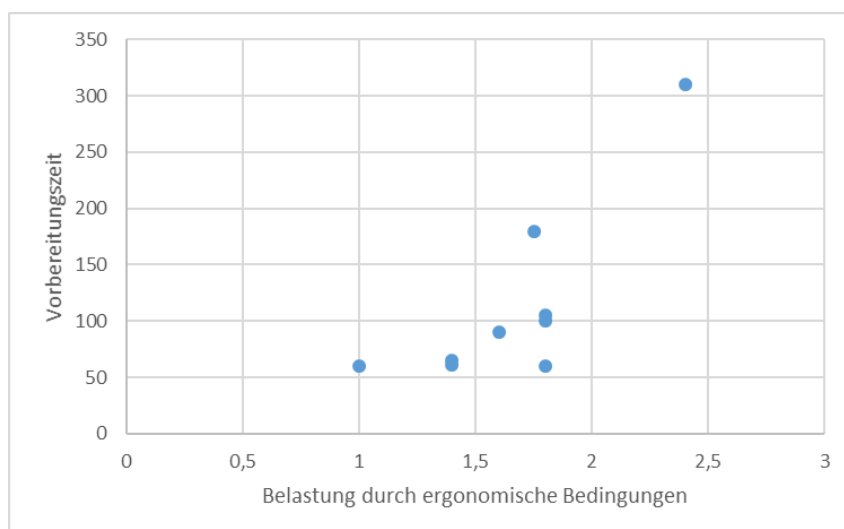


Abbildung 36: Zusammenhänge zwischen der Vorbereitungszeit und der Belastung durch ergonomische Bedingungen

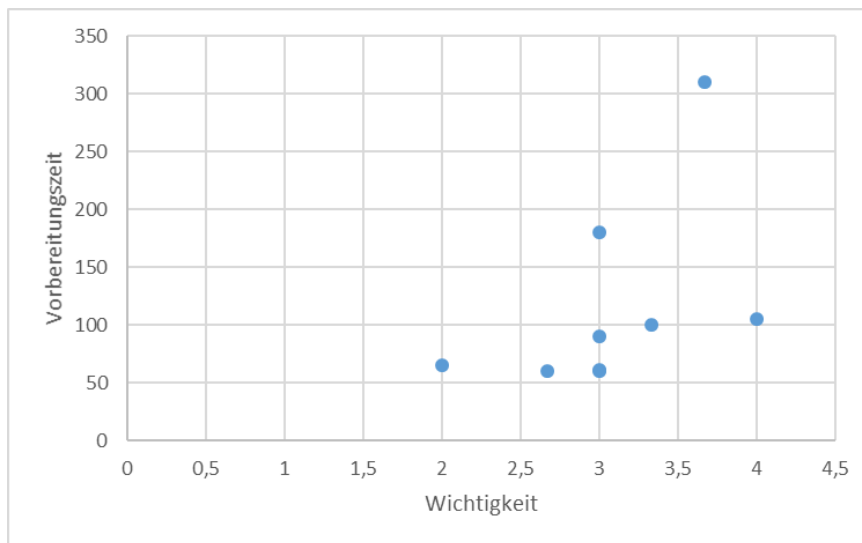


Abbildung 37: Zusammenhang zwischen der Wichtigkeit des Themas und der Vorbereitungszeit

5.5.1.3 Zusammenfassung und Diskussion Teilstudie 3 der Lehrkräfte

In der dritten Teilstudie wurden Einflussfaktoren auf die Akzeptanz der Lehrkräfte und die Gestaltung des Unterrichts näher untersucht. Da die Lehrkräfte den Ergonomie-Messkoffer freiwillig nutzen, wird davon ausgegangen, dass eine hohe Akzeptanz auf Seiten der Lehrkräfte vorliegt. Mit der durchgeführten Untersuchung sollten dabei empirisch Einflussfaktoren untersucht werden, welche die Nutzung der Lehrkräfte erklären können. Untersuchungsgrundlage bildeten die Fragebögen der Lehrkräfte direkt im Anschluss an die Unterrichtseinheit.

In verschiedenen Studien konnte die zentrale Rolle der Lehrkraft bei der Implementation von neuen Unterrichtsmethoden oder Informations- und Kommunikationstechnologien bestätigt werden (Blumenfeld et al., 2000; Haag & Dann, 2001; Montrieux et al., 2014; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Sonntag et al., 1998; C.-C. Tsai, 2002). Hinsichtlich der Akzeptanz zeigen die Ergebnisse, dass die untersuchten Lehrkräfte im Mittel eine positive Einstellung gegenüber innovativen Unterrichtsmethoden und Technik sowie eine mittlere Belastung durch schlechte ergonomische Bedingungen am Arbeitsplatz erleben (Fragestellung 19). Auf Grund der Varianz der Einstellungen gegenüber innovativen Methoden bei den untersuchten Lehrkräften, scheint dies jedoch keine hinreichende Bedingung für die Nutzung solcher Koffer zu sein. Die Annahme, dass innovative Unterrichtsmaterialien wie Experimentier- und Messkoffer lediglich Lehrkräfte anspricht, die bereits schon innovative Methoden im Unterricht nutzen, kann damit nicht eindeutig bestätigt werden. Vielmehr könnte dies als Hinweis verstanden werden, dass Experimentier- und Messkoffer eine innovative Unterrichtsgestaltung für Lehrkräfte attraktiv macht, die sonst eher eine traditionelle Unterrichtsgestaltung bevorzugen.

Die hohe Ausprägung der Technikbereitschaft unter den Lehrkräften weist darauf hin, dass die untersuchten Lehrkräfte Technik und ihren technischen Fähigkeiten gegenüber optimistisch eingestellt sind. Diese Einstellung könnte ein bedeutsamer Faktor für die Nutzung von Experimentier- und Messkoffern sein. Gleichzeitig zeigt sich jedoch auch hier eine Varianz unter den Lehrkräften, die einen eindeutigen Einfluss nicht bestätigen kann. Zudem sprechen Studien Lehrkräften eine im Mittel positive Einstellung gegenüber Technik zu, der sie jedoch an der Schule auf Grund einer unzureichenden Ausstattung oftmals nicht nachgehen (Bitkom, 2011). Gleichzeitig zeigt sich, dass Lehrkräfte mit geringerem Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten mehr Zeit in die Vorbereitung des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer stecken (Fragestellung 21). Ob dies der Tatsache geschuldet ist, dass sie sich länger mit der Handhabung des Messgerätes auseinandersetzen oder ob sie in der längeren Beschäftigung mit dem Gerät die Grenzen ihrer eigenen Fähigkeiten feststellen, ist jedoch nicht bekannt.

Darüber hinaus wurde vermutet, dass Lehrkräfte mit dem Einsatz des Ergonomie-Messkoffers auch eine eigene Neugier zu ergonomischen Bedingungen an der Schule nachgehen wollen. Besonders dringend könnte diese Motivation sein, wenn die Lehrkräfte eine besonders hohe Belastung durch schlechte ergonomische Bedingungen an ihrem Arbeitsplatz erleben. Diese Annahme konnte jedoch auch nicht eindeutig belegt werden, da die Lehrkräfte ebenfalls starke Varianzen hinsichtlich dem Belastungserleben berichten. Jedoch zeigen die Ergebnisse, dass Lehrkräfte mit einem hohen Belastungserleben auch mehr Zeit mit der Vorbereitung verwenden (Fragestellung 21). So könnten Lehrkräfte vorbereitend einige Messungen im Klassenzimmer oder zu Hause machen, um ihr eigenes Interesse an ihrer Umgebung zu stillen.

In Hinblick auf das Alter und das Geschlecht zeigt sich die Stichprobe heterogen. Damit konnte die Studie Annahmen aus Modellen zu Bildungstechnologien nicht bestätigen, bei denen insbesondere von jüngeren und männlichen Personen der Einsatz von Bildungstechnologien erwartet wird (Eder, 2015). In der vorliegenden Studie scheinen sich sowohl junge Lehrkräfte wie auch erfahrene Lehrkräfte sowie Frauen und Männer angesprochen zu fühlen. Gründe für die breite Ansprache unter den Lehrkräften könnte in der Konzeption des Ergonomie-Messkoffers selbst liegen.

Denn hinsichtlich des Ergonomie-Messkoffers, der zusätzlich bereitgestellten Materialien und des Themas weisen die Lehrkräfte fast durchweg sehr positive Einstellungen auf, die mit einer hohen intrinsischen Motivation im Unterricht einhergeht (Fragestellung 20). So könnte die Integration des Ergonomie-Messkoffers aus technischen und sozialen Aspekten in einem authentischen Kontext dazu führen, dass sich nicht nur Schülerinnen und Schüler breiter angesprochen fühlen, sondern auch Lehrkräfte. Bedeutsam könnte hier das Thema Ergonomie sein, ein Thema, das mit seiner Nähe zu Aspekten des Wohlbefindens und der Gesundheit

insbesondere für Lehrkräfte von Relevanz sein könnte (Scheuch, Haufe & Seibt, 2015). Darüber hinaus wurde bei der Erstellung des Konzepts auf eine integrierte Implementation gesetzt, bei der Lehrkräfte bereits in den Prozess der Konzepterstellung eingebunden wurden. Dadurch konnte eine hohe Praxisorientierung erzielt werden, welche sich in bisherigen Studien als bedeutsam für Lehrkräfte erwies (Gräsel & Parchmann, 2004). Zudem könnte die Mischung aus technischen und sozialen Aspekten des Konzepts, die sich in verschiedenen Studien bereits für die Schülerinnen und Schüler als bedeutsam erwies, ebenso für die Lehrkräfte entscheidend sein.

Die folgende Studie geht dabei einher mit den Befunden, dass Einflussfaktoren wie die Nützlichkeit, die Realisierbarkeit, die Wichtigkeit, die Freiwilligkeit und die selbst eingeschätzten Kompetenzen günstige Voraussetzung für die Akzeptanz sind (Blumenfeld et al., 2000; Drossel et al., 2018; Haag & Dann, 2001; Lipowsky, 2010; Staub & Stern, 2002), da der Ergonomiemesskoffer, die Materialien und das Thema als besonders positiv eingeschätzt wurden. Zudem erwiesen sich Einflussfaktoren wie die Belastung und die Wichtigkeit als begünstigend für eine längere Vorbereitungszeit. Die Erfahrung mit innovativen Unterrichtsmethoden, das Alter und das Geschlecht konnten jedoch als Einflussfaktoren in der untersuchten Stichprobe nicht eindeutig identifiziert werden. Gleichzeitig muss man die Befunde auf Grund der geringen Stichprobengröße sowie der selektiven Auswahl mit Vorsicht betrachten.

Aus bildungspolitischer Sicht stellt sich dabei die Frage, wie Lehrkräfte zukünftig darin ermutigt werden können, Experimentier- und Messkoffer im Unterricht regelmäßig zu nutzen. Denn durch die Berücksichtigung von Bildungsstandards oder den Forderungen nach Inklusion steigt der Aufwand bei der Vorbereitung und Umsetzung des Unterrichts und die Belastung von Lehrkräften zunehmend an. Um Lehrkräfte darüber hinaus nicht zusätzlich zu belasten, kann jedoch das Vermeiden der Unterrichtsvorbereitung und insbesondere das Erproben neuer Unterrichtskonzepte keine Lösung sein. Vielmehr soll der Aufwand als weniger belastend durch die Lehrkräfte empfunden werden. Im Einklang mit Krebs (2009) zeigt sich hier die persönliche Bedeutsamkeit dieser Themen als begünstigend, dass Lehrkräfte den Aufwand nicht als belastend empfinden, sondern sich freiwillig für die Teilnahme entscheiden. Werden zudem in dem Unterricht mit dem Experimentier- und Messkoffer Lösungen erarbeitet, mit denen auch die Lehrergesundheit oder das Wohlbefinden von Lehrkräften im Unterricht verbessert werden könnte, kann hier ein doppelter Anreiz für Lehrkräfte gesetzt werden.

5.5.2 Die Rolle der Einstellung gegenüber Technik bei der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers durch die Schülerinnen und Schüler

Der zweite Teil der dritten Teilstudie untersucht, inwieweit die Akzeptanz von Technik allgemein und des Ergonomie-Messkoffers im Speziellen eine Rolle bei der Wirkung des Unterrichts auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler am Messen hat. Dazu wird analysiert, wie die Einstellung gegenüber Technik allgemein unter den Schülerinnen und Schüler der Interventionsstichprobe ausgeprägt ist. Mit Hilfe einer Kontrollstichprobe soll dabei untersucht werden, inwieweit Jugendliche der Interventionsstichprobe in ihren Einstellungen gegenüber Technik mit zufällig ausgewählten Jugendlichen des PISA 2015 Feldtests vergleichbar sind. Neben den Einstellungen gegenüber Technik wird für die Interventionsstichprobe des Weiteren die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers im Speziellen untersucht, um anschließend deren Rolle bei der Interessenentwicklung im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer herauszuarbeiten. Nach der Beschreibung der Methode (Kapitel 5.5.2.1) folgt daher im Folgenden eine Darstellung der Befunde (Kapitel 5.5.2.2).

5.5.2.1 Methode

Interventionsstichprobe der Schülerinnen und Schüler

Um die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber Technik allgemein und ihre Rolle in der Wirkung des Unterrichts auf die Interessenveränderung zu untersuchen, bestand für $n = 76$ Schülerinnen und Schüler aus Teilstichprobe 2 die Möglichkeit ihre Einstellungen zu erheben. Zur besseren Abgrenzung zur Kontrollstichprobe werden diese Schülerinnen und Schüler im zukünftigen Teil als Interventionsstichprobe bezeichnet. In Tabelle 54 wird die Zusammensetzung der Interventionsstichprobe erläutert. Diese wurde im Frühjahr 2014 abgefragt.

Tabelle 54: Merkmale der Interventionsstichprobe ($n = 76$) für die Cluster-Analyse

Kategorie	Unterkategorie	N	Häufigkeit
Geschlecht	Männlich	23	31,9 %
	Weiblich	49	68,1 %
Schulart	Gymnasium	68	89,5 %
	Mittelschule	8	10,5 %
Jahrgangsstufe	5 – 7	8	10,5 %
	8 – 9	57	75,0 %
	10 – 12	11	14,5 %

Aufgrund von Missings über die drei Testzeitpunkte konnten nur n = 53 Schülerinnen und Schüler der Interventionsstichprobe für Untersuchungen zur Interessenentwicklung herangezogen werden. Diese setzen sich folgendermaßen zusammen (Tabelle 55):

Tabelle 55: Merkmale der Interventionsstichprobe (n = 53) für weiterführende Analysen

Kategorie	Unterkategorie	N	Häufigkeit
Geschlecht	Männlich	19	35,8 %
	Weiblich	34	64,2 %
Schulart	Gymnasium	51	96,2 %
	Mittelschule	2	3,8 %
Jahrgangsstufe	5 – 7	2	3,8%
	8 – 9	41	77,4 %
	10 – 12	10	18,9 %

Kontrollstichprobe

Um eine Normierung der allgemeinen Akzeptanz gegenüber Technik der Schülerinnen und Schüler der Interventionsstichprobe vornehmen zu können, wurden Schülerinnen und Schüler befragt, welche in ihrem Unterricht nicht mit dem Ergonomie-Messkoffer gearbeitet haben. Damit sollen durch eine Normierung mögliche Abweichungen hinsichtlich der Akzeptanz von Technik allgemein identifiziert werden.

Tabelle 56: Merkmale der Kontrollstichprobe (n = 214 SuS)

Kategorie	Unterkategorie	N	Häufigkeit
Geschlecht	Männlich	103	48,1%
	Weiblich	111	51,9%
Schulart	Gymnasium	90	42,1
	Realschule	49	22,9%
	Mittelschule/Hauptschule	13	6,1%
	Sonstiges	52	28,9%
Jahrgangsstufe	5 – 7	1	0,5%
	8-9	129	60,2%
	10 – 12	84	39,3%

Um den Vergleich mit einer möglichst repräsentativen Gruppen von zufällig ausgewählten Jugendlichen aus Deutschland vorzunehmen, wurde sich im Folgenden für die PISA 2015 Feldteststichprobe als Kontrollstichprobe entschieden. Mit dem Programm of International Student Assessment („PISA“) wird in Deutschland das Schulsystem in regelmäßigen Abständen auf bestimmte Zielkriterien hin überprüft. In einem Feldtest werden die Messinstrumente und Prozesse ein Jahr vor der Hauptstudie vorab getestet. Die Stichprobe innerhalb der ausgewählten Bundesländer und Schularten wird dabei zufällig gezogen. Tabelle 56 gibt einen Überblick über die Verteilung der Kontrollstichprobe hinsichtlich des Geschlechts, der Schulart und der Jahrgangsstufen. Die Schülerinnen und Schüler sind alle 15 Jahre alt.

Erhebungsinstrumente der Akzeptanz der Schülerinnen und Schüler

Sowohl die Interventionsgruppe als auch die Kontrollgruppe wurden zu ihrer Akzeptanz von Technik allgemein anhand der drei Skalen zur Nutzung technischer Alltagsgeräte, zur Technikbereitschaft (mit den Unterskalen Technikakzeptanz, Technikkompetenzüberzeugung und Technikkontrollüberzeugung) und zu den Chancen und Risiken neuer Technologien befragt. Die Interventionsstichprobe wurde darüber hinaus zur Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers anhand der drei Skalen Akzeptanz des Messgeräts, Akzeptanz des Themas und intrinsische Motivation befragt. Die Interventionsstichprobe wurde zu ihrer Akzeptanz gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer direkt im Anschluss an die Unterrichtseinheit und zu ihrer allgemeinen Akzeptanz gegenüber Technik einen Monat nach Ende der Intervention befragt (Abbildung 38).

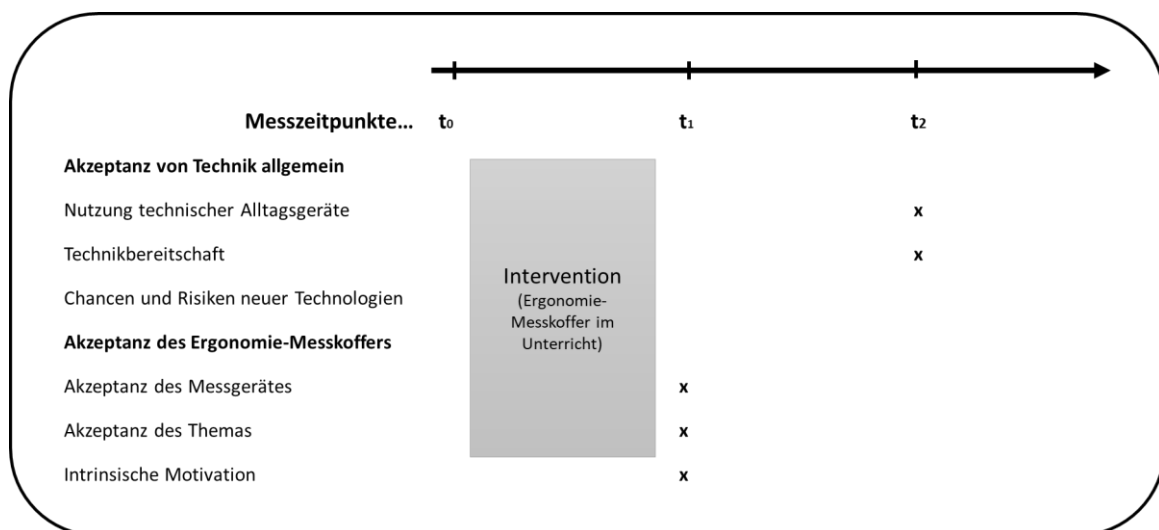


Abbildung 38: Messzeitpunkte der Akzeptanz der Schülerinnen und Schüler

Die *Akzeptanz des Messgeräts* wurde anhand von vier Items „Ich würde gerne mehr über die Funktionsweise des Messgerätes im Ergonomie-Messkoffer erfahren.“, „Ich würde gerne öfter im Unterricht mit Messgeräten arbeiten.“, „Ich würde den Ergonomie-Messkoffer auch gerne mal zu Hause ausprobieren.“, und „Ich würde gerne noch einmal mit dem Messgerät des Ergonomie-Messkoffers im Unterricht messen.“ erhoben.

Die *Akzeptanz des Themas* wurde mittels der vier Items „Ich würde mich gerne mehr mit dem Thema Ergonomie im Unterricht beschäftigen.“, „Ich werde auch nach dem Unterricht weiter über das Thema Ergonomie nachdenken.“ „Ich hätte gerne noch mehr Informationen zum Thema Ergonomie.“ und „Ich würde gerne in weiteren Experimenten mit dem Messgerät noch mehr über Ergonomie herausfinden.“ erfasst. Für die zwei Skalen hatten die Schülerinnen und Schüler im Antwortformat die Auswahl zwischen „stimme gar nicht zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme eher zu“ und „stimme ganz zu“.

Die *Intrinsische Motivation* wurde nach Prenzel et al. (1996, 2001) mittels drei Items erhoben. Die Einschätzungen erfolgten auf einer vierstufigen Antwortskala („nie“, „selten“, „manchmal“ und „häufig“).

Tabelle 57: Skalen zur Nutzung technischer Alltagsgeräte, Technikbereitschaft und Chancen und Risiken neuer Technologien

Skala	Beispielitem	n Items
Akzeptanz des Messgeräts (selbst erstellt)	„Ich würde gerne mehr über die Funktionsweise des Messgerätes im Ergonomie-Messkoffer erfahren.“	4
Akzeptanz des Themas (selbst erstellt)	„Ich würde mich gerne mehr mit dem Thema Ergonomie im Unterricht beschäftigen.“	4
Intrinsische Motivation	„verging die Zeit wie im Flug.“	3
Technikbereitschaft (Neyer, Felber & Gebhardt, 2012):		
Technikakzeptanz	„Ich bin sehr neugierig auf neue technische Geräte.“	4
Technikkontrollüberzeugung	„Es liegt in meiner Hand, ob es mir gelingt, neue technische Geräte zu nutzen – mit Zufall oder Glück hat das wenig zu tun.“	4
Technikkompetenzüberzeugung	„Die Nutzung neuer technischer Geräte überfordert mich.“	4
Chancen und Risiken neuer Technologien (PISA, 2015)	„In der Landwirtschaft kann genmanipuliertes Saatgut höhere Erträge produzieren.“	5
Nutzung technischer Alltagsgeräte (acatech, 2008)	Wie oft nutzt du folgende Dinge? „Computer, Laptop, Tablet-Computer“	11

Darüber hinaus wurden die Schülerinnen und Schüler mit der Frage „Wie ist dein *Gesamteindruck* der vorangegangenen Stunde/n mit dem Ergonomie-Messkoffer?“ aufgefordert, ihren Eindruck mit Hilfe von Schulnoten (von 1 = sehr gut bis 6 = ungenügend) explizit anzugeben. Die *Nutzung technischer Alltagsgeräte* (acatech, 2008) wurde aus dem Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften entnommen. Anhand von 11 technischen Alltagsgeräten wurden die Schülerinnen und Schüler gefragt wie oft sie folgende Anwendung nutzen. Die Befragten konnten zwischen den Antwortformaten „nie oder fast nie“, „ein oder zweimal im Monat“, ein- oder zweimal in der Woche“, „fast jeden Tag“ und „jeden Tag“ wählen.

Die *Technikbereitschaft* wurde nach der Skala von Neyer, Felber & Gebhardt (2012) mit 12 Items erhoben. Das Antwortformat reichte auf einer 4stufigen Likert-Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ über „stimme eher nicht zu“ und „stimme eher zu“ bis „stimme völlig zu“. Diese setzt sich aus drei Unterkategorien zusammen: Technikakzeptanz, Technikkontrollüberzeugung und Technikkompetenzüberzeugung.

Um die *Chancen und Risiken neuer Technologien* zu erfassen, wurde die forced-choice Skala aus PISA 2015 eingesetzt. Auf die Frage „Stell dir vor, du sollst über die Anwendung einer neuen Technologie entscheiden. Welches der beiden folgenden Argumente wäre jeweils für deine Entscheidung wichtiger?“ müssen die Befragten sich zwischen zwei Optionen entscheiden. Die Skala umfasst dabei fünf 5 Items, jeweils eins pro Bereich künstliche Befruchtung, Gentechnologie, Atomkraft, Windkraft und soziale Netzwerke.

Statistische Analysen

In der folgenden Studie wird ein personenzentrierter Ansatz verfolgt, indem die Schülerinnen und Schüler in Hinblick auf ihre Interessenentwicklung und ihre Akzeptanz hin untersucht wurden. Dazu werden die Schülerinnen und Schüler im Folgenden hinsichtlich ihrer Merkmalskonstellation der technischen Akzeptanz im Allgemeinen näher analysiert. Um unterschiedliche Typen der Akzeptanz von Technik zu identifizieren, wurde das Verfahren der Clusteranalyse gewählt. Clusteranalysen bestimmen Gruppen, die sich innerhalb der Ausprägung von Merkmalen in Abhängigkeit von weiteren Merkmalen ähnlich sind. Ziel dabei ist es, Gruppen zu identifizieren, die sich innerhalb der Gruppe möglichst ähnlich sind und deren Unterschiede zu anderen Gruppen möglichst groß sind. Zur Identifikation von Typen der Akzeptanz von Technik im Allgemeinen wurden basierend auf der Nutzung technischer Alltagsgeräte, der Technikbereitschaft und den Chancen und Risiken neuer Technologien eine Clusteranalyse durchgeführt. Dazu wurde die Nutzung technischer Alltagsgeräte dichotomisiert für die täglich bzw. fast tägliche Nutzung. Dazu wurden die Voraussetzungen geprüft und Ausreißer mit Hilfe des Single-Linkage Verfahrens analysiert. Anschließend wurde die Clusteranalyse mit Hilfe des Ward-Verfahrens durchgeführt.

5.5.2.2 Ergebnisse der Teilstudie 3 der Schülerinnen und Schüler

Die Ergebnisse der folgenden Teilstudie geben Antworten auf die Frage, wie die Einstellung gegenüber Technik im Allgemeinen und des Ergonomie-Messkoffers im Speziellen die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers und dessen Wirkung im Unterricht beeinflusst. Dazu betrachtet das folgende Kapitel zunächst die Einstellung gegenüber Technik der Interventionsstichprobe und zum Vergleich von einer Kontrollstichprobe. Anschließend wird die Ausprägung der Einstellungen gegenüber des Ergonomie-Messkoffers im Speziellen betrachtet. In einem letzten Schritt soll schließlich untersucht werden, welche Rolle die Einstellungen bei der Wirkung des Unterrichts auf das Interesse, die negativen Empfindungen und das Verhalten zeigen.

Ergebnisse der Interventionsstichprobe zur Akzeptanz gegenüber Technik im Vergleich zur Kontrollstichprobe

In einem ersten Schritt soll zunächst untersucht werden, wie Schülerinnen und Schüler der Interventionsstichprobe gegenüber Technik eingestellt sind (Fragestellung 22). Tabelle 58 zeigt zunächst deskriptiv die Einstellung gegenüber Technik anhand der Ausprägung der einzelnen Konstrukte für die gesamte Interventionsstichprobe anhand der Zustimmung für ein ausgewähltes Item, dem Mittelwert (*M*), der Standardabweichung (*SD*), dem Minimum (*Min*) und dem Maximum (*Max*) der Skalen.

Dabei stimmen mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler zu, dass sie täglich oder fast täglich einen Computer, Laptop oder Tablet-Computer nutzen. Darüber hinaus stimmen fast 60% der Schülerinnen und Schüler der Aussage zu, dass sie daran interessiert sind, die neuesten technischen Geräte zu nutzen. Darüber hinaus berichten weniger als 10 % der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung technischer Geräte Angst zu haben, zu versagen. Fast drei Viertel der Schülerinnen und Schüler stimmen zudem der Aussage zu, dass die erfolgreiche Nutzung neuer technischer Geräte im Wesentlichen von ihnen abhängt. Mehr als 85 % der Schülerinnen und Schüler sehen zudem stärker die Chance, dass Windkraftwerke Strom ohne Abfallprodukte produzieren als das Risiko, dass Windkraftwerke laut sind und die Landschaft verunstalten. Insgesamt zeigen die Interventions- und Kontrollgruppe Unterschiede hinsichtlich der täglichen Nutzung technischer Alltagsgeräte und der Technikakzeptanz. Dabei zeigen Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe insgesamt eine signifikant geringe Nutzung technischer Alltagsgeräte.

Tabelle 58: Kennwerte für die Ausprägung der Einstellung gegenüber Technik der Interventionsstichprobe

Zustimmung*	M	(SD)	Min	Max
-------------	---	------	-----	-----

Empirischer Teil

tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte					
Computer, Laptop, Tablet-Computer	55,6%	2,75	(0,48)	0,00	0,73
Technikakzeptanz					
Ich bin stets daran interessiert, die neuesten technischen Geräte zu nutzen.	60,1%	3,19	(0,65)	2,00	4,00
Technikkompetenzüberzeugung					
Bei der Nutzung neuer technischer Geräte habe ich oft Angst, zu versagen.	7,6%	1,53	(0,55)	1,75	4,00
Technikkontrollüberzeugung					
Es hängt im Wesentlichen von mir ab, ob ich neue technische Geräte erfolgreich nutze.	79,0%	2,74	(0,53)	1,25	4,00
Chancen und Risiken neuer Technologien					
Windkraftwerke produzieren Strom ohne Abfallprodukte.	85,6%	0,53	(0,23)	0,00	1,00

Anmerkung. * die Kategorien „jeden Tag“ und „fast jeden Tag“ für die tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte und „stimme eher zu“ und „stimme voll zu“ für die Technikakzeptanz, die Technikkompetenzüberzeugung und Technikkontrollüberzeugung werden zusammengefasst

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Einstellung gegenüber Technik ein mehrdimensionales Konstrukt ist, was nicht durch eine Skala allein erfasst werden kann. Aus diesem Grund wurde eine Clusteranalyse berechnet, mit der die mehrdimensionale Ausprägung statistisch erfasst und abgebildet werden kann. Um zu untersuchen, welche Einstellung gegenüber Technik die Jugendlichen der Interventionsstichprobe aufweisen, wurden vier Cluster identifiziert (Fragestellung 22a), welche in Tabelle 59 genauer dargestellt werden.

Das größte Cluster stellt mit $n = 29$ Schülerinnen und Schülern Cluster 1 dar. Schülerinnen und Schüler dieses Clusters weisen eine mittlere Nutzung technischer Alltagsgeräte auf. Besonders auffällig in diesem Cluster ist die ausgeprägte Technikbereitschaft, welche sich insbesondere in einer überdurchschnittlichen Technikakzeptanz und Technikkompetenzüberzeugung zeigt. Demnach sprechen sie Technik eine hohe Wichtigkeit zu und vertrauen auch in schwierigen Situationen auf ihre Kompetenzen. Zudem schätzen sie in hohem Maße die Chancen der künstlichen Befruchtung und der Windkraft und im sehr geringen Maße die Chancen der Atomkraft. Die Gruppe wird im Folgenden „Technikzugewandte“ genannt.

Die zweitgrößte Gruppe bildet mit $n = 21$ Schülerinnen und Schülern das Cluster 3. Die Schülerinnen und Schüler zeigen dabei eine mittlere Nutzung technischer Alltagsgeräte und durchschnittliche Ausprägungen der Technikakzeptanz, Technikkompetenzüberzeugung und Technikkontrollüberzeugung. Auffällig für das Cluster 3 ist, dass sie deutlich häufiger die Risiken als die Chancen neuer Technologien sehen. Die Gruppe wird im Folgenden als „Technikskeptiker“ bezeichnet.

Tabelle 59: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Cluster der Einstellung gegenüber Technik

Kategorie	Unterkategorie	Cluster 1: Technik- zugewandte		Cluster 2: Technik- nutzer		Cluster 3: Technik- skeptiker		Cluster 4: Zukunfts- orientierte	
		N	%	N	%	N	%	N	%
		Gruppen- größe		29	38,2	7	9,2	21	27,6
Geschlecht	Männlich	8	27,6	3	42,9	4	19,0	7	36,8
	Weiblich	21	72,4	4	57,1	17	81,0	12	63,2
Schulart	Gymnasium	25	100,0	6	100,0	13	86,7	4	100,0
	Mittelschule/ Hauptschule	0	0,0	0	0,0	2	13,3	0	0,0
Jahgangs- stufe	5 – 7	1	3,4		0	4	19,0	2	10,5
	8-9	23	79,3	5	71,4	15	71,4	15	78,9
	10 – 12	5	17,2	2	28,6	2	9,5	2	10,5

Die drittgrößte Gruppe stellt mit $n = 19$ Schülerinnen und Schülern das Cluster 4 dar. Diese zeigen eine mittlere Nutzung technischer Alltagsgeräte und eine besonders häufige Nutzung elektrischer Haushaltsgeräte. Darüber hinaus weisen sie eine durchschnittliche Technikakzeptanz, Technikkontrollüberzeugung und Technikkompetenzüberzeugung auf. Besonders auffällig ist für die Gruppe, dass sie die Chancen neuer Technologien überdurchschnittlich hoch einschätzt. Es ist das einzige Cluster, in dem mehr als die Hälfte Schülerinnen und Schüler die Gentechnologie, die sozialen Netzwerken und alle Schülerinnen und Schüler die künstliche Befruchtung als Chance einschätzen. Das Cluster wird nachfolgend mit „Zukunftsgewandte“ betitelt.

Die mit $n = 7$ Schülerinnen und Schüler kleinste Gruppe bildet Cluster 2. Diese zeigen eine überdurchschnittlich hohe tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte. Auch in der Technikakzeptanz und der Technikkompetenzüberzeugung zeigen sie überdurchschnittlich hohe Werte. Die Chancen neuer Technologien schätzen sie durchschnittlich ein. Die Gruppe wird im Folgenden als „Techniknutzer“ bezeichnet.

Die vier Cluster weisen dabei keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Geschlechterverteilung, der Klassenstufen oder Schularten auf ($p < .05$). Demnach weisen weder Mädchen noch Jungen in der Interventionsgruppe eine überdurchschnittlich hohe Repräsentativität auf (Fragestellung 23b).

Die Ergebnisse der Clusteranalyse bestätigen eine Mehrdimensionalität des Konstrukts, welches sich durch die komplexe Zusammensetzung der Cluster zur Einstellung gegenüber Technik zeigen. Um einen detaillierten Einblick in die Ausprägung der Akzeptanz von Technik allgemein zu erhalten, werden diese im Folgenden näher betrachtet.

Die **tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte** wird in Abbildung 39 dargestellt, in dem angezeigt wird wieviel Prozent der Schülerinnen und Schüler innerhalb des jeweiligen Clusters angeben, das sie technische Alltagsgerät *jeden Tag* oder *fast jeden Tag* nutzen. Am häufigsten werden demnach in allen Clustern Handy, Smartphone und elektronischer Organizer (PDA, Blackberry) sowie Internet und Email genutzt. Nur selten nutzen Schülerinnen und Schüler hingegen Nähmaschine oder Bohrmaschine, Akkuschauber. Die *Technikzugewandten*, *Technikskeptiker* und *Zukunftsorientierte* zeigen dabei eine signifikant seltenere Nutzung technischer Alltagsgeräte als *Techniknutzer*. Bedeutend stärker ausgeprägt ist unter den *Techniknutzern* die tägliche Nutzung von MP3-Player, iPod, von Playstation, Spielkonsolen und von DVD-Player, Blu-ray-Player.

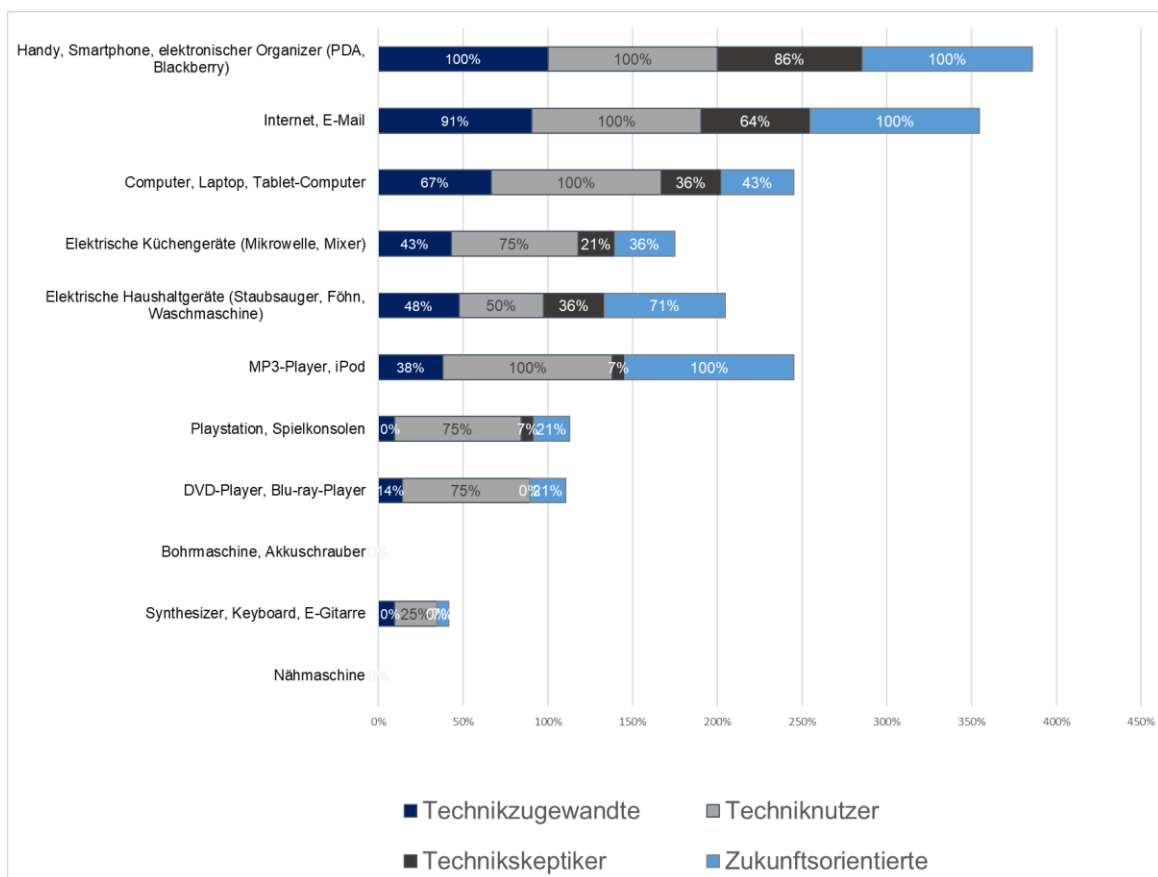


Abbildung 39: tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte der Interventionsstichprobe

Mit der **Technikbereitschaft** wird ein Maß für die Akzeptanz von Technik, den Einstellungen zu den eigenen technischen Fähigkeiten und dem Umgang mit Technik bei Schwierigkeiten

untersucht. Dabei zeigen *Technikzugewandte* eine signifikant höhere ($p < .05$) Technikbereitschaft ($M = 3,31$; $SD = 0,23$) als *Techniknutzer* ($M = 2,75$; $SD = 0,31$), *Technikskeptiker* ($M = 2,77$; $SD = 0,20$) und *Zukunftsorientierte* ($M = 2,89$; $SD = 0,46$). Die detaillierte Betrachtung der Technikakzeptanz, der Technikkompetenzüberzeugung und der Technikkontrollüberzeugung zeigt Abbildung 40. Dabei werden zum einen Mittelwerte und Standardabweichung der Unterskalen für die einzelnen Cluster berichtet. Darüber hinaus zeigt die Abbildung die Abweichung des Mittelwerts vom Gesamtmittelwert der Kontrollstichprobe in den Unterkategorien. *Technikzugewandte* weisen signifikant höhere Werte für die Technikakzeptanz und die Technikkompetenzüberzeugung auf als die Kontrollstichprobe ($p < .05$). Zudem weisen *Techniknutzer* eine signifikant geringe Technikkontrollüberzeugung auf als die Kontrollstichprobe ($p < .05$). Die weiteren Cluster zeigen keine signifikanten Abweichungen von Mittelwert der Kontrollstichprobe.

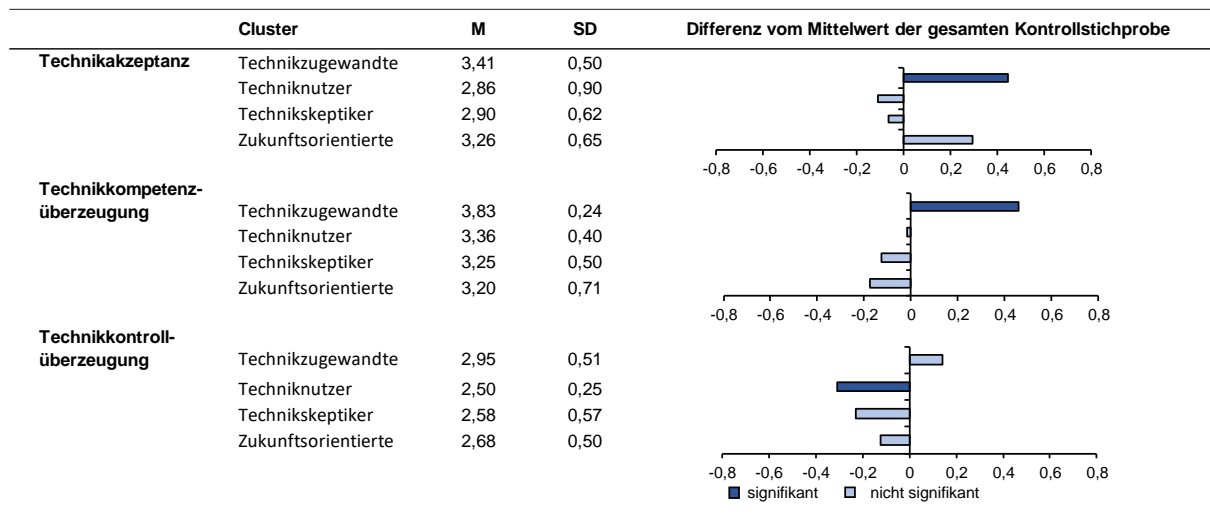


Abbildung 40: Ausprägung der Technikakzeptanz, Technikkompetenzüberzeugung und der Technikkontrollüberzeugung der Interventionsstichprobe

Des Weiteren wird berichtet wie Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe die **Chancen und Risiken neuer Technologien** einschätzen. Dabei zeigt Abbildung 40 den prozentualen Anteil der Schülerinnen und Schüler, die diese neue Technologie als Chance einstufen. Schülerinnen und Schüler aller fünf Cluster sehen in Gentechnologie, Atomkraftwerken und sozialen Netzwerken weniger Chancen als in künstlicher Befruchtung und Windkraft. In Mittelwertvergleichen zeigt sich über alle Technologien hinweg, dass *Zukunftsorientierte* signifikant häufiger die Chance als das Risiko der neuen Technologien sehen als *Technikzugewandte*, *Techniknutzer* und *Technikskeptiker* ($p < .05$). Technikskeptiker wählen signifikant am seltensten die Chance einer Technologie ($p < .05$).

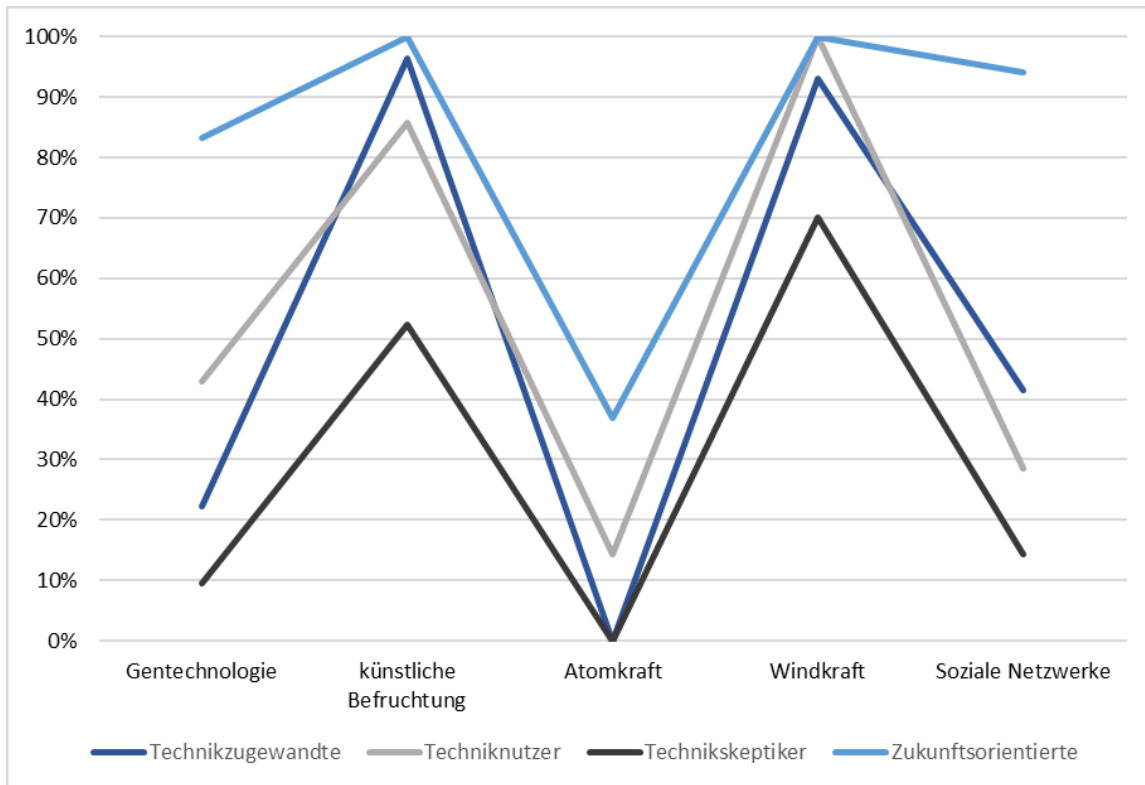


Abbildung 41: Häufigkeit der Wahl der Chance einer neuen Technologie innerhalb des Clusters von Schülerinnen und Schüler der Interventionsstichprobe

Ergebnisse der Kontrollstichprobe zur Akzeptanz von Technik

Ähnlich wie für die Interventionsstichprobe lassen sich für die $n = 214$ Schülerinnen und Schüler der Kontrollstichprobe die Komplexität der Mehrdimensionalität des Konstrukts der Einstellungen gegenüber Technik bestätigen. Im Vergleich zur Interventionsstichprobe lassen sich dabei insgesamt fünf Cluster identifizieren, von denen drei eine hohe Ähnlichkeit zur Interventionsstichprobe aufweisen. Deskriptiv lassen sich dabei zwischen der Interventions- und Kontrollstichprobe keine signifikanten Unterschiede für die Einstellung gegenüber Technik feststellen (Fragestellung 23).

Tabelle 60 zeigt dazu die Zustimmung zu einzelnen Items sowie den Mittelwert, die Standardabweichung, das Minimum und das Maximum der Gesamtskala. Für die Nutzung technischer Alltagsgeräte zeigt sich dabei über alle technischen Alltagsgeräte eine mittlere Nutzung ($M = 3,01$; $SD = 0,46$) und eine mittlere Technikbereitschaft ($M = 3,09$; $SD = 0,45$). In den Unterskalen zeigen sich höhere Ausprägungen der Technikakzeptanz ($M = 2,99$; $SD = 0,72$) und der Technikkontrollüberzeugung ($M = 2,86$; $SD = 0,63$) als für die Technikkompetenzüberzeugung ($M = 1,59$; $SD = 0,60$). Für die Chancen und Risiken weist der Mittelwert ($M = 0,54$; $SD = 0,22$) auf ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Chancen und Risiken hin.

Empirischer Teil

Ein detaillierter Blick in die Cluster selbst weist auf vereinzelte Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollstichprobe hin, die sich in der Anzahl der Cluster, der Ausprägungen innerhalb der Cluster und signifikanten Geschlechterunterschieden zeigen.

Tabelle 60: Kennwerte für die Einstellung gegenüber Technik der Kontrollstichprobe

	Zustimmung*	M	(SD)	Min	Max
Nutzung technischer Alltagsgeräte					
Computer, Laptop, Tablet-Computer	97,2%	3,01	(0,46)	2,00	4,09
Technikbereitschaft		3,09	(0,45)	2,00	4,00
Technikakzeptanz					
Ich bin stets daran interessiert, die neuesten technischen Geräte zu nutzen.	71,0%	2,99	(0,72)	1,00	4,00
Technikkompetenzüberzeugung**					
Bei der Nutzung neuer technischer Geräte habe ich oft Angst, zu versagen.	10,3%	1,59	(0,60)	1,00	4,00
Technikkontrollüberzeugung					
Es hängt im Wesentlichen von mir ab, ob ich neue technische Geräte erfolgreich nutze.	78,0%	2,86	(0,63)	1,00	4,00
Chancen und Risiken neuer Technologien					
Windkraftwerke produzieren Strom ohne Abfallprodukte.	86,4%	0,54	(0,22)	0,00	1,00

Anmerkung. * die Kategorien „stimme zu“ und „stimme voll zu“ werden zusammengefasst, ** die Items wurden für die Skala auf Grund der negativen Formulierung umgepolt

So lassen sich für die Kontrollstichprobe fünf Cluster identifizieren. Wie Abbildung 42 verdeutlicht, ist Cluster 4 mit $n = 60$ Personen das größte Cluster, gefolgt von Cluster 3 mit $n = 47$ Personen, Cluster 2 mit $n = 41$ Personen, Cluster 1 mit $n = 36$ und Cluster 5 mit $n = 30$ Personen. Die Cluster unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Geschlechterverteilung ($\chi^2 = 20,92$; $df = 4$; $p = .000$), jedoch nicht signifikant hinsichtlich der Klassenstufe ($\chi^2 = 16,38$; $df = 16$; $p = .43$) oder der Schulart ($\chi^2 = 9,88$; $df = 16$; $p = 0,87$).

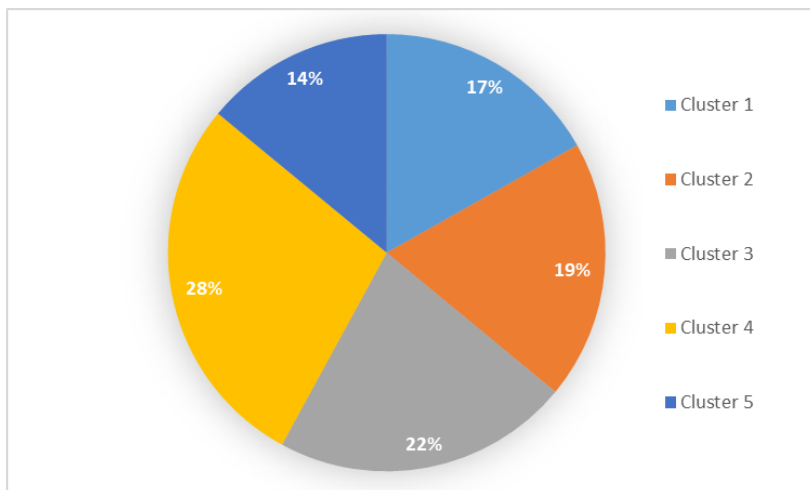


Abbildung 42: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die fünf Cluster der stabilen Akzeptanz gegenüber Technik (n = 214)

In der Kontrollstichprobe stellt Cluster 4 mit $n = 60$ Schülerinnen und Schüler das größte Cluster dar. Schülerinnen und Schüler in dem Cluster zeichnen sich durch eine vergleichsweise geringe tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte und einer signifikant unterdurchschnittlichen Ausprägung der Technikakzeptanz, der Technikkompetenzüberzeugung und der Technikkontrollüberzeugung aus. Auch bei neuen Technologien sehen sie vergleichsweise seltener die Chance als Schülerinnen und Schüler anderer Cluster. Besonders auffällig in der Gruppe ist mit 72 % der signifikant höhere Anteil an Mädchen im Vergleich zu Jungen ($p = .001$). Das Cluster weist hohe Ähnlichkeiten zu den Technikskeptikern (Cluster 3 der Interventionsstichprobe) auf.

Die zweitgrößte Gruppe sind $n = 47$ Schülerinnen und Schüler in Cluster 3. Die Jugendlichen der Gruppe zeigen eine im Durchschnitt geringe tägliche Nutzung technischer Alltagsgerät. Darüber hinaus zeichnen sie sich durch eine durchschnittliche Technikakzeptanz und Technikkontrollüberzeugung, sowie einer leicht überdurchschnittlichen Technikkompetenzüberzeugung aus. Auch bei der Einschätzung neuer Technologien hinsichtlich ihrer Chancen zeigen sie eine mittlere Ausprägung. Auch hier sind mit 60 % etwas mehr Mädchen als Jungen in der Gruppe vertreten. In der Interventionsstichprobe lässt sich für dieses Cluster kein entsprechendes Pendant finden.

Die drittgrößte Gruppe mit $n = 41$ Jugendlichen stellt Cluster 2 dar. Die Gruppe ähnelt sich in ihrer ausgeprägten täglichen Nutzung technischer Alltagsgeräte und ihrer leicht überdurchschnittlichen Ausprägung der Technikakzeptanz. Im Vergleich zum Durchschnitt weisen sie eine etwas geringere Einschätzung der Chancen neuer Technologien auf. Die Gruppe weist mit 62% etwas mehr Jungen als Mädchen auf. In der Interventionsstichprobe lässt sich für dieses Cluster kein entsprechendes Pendant finden.

Die viertgrößte Gruppe bilden Schülerinnen und Schüler aus Cluster 1. Die Gruppe weist eine leicht überdurchschnittlich tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte auf. Besonders die Häufigkeit der täglichen Nutzung von Bohrmaschinen (19 %) ist in diesem Cluster auffällig. Zudem zeigt das Cluster eine stark überdurchschnittliche Technikakzeptanz, Technikkompetenzüberzeugung und Technikkontrollüberzeugung. Bei der Einschätzung der Chancen neuer Technologien befinden sich die Schülerinnen und Schüler dieses Clusters eher im Durchschnitt der Gesamtgruppe. Auch die Geschlechterverteilung ist mit 55 % Jungenanteil eher ausgeglichen. Das Cluster weist damit eine hohe Ähnlichkeit zu den *Technikzugewandten* (Cluster 1 der Interventionsstichprobe) auf.

Die kleinste Gruppe bilden $n = 30$ Schülerinnen und Schüler aus Cluster 5, welche sich durch eine leicht überdurchschnittliche Nutzung technischer Alltagsgeräte, insbesondere der Playstation und Spielkonsolen (50 %) ähneln. Darüber hinaus weisen sie eine leicht überdurchschnittliche Technikakzeptanz und Technikkompetenzüberzeugung auf. Hinsichtlich der Technikkontrollüberzeugung weisen sie keine Unterschiede zum Durchschnitt auf. Auffällig in der Gruppe ist zudem die überdurchschnittliche Tendenz, die Chancen in neuen Technologie zu sehen, insbesondere auch für Gentechnologie, Atomkraft und soziale Netzwerke. Hier zeigt sich mit 70 % ein signifikant hoher Jungenanteil im Vergleich zu den anderen Clustern ($p = .000$). Das Cluster weist damit eine hohe Ähnlichkeit zu den *Zukunftsorientierten* (Cluster 4 der Interventionsgruppe) auf.

Nachdem drei der vier Cluster auch in der Kontrollstichprobe gefunden werden konnte, kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Interventionsstichprobe hinsichtlich der Einstellungen gegenüber Technik normal ist. Im Vergleich zur Interventionsstichprobe unterscheiden sich Jungen und Mädchen der Kontrollstichprobe jedoch bei der Verteilung auf die Cluster signifikant.

Ergebnisse zur situativen Akzeptanz der Interventionsstichprobe

Neben Einstellung gegenüber Technik wird davon ausgegangen, dass die Nutzung des Ergonomie-Messkoffers auch durch die Einstellungen gegenüber dem Koffer selbst geprägt sind. Dazu werden die intrinsische Motivation, die Akzeptanz des Themas und die Akzeptanz des Messgeräts sowie die Bewertung der gesamten Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer durch die Schülerinnen und Schüler betrachtet. Anschließend wird untersucht inwieweit die stabilen Merkmale dabei einen Zusammenhang zu den situativen Merkmalen aufweisen (Fragestellung 24)

Zur Veranschaulichung der Skalenwerte wird zunächst die Zustimmung eines Items angegeben (Tabelle 63). Die Items wurden dabei in Hinblick ihre Repräsentativität für die gesamte

Skala ausgewählt. Mehr als zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler stimmen dabei der Aussage zur intrinsischen Motivation zu, dass die Zeit wie im Flug verging (72,3 %). Zudem hätten 61,3% der Schülerinnen und Schüler gern mehr Informationen zum Thema Ergonomie. Mehr als drei Viertel der Schülerinnen und Schüler (77,6 %) würden zudem gern öfter im Unterricht mit Messgeräten arbeiten. Schülerinnen und Schüler präsentieren sich dabei als hoch intrinsisch motiviert und weisen eine hohe Akzeptanz des Messgeräts und des Themas auf.

Tabelle 61: Kennwerte für die Ausprägung der situativen Akzeptanz der Schülerinnen und Schüler

	Zustimmung*	M	(SD)	Min	Max
Intrinsische Motivation					
... verging die Zeit wie im Flug.	82,6%	3,31	(0,61)	1,33	4,00
Akzeptanz des Themas					
Ich hätte gerne noch mehr Informationen zum Thema Ergonomie.	52,8%	3,01	(0,64)	1,00	4,00
Akzeptanz des Messgeräts					
Ich würde gerne öfter im Unterricht mit Messgeräten arbeiten.	88,9%	2,51	(0,76)	1,00	4,00

Anmerkung. *Kategorien „häufig“ und „manchmal“ für die intrinsische Motivation und „stimme ganz zu“ und „stimme eher zu“ werden zusammengefasst

Darüber hinaus bewerteten Schülerinnen und Schüler die gesamte Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer in Schulnoten von 1 (=“sehr gut“) bis 6 („ungenügend“) überwiegend positiv (Abbildung 42).

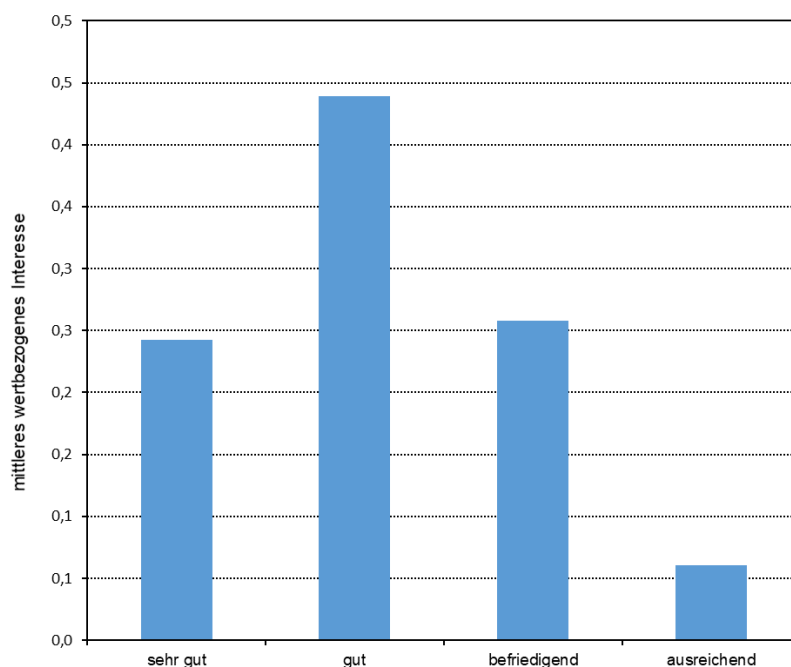


Abbildung 43: Gesamtbewertung der Unterrichtseinheit durch die Schülerinnen und Schüler

Knapp 25% der Schülerinnen und Schüler gibt der Unterrichtseinheit die Note 1 („sehr gut“). Mit 44 % wird die Note 2 („gut“) unter den Befragten am häufigsten gegeben. Mehr als ein Viertel (26 %) der Schülerinnen und Schüler gibt der Unterrichtseinheit anschließend die Note 3 („befriedigend“). Von 6 % der Schülerinnen und Schüler wird für die Unterrichtseinheit die Note 4 („ausreichend“) vergeben. Mit den Noten 5 („mangelhaft“) und 6 („ungenügend“) wurde die Unterrichtseinheit von keinem der Schülerinnen und Schüler bewertet.

In einer ANOVA mit Post-hoc Test wurde nun der Zusammenhang zwischen der stabilen Akzeptanz und der situativen Akzeptanz untersucht, in dem signifikante Unterschiede zwischen den stabilen Akzeptanz-Clustern und der Ausprägung der intrinsischen Motivation, der Akzeptanz des Messgeräts, der Akzeptanz des Themas und des Gesamteindrucks untersucht wurde (Abbildung 44). Dabei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Clustern abgesehen von der Akzeptanz des Themas. Hier weisen Technikzugewandte eine signifikant höhere Akzeptanz des Themas auf als Techniknutzer ($M_{diff} = 1,06$, $SE_{diff} = 0,34$, $p = .032$).

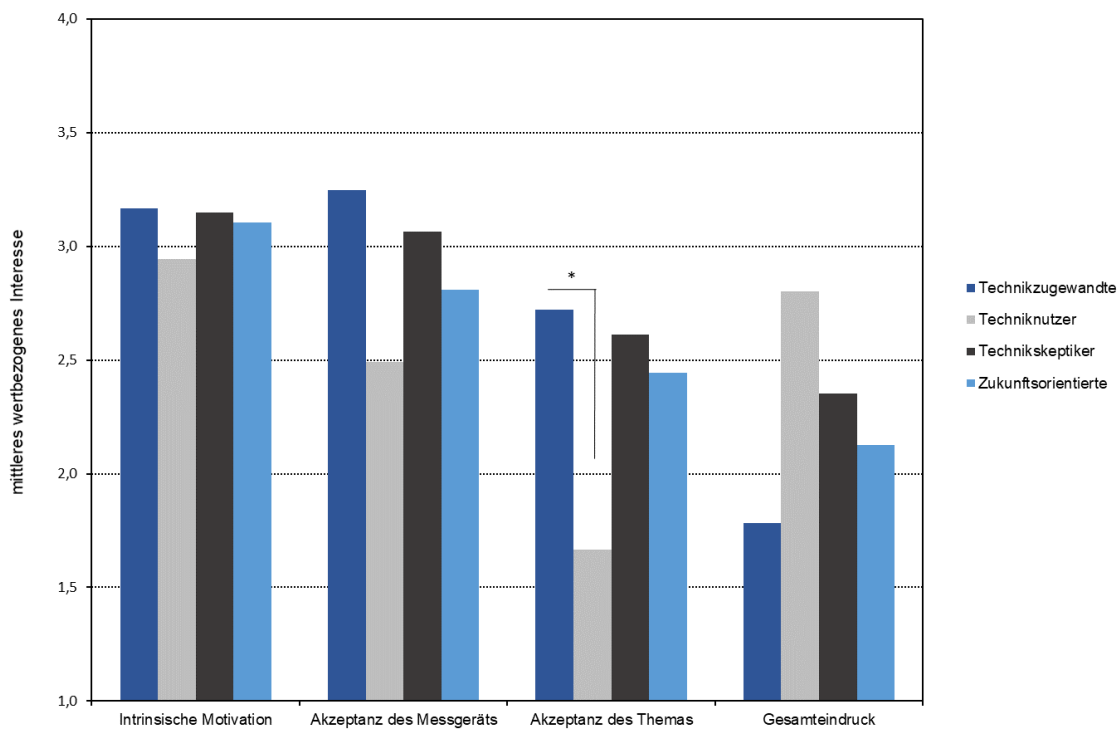


Abbildung 44: Ausprägung der Einstellung gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer nach Techniktyp

Ergebnisse zur Rolle der Akzeptanz für die Interessenveränderung im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer

Um zu untersuchen, ob die Einstellung gegenüber Technik die Nutzung beeinflusst, wurde die Wirkung für die verschiedenen Cluster mit Hilfe einer ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Dabei zeigen sich Unterschiede in der mittleren Ausprägung des affektiven und wertbezogenen Interesses vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer. Die Cluster unterscheiden sich untereinander weder zu Beginn, noch direkt nach oder einen Monat nach der Intervention in der Ausprägung des wertbezogenen und affektiven Interesses, der negativen Empfindungen oder des nachhaltigen Verhaltens.

Es zeigt sich für einige Cluster eine signifikante Veränderung des kurzfristigen Interesses (Abbildung 45 und 46). *Technikzugewandte* weisen dabei eine signifikante Steigerung ihres wertbezogenen ($M_{diff} = -0,61$, $SE_{diff} = 0,24$; $T(17) = -2,45$; $p = .025$) und affektiven ($M_{diff} = -0,61$, $SE_{diff} = 0,24$; $T(17) = -2,45$; $p = .025$) Interesses auf. Auch bei *Zukunftsorientierten* findet im Mittel eine Zunahme ihres wertbezogenen ($M_{diff} = -0,80$, $SE_{diff} = 0,23$; $T(17) = -3,48$; $p = .003$) und affektiven ($M_{diff} = -0,88$, $SE_{diff} = 0,30$; $T(16) = -2,93$; $p = .010$) Interesses statt. *Techniknutzer* und *Technikskeptiker* zeigen keine signifikante Veränderung des kurzfristigen wertbezogenen und affektiven Interesses. Für die langfristige Veränderung kann durchweg kein Unterschied innerhalb der Cluster gefunden werden.

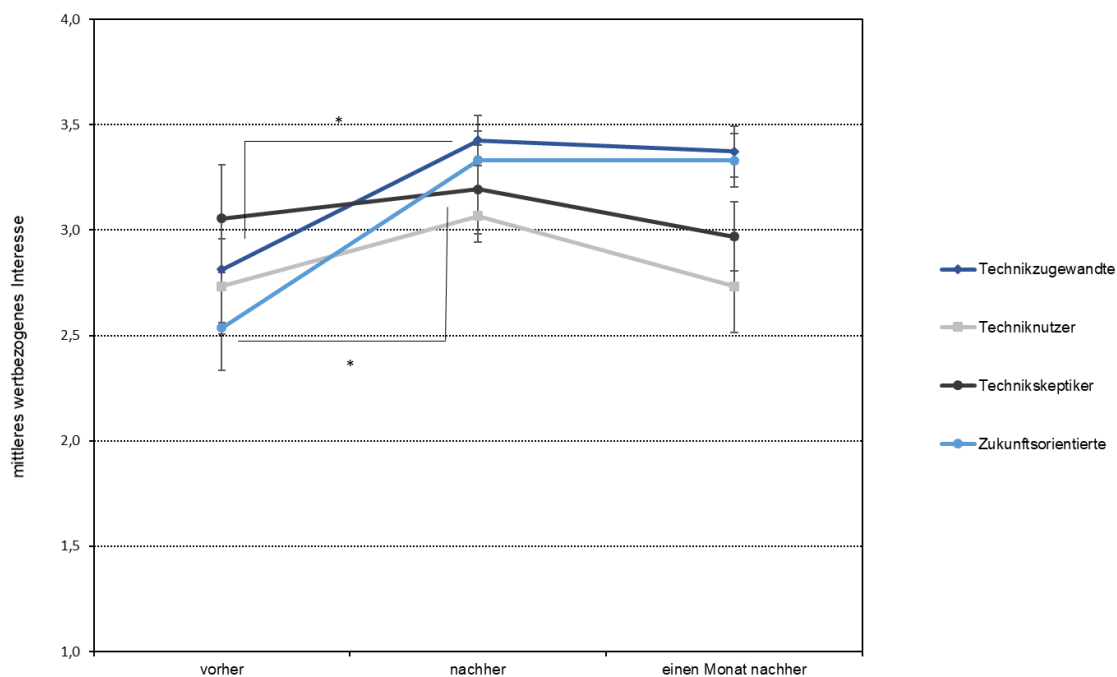


Abbildung 45: Veränderung des wertbezogenen Interesses für die Techniktypen

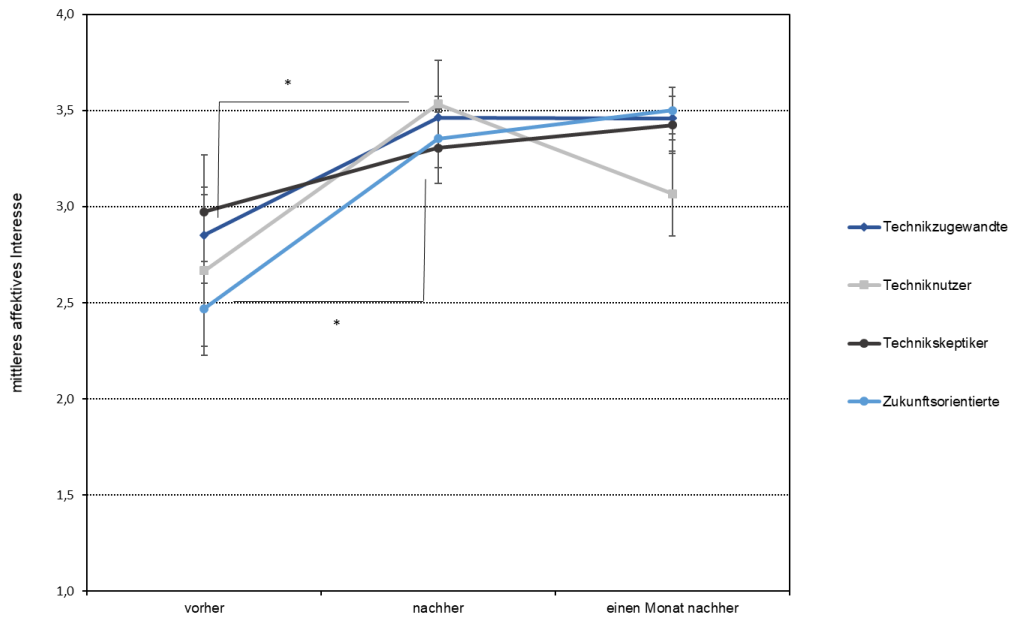


Abbildung 46: Veränderung des affektiven Interesses für Techniktypen

Auch für die kurzfristigen negativen Empfindungen zeigen sich Unterschiede zwischen den Techniktypen (Abbildung 47). So zeigen *Technikzugewandte* ($M_{diff} = -0,50$, $SE_{diff} = 0,22$; $T(17) = 2,32$; $p = .033$) und *Zukunftsorientierte* ($M_{diff} = 0,52$, $SE_{diff} = 0,24$; $T(15) = 2,17$; $p = .046$) einen signifikanten Rückgang ihrer negativen Empfindungen. *Techniknutzer* und *Technikskeptiker* zeigen hingegen keine signifikanten Veränderungen der negativen Empfindungen.

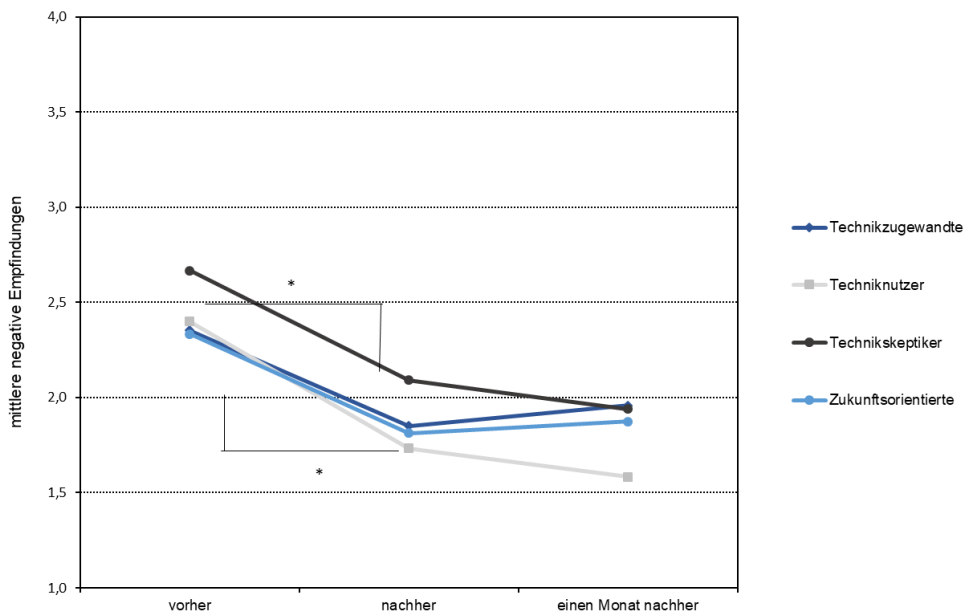


Abbildung 47: Veränderung der negativen Empfindungen für Techniktypen

Im nachhaltigen Verhalten (Abbildung 48) zeigen sich lediglich für *Technikzugewandte* ein signifikanter Rückgang ($M_{diff} = 0,47$, $SE_{diff} = 0,15$; $T(16) = 3,22$; $p = .005$).

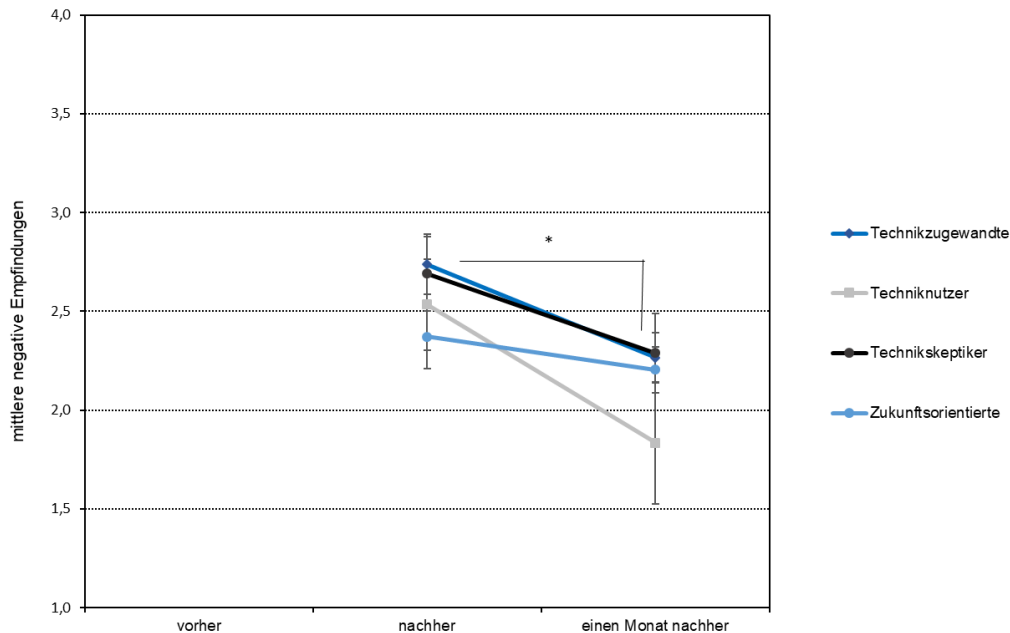


Abbildung 48: Veränderung des nachhaltigen Verhaltens für Techniktypen

5.5.2.3 Zusammenfassung und Diskussion Teilstudie 3 der Schülerinnen und Schüler

Im zweiten Teil der dritten Teilstudie wurden die Einstellung gegenüber Technik als möglichem Einflussfaktor auf die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers und seine Wirkung im Unterricht untersucht. Als Untersuchungsgrundlage dienen Fragebögen von Schülerinnen und Schülern, die im Anschluss an die Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer ausgefüllt wurden. Darüber hinaus wurden für die Einstellung gegenüber Technik Fragebögen von Schülerinnen und Schülern der PISA 2015 Festtest-Stichprobe als Kontrollgruppe herangezogen.

Bei der Nutzung und Wirkung des Unterrichts spielen Einstellungen und Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler eine zentrale Rolle (Seidel, 2014). In der vorliegenden Teilstudie wurde daher angenommen, dass positive Einstellungen gegenüber Technik im Allgemeinen und des Ergonomie-Messkoffers im Speziellen eine wichtige Rolle bei der Wirkung des Unterrichts spielen. Zunächst weisen die vier Cluster der Interventionsstichprobe für die Einstellung gegenüber Technik darauf hin, dass die Einstellung gegenüber Technik ein mehrdimensionales Konstrukt ist, welches nicht allein auf die Nutzung technischer Alltagsgeräte, das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten oder die Einschätzung neuer Technologien reduziert werden kann (Fragestellung 22). Dabei zeigen die Befunde, dass sich für die Akzeptanz gegenüber Technik

in der Interventionsstichprobe verschiedene Typen finden lassen, die sich in ihren Ausprägungen der untersuchten Aspekte unterscheiden. So zeigt ein Cluster insbesondere ein hohes Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, während die Nutzung technischer Alltagsgeräte und die Einschätzung neuer Technologien eher durchschnittlich ausgeprägt ist. Des Weiteren zeigt sich eine Gruppe hinsichtlich der Nutzung technischer Alltagsgeräte überdurchschnittlich während ihr Vertrauen in die eigenen technischen Fertigkeiten durchschnittlich gering ausgeprägt ist. Ein weiteres Cluster weist insgesamt durchschnittliche Einstellungen gegenüber Technik auf und sieht eher die Risiken neuer Technologien. Eine vierte Gruppe zeigt hingegen durchschnittliche Einstellungen auf, schätzt aber die Chancen neuer Technologien besonders hoch ein. Daraus kann zunächst einmal abgeleitet werden, dass Schülerinnen und Schüler im Unterricht unterschiedliche Voraussetzungen in ihren Einstellungen gegenüber Technik mitbringen, die sich durchaus komplex darstellen. So zeigen sich sowohl Gruppen, die technische Alltagsgeräte nutzen, ohne Kontrolle über die Geräte oder in ihre Fähigkeiten zu empfinden. Gleichzeitig zeigen sich Schülerinnen und Schüler, die dieses Vertrauen zwar aufweisen, aber technische Alltagsgeräte eher seltener in ihrem Alltag nutzen. Auch hinsichtlich neuer Technologien zeigt sich die Interventionsstichprobe heterogen.

Innerhalb der Cluster lassen sich in der Interventionsstichprobe keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen finden (Fragestellung 22b). Damit unterstützen die Befunde Studien, die für technische Grundfertigkeiten keine Unterschied zwischen Jungen und Mädchen finden konnte (Bos et al., 2014). Gleichzeitig widersprechen die Befunde der Annahme, dass Schülerinnen und Schüler gegenüber Technik weniger positiv eingestellt sind als Jungen (aca-tech/VDI, 2009). Eine Erklärung dafür könnte methodisch auf die geringe Stichprobe zurückführen. So könnten sich bei Erweiterung der Stichprobe Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen herauskristallisieren, die momentan noch nicht sichtbar werden. Gleichzeitig könnte dies inhaltlich auch darauf hinweisen, dass in der Stichprobe insbesondere Jungen und Mädchen sind, die gleichermaßen positiv gegenüber Technik eingestellt sind. Durch den Vergleich mit der Kontrollstichprobe sollten darauf weitere Antworten möglich sein.

Nachdem sich die Einstellung gegenüber Technik der Interventionsstichprobe zu großen Teilen unter deutschen Jugendlichen des PISA 2015 Feldtests abbilden ließ, wurde angenommen, dass sich die Interventionsstichprobe hinsichtlich ihrer Akzeptanz von Technik allgemein nicht von anderen Jugendlichen unterscheidet (Fragestellung 23). Gleichzeitig lassen sich jedoch auch Unterschiede in der Nutzung technischer Alltagsgeräte und der Geschlechterverteilung innerhalb der Typen finden. Für Abweichungen der Interventionsstichprobe von der Kontrollstichprobe sind im diesem Fall mehrere Interpretationen möglich. So weist die Interventionsstichprobe insgesamt eine geringere tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte und bei der Technikbereitschaft eine höhere Technikakzeptanz auf. Da Einstellungen meist eine hohe Stabilität aufweisen und nur schwer durch Kurzzeitinterventionen zu verändern sind,

könnten die Unterschiede einerseits auf Unterschiede in den Zusammensetzungen der Interventions- und Kontrollstichprobe zurückgeführt werden. So weist die Interventionsstichprobe im Vergleich zur Stichprobe des PISA 2015 Feldtests einen höheren Anteil von Schülerinnen und Schülern auf, welche jünger als 15 Jahre sind. Zudem ist der Anteil der Gymnasiasten in der Interventionsstichprobe höher. Darüber hinaus wurden fast ausschließlich Schülerinnen und Schüler aus dem Raum München und Umgebung befragt, während die Kontrollstichprobe Schülerinnen und Schüler aus Bildungssystemen unterschiedlicher Bundesländer umfasst. So könnte aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass die Zusammensetzung der Stichprobe die geringere Nutzung technischer Alltagsgeräte und die höhere Technikakzeptanz erklären. Alternativ kann es auch als Indikator für die Wirksamkeit der Intervention verstanden werden. Während die Nutzung technischer Alltagsgeräte dabei nicht veränderbar ist, könnte die Technikakzeptanz durch den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer positiv angeregt worden sein. Da die Abfrage der Akzeptanz von Technik allgemein jedoch ausschließlich zu einem Messzeitpunkt am Ende der Intervention erhoben wurde, kann diese Annahme nur durch weitere Forschung untersucht werden. Hier wäre ein Prä-Post Design mit Kontrollstichprobe sinnvoll.

In der Kontrollstichprobe zeigen sich zudem signifikante Häufigkeiten zwischen Jungen und Mädchen innerhalb der Cluster, die sich in der Interventionsstichprobe nicht so abbilden lassen. Dies könnte zum einen auf Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollstichprobe zurückgeführt werden. Dabei würde man davon ausgehen, dass Mädchen der Interventionsstichprobe eine höhere Ähnlichkeit zu den Jungen aufweisen als Mädchen der Kontrollstichprobe. Alternativ kann jedoch auch die ungleiche Geschlechterverteilung in der Interventionsstichprobe dazu führen, dass sich die Unterschiede zwischen den Geschlechtern schwerer abbilden lassen.

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass die Schülerinnen und Schüler dem Ergonomie-Messkoffer insgesamt positiv gegenüberstehen (Fragestellung 24). So bewerten sie insbesondere das Messgerät und das Thema positiv und berichten von einer hohen intrinsischen Motivation. Auch den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer bewerten sie überwiegend positiv. Die etwas höhere Bewertung des Messgeräts im Vergleich zum Thema lässt darauf schließen, dass Schülerinnen und Schüler eventuell stärker durch die Tätigkeit des Messens als durch den fachlichen Inhalt angesprochen werden.

Für die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers scheinen die Einstellungen gegenüber Technik allgemein mit einzelnen Ausnahmen jedoch nur eine geringe Rolle zu spielen. Hinsichtlich der Wirkung zeigen die Befunde, dass der Ergonomie-Messkoffer einen großen Teil der Schülerinnen und Schüler anspricht, die sich zum Teil durch sehr hohe als auch mittlere Ausprägung der Akzeptanz von Technik allgemein auszeichnen. Weniger positiv bewertet wird das Thema

allerdings von Jugendlichen, die sich durch eine hohe Nutzung technischer Geräte mit einem gleichzeitig eher geringen Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten auszeichnen.

Des Weiteren wurde der Frage nachgegangen, welche Rolle die Einstellungen für die Wirkung des Unterrichts spielen (Fragestellung 25). Positive Entwicklungen im Interesse und den negativen Empfindungen zeigen sich dabei insgesamt für zwei Gruppen, die sich hinsichtlich der Einstellung gegenüber Technik durch ein hohes Vertrauen in ihre technischen Fähigkeiten auszeichnen sowie eine Gruppe, die Chancen neuer Technologien im Vergleich zu anderen Gruppen besonders hoch einschätzen. Keine signifikanten Änderungen hinsichtlich des Interesses am Messen, den negativen Empfindungen und des Verhaltens zeigen sich innerhalb der Interventionsstichprobe für eine Gruppe, welche eine hohe tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte und eine geringe Technikkontrollüberzeugung aufweist. Sie zeigen gleichzeitig eine signifikant geringere Akzeptanz des Themas als andere Gruppen. Denkbar wäre, dass es sich hier um Jugendliche handelt, die insbesondere den klassischen quantitativen Zugang zu Technik wie Mechanik, Maschinenbau oder Physik schätzen. Wird diese Technik durch sozialere Aspekte erweitert, scheint sich dies negativ auf ihre Akzeptanz auszuwirken. Alternativ könnte es sich bei der Gruppe jedoch auch um Jugendliche handeln, die technische Geräte besonders unreflektiert nutzt. So können sie technische Geräte zwar bedienen, verstehen aber kaum deren Funktionsweise. Hinsichtlich der Wirkung scheint sich der Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer weder positiv noch negativ auf ihr Interesse, die negativen Empfindungen oder das Verhalten auszuwirken. Alternativ könnte die Gruppe jedoch technische Alltagsgeräte auch besonders unreflektiert nutzen und wäre dabei an der Funktionsweise und Hintergrundinformationen nicht interessiert. Diese fände den Ergonomie-Messkoffer selbst daher eventuell interessant, wäre jedoch am technischen Problemlöseprozess und der Betrachtung des Prozesses auf der Meta-Ebene wenig interessiert. Um unter Jugendlichen die unreflektierte Nutzung von Technik zu verhindern, wäre es sinnvoll, diese Jugendlichen durch Unterrichtsangebote anzusprechen.

Ebenfalls keine signifikante Veränderung im Interesse zeigt sich für eine Gruppe von Jugendlichen, die sich signifikant skeptischer gegenüber Chancen neuen Technologien zeigt. Jedoch weisen die negativen Empfindungen eine signifikante Abnahme auf. Damit könnte ein Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer also nicht nur dazu beitragen das Interesse von Jugendlichen anzuregen, sondern auch negative Empfindungen zu verringern. Dies scheint gerade bei Jugendlichen wichtig, die gegenüber Technik weniger positiv eingestellt sind.

6 Diskussion

Ziel dieser Dissertation war es, Möglichkeiten und Grenzen von Experimentier- und Messkoffern als Instrument zur Gestaltung eines interessen- und kompetenzfördernden Unterrichts zu analysieren und dabei herauszufinden, welche Rolle die Akzeptanz von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern dabei spielt. Am Beispiel des Ergonomie-Messkoffers wurde die Gelegenheit genutzt, neben der Wirkung auf die Schülerinnen und Schüler auch die Implementation in der Schule durch die Lehrkraft sowie die Rolle der Akzeptanz des Koffers durch die Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler empirisch mit Hilfe eines mixed-methods Designs zu untersuchen. Die Arbeit verfolgte damit die Absicht, bestehende Forschungsergebnisse zur Steigerung des Interesses von Schülerinnen und Schülern an Naturwissenschaften und insbesondere an Technik zu ergänzen, sowie Stärken und Problemlagen von Experimentier- und Messkoffern zu identifizieren und daraus einen Ausblick für die Forschung und die pädagogische Praxis zu geben. In den folgenden Kapiteln werden die zentralen Befunde der Arbeit methodisch (Kapitel 6.1) und inhaltlich (Kapitel 6.2) diskutiert. Kapitel 6.3 gibt anschließend einen Ausblick auf mögliche Anknüpfungspunkte für die Forschung und weitere Anknüpfungen in der pädagogischen Praxis.

6.1 Übergreifende Diskussion des Untersuchungsdesigns

Als explorative Interventionsstudie mit einem multimethodischen und längsschnittlichen Untersuchungsdesign und der Berücksichtigung verschiedener Akteure profitierte die Dissertation von einer vielfältigen und praxisnahen Perspektive auf den Untersuchungsgegenstand. Gleichzeitig ergaben sich durch diesen Zugang auch einige methodische Einschränkungen, welche in Kürze dargestellt werden.

Mit der Fokussierung der Untersuchungen auf den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers innerhalb eines Schuljahres, beschränkt sich die Stichprobe auf eine ausgewählte Auswahl von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern. Allerdings ermöglichen diese einen umfassenden Blick auf den Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer. Gleichzeitig muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass es sich bei den Lehrkräften um eine Stichprobe handelt, die überwiegend in Bayern unterrichtet und sich freiwillig für das Angebot entschieden hat. Dies ist mit dem Nachteil verbunden, dass die Befunde nur schwer für die durchschnittliche Lehrkraft verallgemeinerbar sind. Zudem konnte die Stichprobe der Lehrkräfte nicht systematisch variiert werden, um beispielsweise Effekte des Geschlechts oder der Berufserfahrung zu kontrollieren. Auch für die Stichprobe der Schülerinnen und Schüler kann die Repräsentativität angezweifelt werden, falls Lehrkräfte den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers für Klassen auswählten, von denen sie ein Interesse an dem Thema oder am naturwissenschaftlichen und technischen

Arbeiten erwarteten. Letzterem Problem wurde jedoch mit einer Kontrollstichprobe der Schülerinnen und Schüler des PISA 2015 Feldtests begegnet, um mögliche Abweichungen hinsichtlich der Einstellungen gegenüber Technik vergleichen zu können.

Die erfolgte Erhebung mit standardisierten Fragebögen aber auch die „offene“ Erfassung von Gestaltungsmerkmalen birgt besonders für die Erhebung unter den Lehrkräften Vor- und Nachteile. Während in der Fragebogenerhebung gerade quantitative Aussagen standardisiert erhoben werden können, kann nur schwer auf die Besonderheit der untersuchten Unterrichtseinheiten eingegangen werden. Dahingegen bietet die qualitative Erhebung den Vorteil eines möglichst offenen Einblickes in den Untersuchungsgegenstand, weist jedoch Abhängigkeiten von der Offenheit des Interviewpartners, der Interviewsituation, den Fragestellungen und den Auswertungskategorien auf. Aus diesem Grund wurde sich in der vorliegenden Studie für eine Mischung beider Erhebungsmethoden entschieden. Dies führte zum Teil jedoch dazu, dass Lehrkräfte den Aufwand der Erhebung als überdurchschnittlich hoch empfanden. So entschieden sich einige Lehrkräfte dazu, auf einen Teil der Erhebung zu verzichten, was wiederum zu Lücken in der Erhebung und zu fehlenden Angaben führte. Darüber hinaus wurden die Interviews mit den Lehrkräften retrospektiv nach einem Monat geführt, was zu Verzerrungen in der Wahrnehmung der Lehrkräfte führen könnte.

Der längsschnittliche Charakter der zweiten Teilstudie bietet den Vorteil, dass Entwicklungen der Schülerinnen und Schüler über drei Messzeitpunkte hinweg beobachtet werden können. Gleichzeitig bergen längsschnittliche Untersuchungen immer die Gefahr der Stichprobenmortalität (Hasselhorn et al., 2014). Dieser Verlust von Umfragedaten kann zu einer Reduzierung der Repräsentativität der Stichprobe und der Aussagekraft der Studie führen. Gleichzeitig stellt die Erhebung des Interesses zu drei Messzeitpunkten gerade für das situationale Interesse eine geringe Anzahl von Messzeitpunkten dar. Denn bereits während einer Unterrichtsstudie kann das situationale Interesse verschiedene Ausprägungen annehmen. Um jedoch den Unterrichtsfluss nicht zu stark durch das Ausfüllen von Fragebögen zu stören, wurde die Beschränkung auf drei Messzeitpunkte als geeigneter Mittelweg gewählt.

Darüber hinaus wurde beim Umgang mit Missings ein Verfahren gewählt, bei dem Schülerinnen und Schüler mit überwiegend fehlenden Daten ausgeschlossen wurden. Ein alternatives Verfahren wären Imputationsverfahren gewesen, bei dem fehlende Werte der Schülerinnen und Schüler auf Grund von Schätzverfahren vervollständigt werden. Als explorative Studie sollte sich der Daten jedoch auf möglichst realitätstreuer Weise genähert werden, weswegen zweite Variante nicht gewählt wurde.

Neben dem Datenverlust auf Grund der längsschnittlichen Untersuchung stellte auch die eigenverantwortliche Erhebung auf Seiten der Lehrkraft eine zusätzliche Herausforderung für die Datenerhebung dar. Damit Lehrkräfte den Ergonomie-Messkoffer spontan ohne ständige

Rücksprache mit den Projektmitarbeitern im Unterricht einsetzen konnten und trotzdem an der Erhebung teilnahmen, wurde der Einsatz der Fragebögen vorab durch eine Projektmitarbeiterin oder einen Projektmitarbeiter erklärt. Das Ausfüllen der Lehrerfragebögen sowie das Austeilen und Einsammeln und Weiterleiten der Schülerfragebögen lag damit anschließend in der Verantwortung der Lehrkräfte. Dabei ergaben sich nach Angaben der Lehrkräfte zum Teil Verluste von Daten auf Grund von organisatorischen Rahmenbedingungen wie das Aufteilen der Klasse, Versäumnisse der Lehrerinnen und Lehrer oder Krankheitsfälle unter den Schülerinnen und Schülern. Um einen systematischen Stichprobenausfall auszuschließen, wurden Signifikanztests für Schülerinnen und Schüler mit und ohne Missings berechnet.

Durch die geringe Stichprobengröße war es der Arbeit nicht möglich, die Mehrebenenstruktur mit Hilfe einer Mehrebenenanalyse zu berücksichtigen. Eine Mehrebenenanalyse stellt jedoch eine Möglichkeit da um Zusammenhänge, Varianzen und Signifikanzniveaus weniger fehleranfällig einzuschätzen (Silvia, Henson & Templin, 2009). Ferner besteht auf Grund der Stichprobengröße eine eingeschränkte Kontrolle über die Versuchsbedingungen hinsichtlich der Rahmenbedingungen, der unterrichtlichen Gestaltungsmerkmale und der Zusammensetzung der Klassen. Dabei würde die Arbeit von der Realisierung einer Kontrollgruppe profitieren, welche nicht mit Experimentier- und Messkoffern arbeitet. Offen bleibt hier jedoch die Frage, wie der Unterricht für eine geeignete Kontrollgruppe alternativ gestaltet sein könnte. Denn ob das Lesen eines Textes oder die Durchführung von Messungen ohne ein Messgerät sinnvolle Aussagen über die Wirkung eines Experimentier- und Messkoffers zulässt, scheint fragwürdig.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Hauptstudie muss einschränkend noch beachtet werden, dass der Unterricht lediglich in Hinblick auf das Angebot erfasst. Inwieweit Schülerinnen und Schüler das Angebot wahrnehmen, wurde dabei nicht berücksichtigt. Grund dafür ist insbesondere die beschränkten zeitlichen Kapazitäten für Befragungen der Schülerinnen und Schüler. Diese Perspektive der Schülerinnen und Schüler wurde daher lediglich in der Pilotierung berücksichtigt.

6.2 Übergreifende Diskussion der zentralen Befunde

Die vorliegende Arbeit thematisiert Möglichkeiten und Grenzen von Experimentier- und Messkoffern als Tool um das Interesse von Schülerinnen und Schülern über einen stärker problemorientierten Unterricht zu fördern. In vorherigen Kapitel wurden die Ergebnisse der Pilot- und Hauptstudie mit drei Teilstudien inhaltlich und methodisch diskutiert. Darauf aufbauend werden in dem folgenden Kapitel nun zentrale Ergebnisse diskutiert.

Eine gute naturwissenschaftlich-technische Bildung bildet die Voraussetzung dafür, dass junge Menschen den gesellschaftlich-technologischen Wandel mündig, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst mitgestalten können (acatech & Körber-Stiftung, 2019). Das Interesse

diesbezüglich anzuregen gilt daher als ein zentrales Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die vorliegende Dissertation untersucht diesbezüglich das Potential von Experimentier- und Messkoffern, um den Unterricht lebensweltbezogener zu gestalten und dadurch das Interesse anzuregen.

Eine Möglichkeit von Experimentier- und Messkoffern besteht darin, einen Unterricht zu gestalten, der durch die Auseinandersetzung mit authentischen Problemen einen Lebensweltbezug herstellt. So zeigen die Ergebnisse, dass der Unterricht mit Experimentier- und Messkoffern authentische, problemorientierte und kooperative Lerngelegenheiten liefern kann, in denen Schülerinnen und Schüler Strukturen und gleichzeitig Freiheiten zum eigenständigen Handeln erleben. Schülerinnen und Schüler erarbeiteten dabei beispielhaft am Messen ergonomischer Bedingungen im Klassenzimmer zentrale Denk-, Arbeits-, und Handlungsweisen der Naturwissenschaften und Technik. Der untersuchte Unterricht orientierte sich dabei sowohl an der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als auch am technischen Problemlöseprozess. In letzterem leiteten Schülerinnen und Schüler Maßnahmen auf Basis von Messergebnissen ab und trugen somit kriteriengeleitet zur Verbesserung ihrer eigenen Lernumwelt bei. Technik blieb damit nicht nur ein Produkt zur Kommunikation oder zum Recherchieren von Informationen, sondern zeigte eine Relevanz zur möglichen Verbesserung der eigenen Umwelt. Gleichzeitig erfolgte dabei auch der kritische Umgang mit Daten und deren Auswertung. Mit dem Messen und dem Umgang mit Messgeräten wurde dabei ein Konzept gewählt, welches für Naturwissenschaften und Technik zentral ist (Egbert & Giest, 2017). Gleichzeitig sind mit dem Messen auch Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen verbunden, von denen die natürliche und gesellschaftliche Umwelt der Jugendlichen maßgeblich geprägt sind. Fast täglich nehmen wir bewusst oder unbewusst Beobachtungen und Vergleiche von Zuständen und Eigenschaften vor. Schülerinnen und Schüler im Unterricht damit systematisch und in einem für sie überschaubaren Rahmen zu konfrontieren, kann ihnen helfen, sich zunehmend sicherer darin zu orientieren und dementsprechend zu handeln. Mit dem Bezug zu ihrer eigenen Lebenswelt erleben sie zudem die Relevanz des Konzepts des Messens und können es dadurch leichter mit ihrem Alltag verknüpfen. So bleibt zu hoffen, dass durch die Vermittlung von zentralen naturwissenschaftlichen und technischen Konzepten im Rahmen von authentischen Kontexten aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler junge Menschen heranwachsen, die sie zukünftig mündig in zentralen gesellschaftlichen Fragen und Herausforderungen zeigen.

Damit wies der untersuchte Unterricht nicht nur ein hohes Potential auf, um das Interesse von Schülerinnen und Schülern zu wecken (Rotgans & Schmidt, 2017; Schraw et al., 2001; Y.-M. Tsai et al., 2008). Er begegnete auch der Problematik, dass Technik als eigenständige Disziplin im schulischen Kontext nach wie vor nur wenig Beachtung findet (acatech & Körber-Stiftung, 2019). So erfährt Technik zwar im Fach Physik Erwähnung, wird dabei jedoch oftmals

lediglich als Anwendungsbeispiel oder nur mit einem geringen Lebensweltbezug präsentiert. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass das Verhältnis zwischen Naturwissenschaften und Technik nach wie vor unterschiedlich ausgelegt wird. Während Vertreter der Technik diese als eigene gleichberechtigte Disziplin neben der Technik wahrnehmen, wird sie von verschiedenen Vertretern der Naturwissenschaften als naturwissenschaftliche Anwendungswissenschaft oder als Teil dieser verstanden (Hartmann et al., 2008; M. J. de Vries, 2012). Damit Schülerinnen und Schüler in einer immer digitalisierteren Welt gute Chancen haben, am gesellschaftlichen und beruflichen Leben teilzunehmen, stellt eine reflektierte und kritische Auseinandersetzung mit Technik eine notwendige Voraussetzung dar. Gleichzeitig wird die Omnipräsenz von technischen Geräten jedoch oftmals auch kritisch betrachtet, da Schülerinnen und Schüler gerade durch Smartphones bereits in ihrer Freizeit dem ständigen Einfluss von Technik ausgesetzt sind. Fehlt jedoch die systematische Auseinandersetzung und Begleitung der Kinder und Jugendlichen im Umgang mit Technik, kann dies zu einem naiven und unreflektierten Umgang mit Technik führen (acatech/VDI, 2009; Egbert & Giest, 2017). Durch den stetig wachsenden Markt innovativer technischer Geräte kann der Unterricht jedoch nur fundierte Kenntnisse zur grundlegenden Funktionsweisen von technischen Geräten vermitteln. Das Interesse begünstigt im Anschluss, dass Schülerinnen und Schüler sich darüber hinaus ohne äußere Anreize oder Begleitung mit der Technik vertieft auseinandersetzen. Solange das Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik im schulischen Kontext nicht eindeutig geregelt ist, liegt es im Ermessen der Lehrkraft, wie sie Technik im Unterricht platziert.

Obgleich Experimentier- und Messkoffer insbesondere für Schülerinnen und Schülern konzipiert werden, sind es die Lehrkräfte, welche sich vorab angesprochen fühlen müssen. So erwiesen sich in der vorliegenden Studie die Lehrkräfte als zentrale Akteure, wenn es um die Beschaffung, die Vorbereitung und den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers in der Schule ging. Damit bestätigen die Befunde die bestehende Forschung zur zentralen Rolle der Lehrkräfte bei der Implementation von Bildungstechnologien und innovativen Konzepten an der Schule (Eder, 2015; Gräsel & Parchmann, 2004; Hasselhorn et al., 2014). Lehrkräfte dabei in den Prozess der Konzeption einzubeziehen, erwies sich dabei wie in zahlreichen Projekten als begünstigend (Fey et al., 2004; Krebs, 2008). Auf die Frage, wie man Lehrkräfte zukünftig für neue Unterrichtskonzepte oder außerschulische Angebote erreicht, lieferten die untersuchten Einflussfaktoren der vorliegenden Studie jedoch nur geringe Aufklärung. Merkmale wie das Alter, das Geschlecht, die Erfahrung mit innovativen Unterrichtsmethoden und positive Einstellungen gegenüber Technik ließen sich dabei nicht eindeutig als Merkmal für die Nutzung solcher Experimentier- und Messkoffer identifizieren. Die Lehrkräfte der vorliegenden Stichprobe zeigten sich hinsichtlich dieser Merkmale sehr heterogen. Sie wiesen im Mittel ein hohes Vertrauen in ihre eigenen technischen Fähigkeiten auf. Da sich dieser Befunde jedoch bereits bei Lehrkräften einer repräsentativen Studie zum Umgang von Lehrkräften mit technischen

Geräten zeigen, wird davon ausgegangen, dass eine hohe Ausprägung diesbezüglich unter Lehrkräften normal ist (Bitkom, 2011). Auch die Varianz der untersuchten Merkmale und die geringe Stichprobengröße lassen die Befunde mit Vorsicht betrachten. Etwas klarer zeigen sich die Ergebnisse in der untersuchten Stichprobe für die inhaltliche Relevanz.

Lehrkräfte, die dem Thema Ergonomie eine hohe Wichtigkeit und einen persönlichen Bezug zu den Auswirkungen zuschrieben, wiesen eine längere Vorbereitungszeit auf als andere Lehrkräfte. Ebenfalls gemeinsam hatten die untersuchten Lehrkräfte die hohen Ausprägungen der intrinsischen Motivation und der positiven Einstellungen gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer und seinen Materialien. Damit bestätigen die Ergebnisse Befunde zu Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von neuen Konzepten, Methoden und der Nutzung von Technologien im Unterricht (Eder, 2015; Lipowsky, 2010). Hier erwiesen sich unter anderem die Wichtigkeit, die Relevanz, die Anwendbarkeit und die Freiwilligkeit als zentrale Einflussfaktoren auf die Akzeptanz (Blumenfeld et al., 2000; Drossel et al., 2018; Haag & Dann, 2001; Lipowsky, 2010; Staub & Stern, 2002). Ob das Thema Ergonomie dabei auf Grund des hohen Anwendungsbezugs an der Schule oder auf Grund der Nähe zu Themen der Lehrergesundheit relevant ist, konnte mit der vorliegenden Studie jedoch nicht eindeutig identifiziert werden.

Darüber hinaus bieten Experimentier- und Messkoffer Möglichkeiten einer Breitenförderung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich. So schienen im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer insbesondere Schülerinnen und Schüler zu profitieren, die sich vorab noch wenig interessiert zeigten und dabei von der Lehrkraft betreut und begleitet wurden. Während ihr Interesse anstieg, erlebten ihre negativen Empfindungen im Unterricht einen leichten Rückgang, der sich auch über einen Monat als stabil erwies. Gleichzeitig sank das Interesse der interessierten Schülerinnen und Schüler nicht ab, sondern zeigte sich zusammen mit geringen negativen Empfindungen über die Unterrichtseinheit auch einen Monat danach noch. Auch das Geschlecht erwies sich in der untersuchten Stichprobe im Vergleich zum Ausgangsinteresse als kaum relevantes Merkmal. Ähnlich wie bei Häussler und Hoffmann (1995) und Hannover und Kessels (2002) profitieren sowohl Mädchen als auch Jungen von dem Unterricht mit dem Experimentier- und Messkoffer. Beide zeigen im Anschluss an den Unterricht ein höheres Interesse am Messen und geringere negative Empfindungen als vorher. Damit schienen insbesondere Schülerinnen und Schüler im Unterricht mit dem Ergonomie-Messkoffer abgeholt zu werden, die ansonsten möglicherweise Gefahr laufen würden, sich nicht für Naturwissenschaften und Technik zu interessieren oder sich von naturwissenschaftlich-technischen Themen abzuwenden. Nach dem Matthäus-Prinzip *Wer hat, dem wird gegeben* erreichen schulische und außerschulische Angebote der Naturwissenschaften und Technik meist Schülerinnen und Schüler, die bereits eine Affinität für diese Disziplinen aufweisen (Steegeh, Höffler & Parchmann, 2019). Obgleich sich dies in der vorliegenden Studie nicht zeigt, sind es gerade in Technik oftmals die Mädchen, die ihre Kompetenzen auf Grund fehlender Vorerfahrungen

und einer geringen Selbstwirksamkeit unterschätzen (Wensierski, 2015). Gerade diese sind aber anschließend in technischen Studiengängen und in technischen Berufen auf dem Arbeitsmarkt unterrepräsentiert (Bundesagentur für Arbeit, 2019).

Bezüglich des untersuchten Interesses am Messen muss man jedoch davon ausgehen, dass es sich dabei nach dem Four-Phase Modell der Interessenentwicklung nach Hidi und Renninger (2006) um eine der ersten Entwicklungsschritte handelt, in denen das Interesse der Schülerinnen und Schüler noch sehr stark durch äußere Anreize geweckt und aufrechterhalten wird. Experimentier- und Messkoffer könnten jedoch bei regelmäßiger Nutzung die Funktion erfüllen, positive Lernerlebnisse im naturwissenschaftlichen Unterricht zu schaffen und durch eine Stabilisierung des situationalen Interesses die Offenheit der Schülerinnen und Schüler gegenüber Naturwissenschaften und Technik möglichst lange aufrechterhalten. Im Sinne eines lebenslangen Lernens könnten Schülerinnen und Schüler dabei wichtige Chancen eröffnet werden. Denn in unserem Alltag sind Naturwissenschaften und Technik in Form von technischen Alltagsgeräten und grundlegenden Konzepten omnipräsent. Mit Blick auf den durch Digitalisierung und Industrie 4.0 geprägten Arbeitsmarkt eröffnen sich durch ausgebildete Kompetenzen sowie die Freude und Interesse an Naturwissenschaften und Technik, vielfältige Chancen auf einen zukunftssträchtigen Arbeitsplatz (Bundesagentur für Arbeit, 2019).

Damit Schülerinnen und Schüler Experimentier- und Messkoffer im Unterricht tatsächlich nutzen und diese damit auf das Interesse wirken können, zeigt sich deren Einstellung gegenüber Technik im Allgemeinen und gegenüber dem Koffer selbst als relevant. Während die Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer fast überwiegend positiv eingestellt sind, erweist sich der Einfluss der Einstellungen gegenüber Technik als deutlich komplexer. So erweisen sich insbesondere Merkmalskonstellationen als günstig, bei denen Schülerinnen und Schüler mit einem hohen Vertrauen in ihre eigenen technischen Fähigkeiten eine durchschnittlichen Chancen-Einschätzung neuer Technologien zusammen mit einer durchschnittlichen Nutzung technischer Alltagsgeräte aufweisen. Ebenfalls günstig für die Wirkung erweisen sich Schülerinnen und Schüler, die zwar ein durchschnittliches Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten besitzen, jedoch neben der durchschnittlichen Nutzung den Chancen neuer Technologien überdurchschnittlich positiv gegenüberstehen. Weniger profitieren konnten hingegen Schülerinnen und Schüler, die zwar eine überdurchschnittliche Nutzung technischer Alltagsgeräte aufweisen, jedoch ein geringes Vertrauen in ihre eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie eine sehr skeptische Einstellung gegenüber neuen Technologien aufweisen. Damit bestätigt die Arbeit, dass Einstellungen gegenüber Technik vielschichtig sind (Neyer et al., 2012). Gleichzeitig weisen die Befunde darauf hin, dass insbesondere die positiven Einstellungen gegenüber den eigenen technischen Fähigkeiten oder neuen Technologien einen größeren Einfluss auf die Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers hat als die häu-

fige Nutzung technischer Alltagsgeräte selbst. Dies könnte als Hinweis darauf verstanden werden, dass beim Einsatz des Ergonomie-Messkoffers nicht allein die Nutzung des Messgeräts im Vordergrund steht, sondern insbesondere die Einbettung und Nutzung des Messgeräts zur Exploration naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse. Schülerinnen und Schüler, die allein der Nutzung technischer Geräte positiv eingestellt sind, könnten hierbei eventuell nicht auf ihre Kosten kommen. Gleichzeitig birgt der unreflektierte und unbewusste Umgang mit Technik jedoch Gefahren, der eine naturwissenschaftliche und technische Grundbildung entgegenwirken sollte. Um hier jedoch fundierte Aussagen treffen zu können, bedarf es weiterer Forschung.

6.3 Fazit und Ausblick

Nachdem die vorherigen Kapitel methodische Einschränkungen der Arbeit dargestellt und die zentralen Befunde der Arbeit diskutiert wurden, gibt das folgende Kapitel nun einen Ausblick für die Forschung und pädagogische Praxis. Dabei werden mit einem Fazit der untersuchten Befunde weitere Anknüpfungspunkte für weitere Forschungen aufgezeigt. Diese gehen von Ideen zum Individuum des Schülers, über die Lehrkraft als zentraler Vertreter der Institution Schule bis hin zu schulische Rahmenbedingungen. Anschließend werden darüber hinaus weitere Ideen für die pädagogische Praxis untersucht.

Die Befunde der vorliegenden Dissertation zeigten, dass das Interesse von weniger interessierte Schülerinnen und Schüler vom Einsatz von Experimentier- und Messkoffern profitiert. Nicht berücksichtigt wurde dabei die Wirkung auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Denn während die Motivation der Jugendlichen in problemorientierten Lernumgebungen oftmals positiv bewertet wird, zeigt sich in der Wirkung auf die Kompetenzen oftmals nur ein geringer bis mittlerer Effekt auf die Leistung (Hattie, 2010). Des Weiteren gilt es in Studien herauszufinden, ob neben den weniger interessierten Schülerinnen und Schüler auch leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler vom Einsatz von Experimentier- und Messkoffern im Unterricht profitieren können. Neben der Leistung als Output gilt es, in zukünftigen Forschungen daher auch Einflüsse von leistungsbezogenen Merkmalen auf die Wirkung von Experimentier- und Messkoffern zu betrachten. So zeigen sich in der bestehenden Forschung immer wieder Zusammenhänge zwischen dem Interesse und der fachbezogenen Leistung (Köller et al., 2001). Eine Herausforderung bei der Erhebung der Leistung zeigt sich jedoch insbesondere in der Wahl eines geeigneten Maßes. Hier wäre die Berücksichtigung der Leistung anhand von Notenabfragen oder kleinen Wissenstests vorstellbar. Gleichzeitig wäre bei der Betrachtung der Leistung als Output auch das Wissen über das jeweilige Themengebiet des Koffers (z.B. Ergonomie, Astronomie) oder die Betrachtung grundlegender naturwissenschaftlicher und technischer Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen wie zum Beispiel Wissen

und Fertigkeiten im Umgang mit Messergebnissen und Messgeräten oder der Umgang mit komplexen Problemen denkbar. Hier sollte jedoch das Maß der Erhebung an die Dauer des Koffereinsatzes im Unterricht angepasst werden.

Ausgehend von Geschlechterunterschieden in der Nutzung technischer Geräte in der Freizeit wäre die Untersuchung zu Unterschieden im Umgang mit technischen Geräten aufschlussreich. Dabei könnten mögliche Strategien für den Umgang mit technischen Geräten identifiziert werden, mit denen die zukünftige Ansprache von Schülerinnen und Schülern durch technische Geräte erleichtert werden könnte. So wären gerade bei Schülerinnen und Schülern mit einem geringen Vertrauen in die eigenen technischen Fähigkeiten die Zuhilfenahme einer Anleitung vorstellbar. Mit einer Beobachtungsstudie könnten dabei wichtige Hinweise über den Umgang mit technischen Geräten gefunden werden.

Die vorliegende Arbeit liefert bereits erste Hinweise darauf, wie Experimentier- und Messkoffer im Unterricht eingesetzt werden können. Dabei beschränkte sich die Arbeit auf die fünf zentralen Merkmale der authentischen Problemstellung, der Struktur, der Begleitung durch die Lehrkraft, der kooperativen Lernformen und der Handlungsorientierung. Neuere Modelle zum Unterricht gehen jedoch davon aus, dass für die Wirkung des Unterrichts nicht allein das Angebot, sondern insbesondere die tatsächliche individuelle Nutzung durch die Schülerinnen und Schüler bedeutsam ist. Dabei könnte die Perspektive der Schülerinnen und Schüler durch einfache Fragebogenerhebungen berücksichtigt werden, welche zusätzlich zu den Ausprägungen des Interesses untersucht werden könnte.

Die vorliegende Studie untersuchte die Einflussfaktoren auf die Akzeptanz, um unter anderem Hinweise darauf zu finden, inwieweit Lehrkräfte zukünftig für die Teilnahme an Zusatzangeboten an Schulen oder wissenschaftlichen Studien im schulischen Kontext begeistert werden können. Dabei zeigt sich, dass die untersuchten Lehrkräfte eine hohe intrinsische Motivation aufweisen. Inwieweit dies ein entscheidender Einflussfaktor auf die Durchführung und Wirkung des Unterrichts ist, gilt es in weiterführender Forschung zu untersuchen. Dies wäre mit Hilfe eines experimentellen Designs zum Vergleich von Lehrkräften mit einer hohen intrinsischen Motivation und Lehrkräften, die auf Grund von externen Anreizen das Zusatzangebot im Unterricht einsetzen, zu untersuchen.

Die Befunden zu Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Lehrkräften lieferten Hinweise auf Unterschiede im Belastungserleben der Lehrkräfte durch ergonomische Bedingungen. Während Arbeitsplätze in Unternehmen strengen Richtlinien hinsichtlich der ergonomischen Gestaltung unterliegen, ist über die Ergonomie an Schulen noch immer wenig bekannt. In zukünftigen Forschungen sollte daher die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler vertieft untersucht werden. Denkbar wäre dabei die

Erhebung ergonomischer Bedingungen während der Erhebung von länderübergreifenden Leistungstests.

Angesichts der vorliegenden Befunde stellt sich die Frage, inwieweit Implikationen für die pädagogische Praxis zur Unterrichtsgestaltung und Interessenförderung abgeleitet werden können. Für die Unterrichtsgestaltung kann als erste Implikation festgehalten werden, dass Experimentier- und Messkoffer zu einem höheren Lebenswelt- und Anwendungsbezug im Unterricht beitragen können. Dieser Lebensweltbezug könnte einen wichtigen Baustein bei der Förderung der Interessen und der Anwendbarkeit des Erlernten im Alltag darstellen. Darüber hinaus ist für die Unterrichtsgestaltung festzuhalten, dass Experimentier- und Messkoffer Möglichkeiten bieten, Technik als eigenständige Disziplin im naturwissenschaftlichen Unterricht zugänglich zu machen. Daran anschließend sollte diskutiert werden, was Lehrkräfte dazu bewegt, solche Tools im Unterricht vermehrt einzusetzen. Ein Befund der vorliegenden Arbeit ist, dass ein Zusammenhang zwischen dem Engagement der Lehrkräfte und der persönlichen Relevanz des Inhalts zu bestehen scheint. Dies könnte als Hinweis für die Gestaltung von Tools und nicht zuletzt auch zur Gewinnung von Lehrkräften für innovative Unterrichtskonzepte verstanden werden.

Bezüglich der pädagogischen Handlungsempfehlungen für die Interessenförderung könnten Experimentier- und Messkoffer eine Möglichkeit bieten, eine naturwissenschaftliche und technische Breitenförderung zu unterstützen. Mögliche Risikogruppen konstant im Bildungssystem miteinzubeziehen und eine Offenheit bezüglich naturwissenschaftlicher und technischer Themen möglichst lange sicherzustellen, ist nicht zuletzt von bildungspolitischer Bedeutung. Die Offenheit für eine systematische Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften und Technik ist dabei vor dem Hintergrund der Omnipräsenz technischer Geräte im Alltag junger Menschen von höchster Relevanz.

Literaturverzeichnis

- Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2335–2353. <https://doi.org/10.1080/09500690802342836>
- Acatech & Körber-Stiftung (Hrsg.). (2019). *MINT Nachwuchsbarometer 2019*. Verfügbar unter https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2019/06/MINT_NB_2019-1.pdf
- Acatech/VDI. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften*. Verfügbar unter https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/NaBaTech_Bericht_Final_210709_einzel.pdf
- Albanese, M. A. & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52–81.
- Alexander, J. M., Johnson, K. E. & Kelley, K. (2012). Longitudinal Analysis of the Relations Between Opportunities to Learn About Science and the Development of Interests Related to Science. *Science Education*, 96(5), 763–786. <https://doi.org/10.1002/sce.21018>
- Ardies, J., Maeyer, S. de & Gijbels, D. (2015). A longitudinal study on boys' and girls' career aspirations and interest in technology. *Research in Science & Technological Education*, 33(3), 366–386. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1060412>
- Avsec, S. & Jamšek, J. (2016). Technological literacy for students aged 6–18. A new method for holistic measuring of knowledge, capabilities, critical thinking and decision-making. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 43–60. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9299-y>
- Baram-Tsabari, A. & Yarden, A. (2005). Characterizing children's spontaneous interests in science and technology. *International Journal of Science Education*, 27(7), 803–826. <https://doi.org/10.1080/09500690500038389>
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3–12. <https://doi.org/10.1002/tl.37219966804>
- Baumert, J. & Köller, O. (1998). Interest research in secondary level I: An overview. In L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renninger & J. Baumert (Eds.), *Interest and learning. Proceedings of the Seeon Conference on Interest and Gender* (pp. 241–256). Kiel: IPN.
- Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Eggert, S., Elster, D., Grube, C., Hößle, C. et al. (2007). Biologie im Kontext? Erste Forschungsergebnisse. *MNU*, 60(5), 304–313.

- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370. <https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- Bernholt, S. (Hrsg.). (2013). *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik). Kiel: IPN.
- Betz, A. (2018). Der Einfluss der Lernumgebung auf die (wahrgenommene) Authentizität der linguistischen Wissenschaftsvermittlung und das Situationale Interesse von Lernenden. *Unterrichtswissenschaft*, 46(3), 261–278. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0021-0>
- Betz, A., Flake, S., Mierwald, M. & Vanderbeke, M. (2016). Modelling authenticity in teaching and learning contexts. A contribution to theory development and empirical investigation of the construct. In C.-K. Looi, J. Polman, U. Cress & P. Reimann (eds.), *Transforming Learning, Empowering Learners* (S. 815–818).
- Bitkom (Bitkom, Hrsg.). (2011). *Schule 2.0. Eine repräsentative Untersuchung zum Einsatz elektronischer Medien an Schulen aus Lehrersicht*. Verfügbar unter <https://www.lehrerfreund.de/schule/1s/lehrer-technik-bitkom-studie/4310>
- Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J., Marx, R. W. & Soloway, E. (2000). Creating Usable Innovations in Systemic Reform: Scaling Up Technology-Embedded Project-Based Science in Urban Schools. *Educational Psychologist*, 35(3), 149–164. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3503_2
- Bong, M. (2001). Role of Self-Efficacy and Task-Value in Predicting College Students' Course Performance and Future Enrollment Intentions. *Contemporary Educational Psychology*, 26(4), 553–570. <https://doi.org/10.1006/ceps.2000.1048>
- Bong, M. & Skaalvik, E. M. (2003). Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really? *Educational Psychology Review*, 15(1), 1–40. <https://doi.org/10.1023/A:1021302408382>
- Bormann, I. (2011). *Zwischenräume der Veränderung. Innovationen und ihr Transfer im Feld von Bildung und Erziehung*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92709-1>
- Bortz, J. & Döring, N. (2015). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Wiesbaden: Springer.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schippert, K. et al. (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Brandt, A., Möller, J. & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? Ein Kontrollgruppenexperiment mit Follow up- Erhebung zu Effekten auf

- Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(1), 5–12.
<https://doi.org/10.1024/1010-0652.22.1.5>
- Brovelli, D. & Wilhelm, M. (2009). Problemorientiertes Lernen für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, (2), 65–72.
- Buccheri, G., Gürber, N. A. & Brühwiler, C. (2011). The Impact of Gender on Interest in Science Topics and the Choice of Scientific and Technical Vocations. *International Journal of Science Education*, 33(1), 159–178. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518643>
- Bundesagentur für Arbeit. (2016). *Der Arbeitsmarkt in Deutschland – MINT-Berufe*. Verfügbar unter <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Berufe/generische-Publikationen/Broschuere-MINT.pdf>
- Bundesagentur für Arbeit. (2019). *Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt. MINT-Berufe*. Verfügbar unter <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Berufe/generische-Publikationen/Broschuere-MINT.pdf>
- Bybee, R. & McCrae, B. (2011). Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7–26. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518644>
- Chiu, M. M. & Xihua, Z. (2008). Family and motivation effects on mathematics achievement: Analyses of students in 41 countries. *Learning and Instruction*, 18, 321–336.
- Csikszentmihalyi, M. (1985). *Das flow-Erlebnis: jenseits von Angst und Langeweile. im Tun aufgehen* (Konzepte der Humanwissenschaften). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A. et al. (2006). Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and Aging*, 21(2), 333–352. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.2.333>
- Dahms, R. & Haesner, M. (2018). Akzeptanz von Informations- und Kommunikationstechnologien bei Senioren. *Prävention und Gesundheitsförderung*, 13(1), 46–52. <https://doi.org/10.1007/s11553-017-0610-5>
- Daniels, Z. (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 69). Münster: Waxmann.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 222–238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (Eds.). (2002). *The handbook of self determination research*. Rochester: University of Rochester Press.
- Delisle, R. (1997). *How to use Problem-Based Learning in the classroom*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.

- Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B. & Gräsel, C. (2005). *Chemie im Kontext. Hinweise zur Konzeption, Durchführung und Evaluation von Unterrichtseinheiten*. Verfügbar unter <http://www.chik.de/Leitfaden/lehrerleitfaden.pdf>
- Desch, I., Basten, M., Großmann, N. & Wilde, M. (2017). Geschlechterdifferenzen in der wahrgenommenen Erfüllung der Prozessmerkmale gemäßigt konstruktivistischer Lernumgebungen - Die Effekte von Autonomieförderung durch Schülerwahl. *Journal for educational research online*, 9(2), 156–192.
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as a method. *Science*, 121–127.
- Dierks, P. O., Höffler, T. N., Blankenburg, J. S., Peters, H. & Parchmann, I. (2016). Interest in science: a RIASEC-based analysis of students' interests. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1138337>
- Dochy, F., Segers, M., van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning. A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533–568. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7)
- Drossel, K., Eickelmann, B. & Lorenz, R. (2018). Determinanten der unterrichtlichen Computernutzungshäufigkeit und der medienbezogenen Kooperation. *Unterrichtswissenschaft*, 46(4), 481–498. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0017-9>
- Duffy, T. M., Cunningham, D. J. & Jonassen, D. H. *Constructivism: Implications for the Design and Delivery of Instruction*. New York: McMillan.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in science - from behaviorism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *The international handbook of science education* (pp. 3–25). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Eccles, J. S. (1983). Expectancies, values, and academic behaviours. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 75–146). New York, NY: Freeman.
- Eccles, J. S. (2005). Subjective task value and the Eccles et al. model of achievement-related choices. In A. J. Elliot & C. S. Dweck (Eds.), *Handbook of competence and motivation*. New York: Guilford Press.
- Eder, A. (2015). Akzeptanz von Bildungstechnologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 19–44.
- Egbert, B. & Giest, H. (2017). Naturphänomene sachorientiert (objektiv) untersuchen und verstehen- Temperaturmessung. In H. Giest (Hrsg.), *Die naturwissenschaftliche Perspektive konkret* (Bd. 4, S. 13–24). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Eickelmann, B. (2011). Supportive and hindering factors to a sustainable implementation of ICT in schools. *Journal for Educational Research Online*, 3(1), 75–103.

- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors. Authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken* (Studien zum Physiklernen, Band 36). Dissertation. Berlin: Logos.
- Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Berlin: Logos.
- Ferdinand, H. D. (2014). *Entwicklung von Fachinteresse. Längsschnittstudie zu Interessenverläufen und Determinanten positiver Entwicklung in der Schule* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 89). Münster: Waxmann.
- Fey, A., Gräsel, C., Puhl, T. & Parchmann, I. (2004). Implementation einer kontextorientierten Unterrichtskonzeption für den Chemieunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 238–256.
- Fiebig, E. (2010). *Technikzugang, Technikhaltung und Berufsorientierung bei Schülerinnen und Schülern. Ein Berufsinformationsprojekt* (Beiträge zur Arbeits-, Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Bd. 28). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Fölling-Albers, M. (1995). Interessen von Grundschulkindern. *Grundschule*, 27(6), 24–26.
- Freire, S., Faria, C., Galvão, C. & Reis, P. (2013). New Curricular Material for Science Classes. How Do Students Evaluate It? *Research in Science Education*, 43(1), 163–178. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9247-0>
- Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2010). Beobachten und Experimentieren. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.- 9. Schuljahr* (S. 133–148). Stuttgart: UTB.
- Fullan, M. & Pomfret, A. (1977). Research on Curriculum and Instruction Implementation. *Review of Educational Research*, 47(2), 335–397. <https://doi.org/10.3102/00346543047002335>
- Furtak, E. M. & Kunter, M. (2012). Effects of Autonomy-Supportive Teaching on Student Learning and Motivation. *The Journal of Experimental Education*, 80(3), 284–316. <https://doi.org/10.1080/00220973.2011.573019>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Geijsel, F., Slegers, P., van den Berg, R. & Kelchtermans, G. (2001). Conditions Fostering the Implementation of Large-Scale Innovation Programs in Schools: Teachers' Perspectives. *Educational Administration Quarterly*, 37(1), 130–166. <https://doi.org/10.1177/00131610121969262>
- Gijbels, D., Dochy, F., van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis from the Angle of Assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27–61.

- Gottfried, A. E., Fleming, J. S. & Gottfried, A. W. (2001). Continuity of academic intrinsic motivation from childhood through late adolescence. A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 3–13. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.1.3>
- Gräber, W. & Lindner, M. (2009). Interessenstudie Chemieunterricht: Vergleich 1990 - 2008. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik - Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29 (S. 6–20)*. Münster: LIT-Verl.
- Gräsel, C. (2008). Die Verbreitung von Innovationen im Bildungssystem: Implementation und Transfer. Einführung. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 201–205). Münster: Waxmann.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196–214.
- Gruber, H., Mandl, H. & Renkl, A. (1999). *Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen?* (Bd. 101). München: Ludwig-Maximilians-Universität.
- Guderian, P. & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche. Eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2, 27–36.
- Haag, L. & Dann, H.-D. (2001). Lehrerhandeln und Lehrerwissen als Bedingungen erfolgreichen Gruppenunterrichts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 15(1), 5–15. <https://doi.org/10.1024//1010-0652.15.1.5>
- Haas, M. (2005). Teaching Methods for Secondary Algebra: A Meta-Analysis of Findings. *NASSP Bulletin*, 89(642), 24–46. <https://doi.org/10.1177/019263650508964204>
- Hannover, B. (1992). Mädchen in geschlechtsuntypischen Berufen. Eine quasiexperimentelle Studie zur Förderung des Interesses Jugendlicher an Naturwissenschaften und Technik. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 23(1), 36–45.
- Hannover, B., Bettge, S. & Scholz, P. (1993). *Mädchen und Technik*. Göttingen: Hogrefe.
- Hannover, B. & Kessels, U. (2002). Challenge the science-stereotype. Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 45*, 341–358.
- Hansen, K. H. & Klinger, U. (1997). Interesse am naturwissenschaftlichen Lernen im Sachunterricht- Ergebnisse einer Schülerbefragung. In B. Marquardt-Mau, W. Köhnlein & R. Lauterbach (Hrsg.), *Forschung zum Sachunterricht* (S. 101–121). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hartmann, E., Kussmann, M. & Scherweit, S. (2008). *Technik und Bildung in Deutschland. Technik in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen ; eine Dokumentation und Analyse*. Düsseldorf: VDI Beruf und Gesellschaft.

- Hasni, A. & Potvin, P. (2015). Student's Interest in Science and Technology and its Relationships with Teaching Methods, Family Context and Self-Efficacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 337–366.
- Hasni, A., Potvin, P. & Belletête, V. (2017). The Status of Science and Technology Relative to Other School Subjects. Results of a Study Conducted on Primary and Secondary School Students in Quebec. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 1575–1603. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00686a>
- Hasselhorn, M., Köller, O., Maaz, K. & Zimmer, K. (2014). Implementation wirksamer Handlungskonzepte im Bildungsbereich als Forschungsaufgabe. *Psychologische Rundschau*, 65(3), 140–149. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000216>
- Hattie, J. A. C. (2010). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Haugwitz, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie. Eine experimentelle Untersuchung zum Einfluss auf Interesse und Leistung unter Berücksichtigung von Moderationseffekten individueller Voraussetzungen beim kooperativen Lernen*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Essen. Verfügbar unter urn:nbn:de:hbz:465-20100104-102352-1
- Häussler, P. (2007). Measuring students' interest in physics - design and results of a cross-sectional study in the Federal Republic of Germany. *International Journal of Science Education*, 9(1), 79–92. <https://doi.org/10.1080/0950069870090109>
- Häussler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft*, 23(2), 107–126.
- Häussler, P. & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht- Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 51–67.
- Häussler, P. & Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689–705. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<689::AID-SCE1>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<689::AID-SCE1>3.0.CO;2-L)
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hidi, S., Renninger, K. A. & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. In D. Y. Dai & R. J. Sternberg (Eds.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (pp. 89–115). Mahwah: Erlbaum.

- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3). <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12(4), 447–465. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00010-X)
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Hoffmann, L., Krapp, A., Renninger, K. A. & Baumert, J. (Eds.). (1998). *Interest and learning. Proceedings of the Seeon Conference on Interest and Gender*. Kiel: IPN.
- Hulleman, C. S., Godes, O., Hendricks, B. L. & Harackiewicz, J. M. (2010). Enhancing interest and performance with a utility value intervention. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 880–895. <https://doi.org/10.1037/a0019506>
- Innogy. (2018). *Experimentierkoffer laden zum Ausprobieren ein*. Verfügbar unter <https://news.innogy.com/experimentierkoffer-laden-zum-ausprobieren-ein/>
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology: Research & Development*, 48(4), 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Jones, M. G., Howe, A. & Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180–192. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<180::AID-SCE3>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<180::AID-SCE3>3.0.CO;2-X)
- Kampschulte, L. & Eilert, K. (2016). *ICT tools in school - a practical guide. ICT tools for inquiry based science education - practical ideas for tools and implementation*. Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. Retrieved from http://www.irresistible-project.eu/data_storage/resources/IRRESISTIBLE_ICT-Tools_Practical_Guide_2016.pdf
- Kent, N. & Facer, K. (2004). Different worlds? A comparison of young people's home and school ICT use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 440–455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2004.00102.x>
- King, D., Ritchie, S. M., Sandhu, M. & Henderson, S. (2015). Emotionally Intense Science Activities. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1886–1914. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1055850>
- Kjærnsli, M. & Lie, S. (2011). Students' Preference for Science Careers: International comparisons based on PISA 2006. *International Journal of Science Education*, 33(1), 121–144. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518642>
- Knogler, M. (2014). *Investigating Student Interest in the Context of Problem-based Learning A Design-based Research Study*. Dissertation. Technische Universität München, München.

- Kobarg, M., Prenzel, M., Seidel, T., Walker, M., McCrae, B., Cresswell, J. et al. (2011). *An international comparison of science teaching and learning. Further results from PISA 2006*. Münster: Waxmann.
- Kölbach, E. & Sumfleth, E. (2013). Analyse von Kontexteffekten beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 159–188.
- Köller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. U. (2001). Does interest matter? The relationship between academic interest and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(5), 448–470. <https://doi.org/10.2307/749801>
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 5(38), 747–770. Verfügbar unter <urn:nbn:de:0111-pedocs-139773>
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 185–201.
- Krapp, A. (2001). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. (2. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development. Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- Krapp, A. (2003). Interest and human development: An educational-psychological perspective. *Development and Motivation*, 57–84.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15(5), 381–395. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.007>
- Krapp, A. (2010). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (4. Aufl., S. 311–323). Weinheim: Beltz.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science. Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- Krebs, I. (2008). Wie gelingt die Verbreitung eines Unterrichtsentwicklungsprogramms? Das Beispiel SINUS-Transfer. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 219–231). Münster: Waxmann.
- Krebs, I. (2009). Wie kooperieren Lehrkräfte? In M. Prenzel, A. Friedrich & M. Stadler (Hrsg.), *Von SINUS lernen - wie Unterrichtsentwicklung gelingt* (S. 160–163). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Krumsvik, R. (2005). ICT and Community of Practice. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 49(1), 27–50. <https://doi.org/10.1080/0031383042000302128>

- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59(5), 13–25.
- Künemund, H. & Fachinger, U. (Hrsg.). (2018). *Alter und Technik. Sozialwissenschaftliche Befunde und Perspektiven* (Research). Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21054-0>
- Lambros, A. (2004). *Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms. A Teacher's Guide to Implementation*. Thousand Oaks, California: Crowin Press.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch* (5. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Lavonen, J. & Laaksonen, S. (2009). Context of teaching and learning school science in Finland: Reflections on PISA 2006 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922–944. <https://doi.org/10.1002/tea.20339>
- Law, N. & Chow, A. (2008). Teacher Characteristics, Contextual Factors, and How These Affect the Pedagogical Use of ICT. In N. Law, W. J. Pelgrum & T. Plomp (Eds.), *Pedagogy and Ict Use in Schools Around the World* (CERC Studies in Comparative Education Ser, pp. 181–219). New York: Springer Publishing.
- Lewalter, D. & Willems, A. S. (2009). Die Bedeutung des motivationsrelevanten Erlebens und des individuellen Fachinteresses für das situationale Interesse im Mathematikunterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 56(4), 243–257.
- Lichtblau, M. (2013). *Interessenentwicklung von Kindern aus soziokulturell benachteiligten Familien im Übergang vom Kindergarten zur Schule*. Dissertation. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität, Hannover.
- Lin, H.-s., Hong, Z.-R. & Chen, Y.-C. (2013). Exploring the Development of College Students' Situational Interest in Learning Science. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2152–2173. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.818261>
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 40–58). Münster: Waxmann.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O. & Baumert, J. (2004). The Role of Academic Self-Concept and Interest in Determining Academic Achievement: Proceedings Of The Third International Biennial Self Research Conference.
- Mawson, B. (2010). Children's developing understanding of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10798-008-9062-8>
- Mawson, W. B. (2013). Emergent technological literacy. What do children bring to school? *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 443–453. <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9188-y>

- McIntosh, C. (Ed.). (2013). *Cambridge advanced learner's dictionary* (4th ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mehrer, K. & Forkel-Schubert, J. (2006). Test von Agenda-21-Boxen für Schulen. Nachhaltigkeit aus dem Koffer. *ökopädNEWS*, 173. Verfügbar unter <https://www.umweltbildung.de/1663.html>
- Meßinger-Koppelt, J. & Maxton-Küchenmeister, J. (Hrsg.). (2018). *Naturwissenschaften digital. Toolbox für den Unterricht*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Mitchell, M. (1993). Situational interest. Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 424–436. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.3.424>
- Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0010-8>
- Montrieux, H., Vanderlinde, R., Courtois, C., Schellens, T. & Marez, L. de. (2014). A Qualitative Study about the Implementation of Tablet Computers in Secondary Education: The Teachers' Role in this Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, 481–488. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1192>
- Müller, K., Gartmeier, M. & Prenzel, M. (2013). Kompetenzorientierter Unterricht im Kontext nationaler Bildungsstandards. *Bildung und Erziehung*, 66(2), 84–96. <https://doi.org/10.7788/bue.2013.66.2.127>
- Nachtigall, V., Rummel, N. & Serova, K. (2018). Authentisch ist nicht gleich authentisch – Wie Schülerinnen und Schüler die Authentizität von Lernaktivitäten im Schülerlabor einschätzen. *Unterrichtswissenschaft*, 46(3), 299–319. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0020-1>
- Nawrath, D. & Komorek, M. (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 233-257.
- Neyer, F. J., Felber, J. & Gebhardt, C. (2012). Entwicklung und Validierung einer Kurzskaala zur Erfassung von Technikbereitschaft. *Diagnostica*, 58(2), 87–99. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000067>
- NRC. (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- OECD. (2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>

- Ostermeier, C. (2004). *Kooperative Qualitätsentwicklung in Schulnetzwerken am Beispiel des BLK-Modellversuchsprogramms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Dissertation. Münster: Waxmann.
- Palmer, D. H. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 147–165. <https://doi.org/10.1002/tea.20263>
- Parchmann, I. (2000). Chemie im Kontext - Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. *MNU*, 3, 132–137.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. & Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28, 1041–1062. <https://doi.org/10.1080/09500690600702512>
- Park, S. Y. (2009). An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students' Behavioral Intention to Use e-Learning. *Journal of Educational Technology and Society*, 12(3), 150–162.
- Park, S. Y., Nam, M.-W. & Cha, S.-B. (2012). University students' behavioral intention to use mobile learning: Evaluating the technology acceptance model. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), 592–605. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01229.x>
- Parker, P. D., Marsh, H. W., Ciarrochi, J., Marshall, S. & Abduljabbar, A. S. (2014). Juxtaposing math self-efficacy and self-concept as predictors of long-term achievement outcomes. *Educational Psychology*, 34(1), 29–48. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.797339>
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Pease, M. A. & Kuhn, D. (2011). Experimental analysis of the effective components of problem-based learning. *Science Education*, 95(1), 57–86. <https://doi.org/10.1002/sce.20412>
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Harcourt.
- Plasa, T. (2013). *Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 152)*. Berlin: Logos.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014a). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784–802. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x>
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014b). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels. A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Preckel, D. (2004). Problembasiertes Lernen: Löst es die Probleme der traditionellen Instruktion? *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 274–287.

- Prenzel, M. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse. Ein pädagogisch-psychologisches Erklärungsmodell* (Beiträge zur psychologischen Forschung, Bd. 13). Opladen: Westdt. Verl.
- Prenzel, M., Carstensen, C. H., Senkbeil, M., Ostermeier, C. & Seidel, T. (2005). Wie schneiden SINUS-Schulen bei PISA ab? Ergebnisse der Evaluation eines Modellversuchsprogramms. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8(4), 540–561. <https://doi.org/10.1007/s11618-005-0158-6>
- Prenzel, M. & Drechsel, B. (1996). Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung: Veränderungen in Lernmotivation und Interesse. *Unterrichtswissenschaft*, 24(3), 217–234.
- Prenzel, M., Friedrich, A. & Stadler, M. (Hrsg.). (2009). *Von SINUS lernen - wie Unterrichtsentwicklung gelingt*. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Prenzel, M., Krapp, A. & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 163–173.
- Prenzel, M., Reiss, K. & Hasselhorn, M. (2009). Förderung der Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen. In J. Milberg (Hrsg.), *Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den Zentralen Handlungsfeldern* (S. 15–60). Wiesbaden: Springer.
- Prenzel, M. & Schütte, K. (2008). Interesse an den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme et al. (Hrsg.), *PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich* (S. 95–106). Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Schütte, K. & Walter, O. (2007). Interesse an den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme et al. (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 107–124). Münster: Waxmann.
- Quiring, O. (2006). *Methodische Aspekte der Akzeptanzforschung bei interaktiven Medientechnologien* (Münchener Beiträge zur Kommunikationswissenschaft, Bd. 6). <https://doi.org/10.5282/UBM/EPUB.1348>
- Reich, K. (2003). *Methodenpool*, Universität zu Köln. Verfügbar unter <http://methodenpool.uni-koeln.de/>
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wenn kreative Ansätze versanden: Implementation als verkannte Aufgabe. *Unterrichtswissenschaft*, 26(4), 292–311.
- Renninger, K. A. (2000). Individual interest and its implications for understanding intrinsic motivation. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation. The search for optimal motivation and performance* (Educational psychology series, pp. 375–407). New York: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012619070-0/50035-0>
- Renninger, K. A., Ewen, L. & Lasher, A.K. (2002). Individual interest as context in expository text and mathematical word problems. *Learning and Instruction*, 12(4), 467–490. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00012-3](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00012-3)

- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(2), 159-182.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (Social science). New York: Free Press. Retrieved from <http://www.loc.gov/catdir/bios/simon052/2003049022.html>
- Rost, D. H. & Pruisken, C. (2000). Vereint schwach? Getrennt stark? Mädchen und Koedukation. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14(4), 177–193. <https://doi.org/10.1024//1010-0652.14.4.177>
- Rotgans, J. I. & Schmidt, H. G. (2017). Interest development. Arousing situational interest affects the growth trajectory of individual interest. *Contemporary Educational Psychology*, 49, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.02.003>
- Sammet, R. & Dreesmann, D. (2017). What Do Secondary Students Really Learn during Investigations with Living Animals? Parameters for Effective Learning with Social Insects. *Journal of Biological Education*, 51(1), 26–43. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1150873>
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning. Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Scherer, R. (2013). Further evidence on the structural relationship between academic self-concept and self-efficacy: On the effects of domain specificity. *Learning and Individual Differences*, 28, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.09.008>
- Scherer, R., Siddiq, F. & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & Education*, 128, 13–35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>
- Scheuch, K., Haufe, E. & Seibt, R. (2015). Teachers' Health. *Deutsches Arzteblatt International*, 112(20), 347–356. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0347>
- Schiefele, H., Krapp, A., Prenzel, M., Heiland, A. & Kasten, H. (1983, Juli). *Principles of an Educational Theory of Interest*. 7th Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioral Development, Munich.
- Schiefele, U. (2009). Situational and individual interest. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 197–222). New York/ London: Routledge.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120–148.

- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K. & Lütke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–175). Münster: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Simm, I. & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 99–132). Münster: Waxmann.
- Schmidt, H. G., Loyens, S. M.M., van Gog, T. & Paas, F. (2007). Problem-Based Learning is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 91–97.
- Schmidtner, S. (2017). *Leistungsstarke Jugendliche in Naturwissenschaften. Vertiefende Analysen zu PISA 2006 und PISA 2012*. Dissertation. Technische Universität München, München. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bvb:91-diss-20170907-1361674-1-4>
- Schminke, M., Pfeiffer, P. & Haag, L. (2007). Mehr Interesse am Chemieunterricht durch Praxisorientierung? *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 60, 177–185.
- Schraw, G., Flowerday, T. & Lehman, S. (2001). Increasing situational interest in the classroom. *Educational Psychology Review*, 13(3), 211–224.
- Schumacher, L. (2008). Wodurch wird die Bereitschaft von Lehrkräften zur Mitarbeit an Schulentwicklungsprojekten beeinflusst? In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 279–290). Münster: Waxmann.
- Schumann, S. (2010). Motivationsförderung durch problemorientierten Unterricht? Überlegungen zur motivationstheoretischen Passung und Befunde aus dem Projekt APU. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56(1), 90–111. <https://doi.org/10.5167/uzh-47257>
- Schütte, K. & Köller, O. (2015). 'Discover, Understand, Implement, and Transfer'. Effectiveness of an intervention programme to motivate students for science. *International Journal of Science Education*, 37(14), 2306–2325. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1077537>
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2010). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft, Bd. 44, Bd. 44, S. 28–53). Weinheim: Beltz. Verfügbar unter <http://www.pedocs.de/volltexte/2011/3930/>
- Schwarzmaier, W. (2001). Experimente zur Gentechnik: Elektrophoreseverfahren im Schulunterricht. *Biologie in unserer Zeit*, 31(5), 324–328. [https://doi.org/10.1002/1521-415X\(200109\)31:5<324::AID-BIUZ324>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1521-415X(200109)31:5<324::AID-BIUZ324>3.0.CO;2-7)

- Seidel, T. (2014). Angebots-Nutzungs-Modelle in der Unterrichtspsychologie. Integration von Struktur- und Prozessparadigma. *Zeitschrift für Pädagogik*, 60(6), 850–866.
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsentwicklung* (S. 177–194). Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M. & Kobarg, M. (Eds.). (2005). *How to run a video study. Technical report of the IPN Video Study*. Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Rimmel, R. & Prenzel, M. (2003). Gelegenheitsstrukturen beim Klassengespräch und ihre Bedeutung für die Lernmotivation. Videoanalysen in Kombination mit Schüler-selbsteinschätzungen. *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), 142–165.
- Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade. The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Silvia, P. J. (2003). Self-efficacy and interest: Experimental studies of optimal incompetence. *Journal of Vocational Behavior*, 62(2), 237–249. [https://doi.org/10.1016/S0001-8791\(02\)00013-1](https://doi.org/10.1016/S0001-8791(02)00013-1)
- Silvia, P. J., Henson, R. A. & Templin, J. L. (2009). Are the sources of interest the same for everyone? Using multilevel mixture models to explore individual differences in appraisal structures. *Cognition & Emotion*, 23(7), 1389–1406. <https://doi.org/10.1080/02699930902850528>
- Snyder, J., Bolin, F. & Zumwalt, K. (1992). Curriculum implementation. In W. P. Jackson (Ed.), *Handbook of research on curriculum* (pp. 402–435). New York: Macmillan Publishing Company.
- Sommer, K., Wirth, J. & Rummel, N. (2018). Authentizität der Wissenschaftsvermittlung im Schülerlabor – Einführung in den Thementeil. *Unterrichtswissenschaft*, 46(3), 253–260. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0022-z>
- Sonntag, K., Stegmaier, R. & Jungmann, A. (1998). Implementation arbeitsbezogener Lernumgebungen. Konzepte und Umsetzungserfahrungen. *Unterrichtswissenschaft*, 26(4), 327–347.
- Statistisches Bundesamt. (2018). *Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern und Versicherungen*, Destatis. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Ausstattung-Gebrauchsgueter/Publikationen/Downloads-Ausstattung/evs-ausstattung-privater-haushalte-2152601189004.pdf?__blob=publicationFile

- Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344–355. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.344>
- Steegh, A., Höffler, T. & Parchmann, I. (Eds.). (2019). *It is 2018 and science is still male in German Science Olympiads*. Kiel: IPN.
- Stemmann, J. (2016). *Technische Problemlösekompetenz im Alltag – theoretische Entwicklung und empirische Prüfung des Kompetenzkonstruktes. Problemlösen im Umgang mit technischen Geräten*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Duisburg. Verfügbar unter <urn:nbn:de:hbz:464-20170118-094621-6>
- Stemmann, J. & Lang, M. (2014). Theoretische Konzeption einer allgemeinen technischen Problemlösefähigkeit und Möglichkeiten ihrer Diagnose. *Journal of Technical Education*, 2(1), 80–101.
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories*. Dissertation. Technische Universität Dresden, Dresden.
- Streller, S. (2009). *Förderung von Interesse an Naturwissenschaften. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebots*. Frankfurt am Main: Lang.
- Taskinen, P. H. (2010). *Naturwissenschaften als zukünftiges Berufsfeld für Schülerinnen und Schüler mit hoher naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz. Eine Untersuchung von Bedingungen für Berufserwartungen*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Taskinen, P. H., Schütte, K. & Prenzel, M. (2013). Adolescents' motivation to select an academic science-related career. The role of school factors, individual interest, and science self-concept. *Educational Research and Evaluation*, 19(8), 717–733. <https://doi.org/10.1080/13803611.2013.853620>
- Taylor, J. A., Stuhlsatz, M. A. M. & Bybee, R. W. (2009). Windows into high-achieving Science Classrooms. In R. W. Bybee & B. J. McCrae (Eds.), *PISA science 2006. Implications for science teachers and teaching* (pp. 123–130). Arlington, VA: NSTA Press.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- Tondeur, J., Cooper, M. & Newhouse, C. P. (2010). From ICT Coordination to ICT Integration: A Longitudinal Case Study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(4), 296–306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00351.x>
- Trilling, B. & Fadel, C. (2012). *21st Century Skills. Learning for Life in Our Times*. US: John Wiley & Sons.

- Troebst, S., Kleickmann, T., Lange-Schubert, K., Rothkopf, A. & Moeller, K. (2016). Instruction and Students Declining Interest in Science. An Analysis of German Fourth- and Sixth-Grade Classrooms. *American Educational Research Journal*, 53(1), 162–193. <https://doi.org/10.3102/0002831215618662>
- Tsai, C.-C. (2002). Nested epistemologies. Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771–783. <https://doi.org/10.1080/09500690110049132>
- Tsai, Y.-M., Kunter, M., Lüdtke, O., Trautwein, U. & Ryan, R. M. (2008). What makes lessons interesting? The role of situational and individual factors in three school subjects. *Journal of Educational Psychology*, 100(2), 460–472. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.2.460>
- Van Vorst, H., Fechner, S. & Sumfleth, E. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, S. 311–313). Kiel: IPN.
- Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. (2015). *Bildung. Mehr als Fachlichkeit. Gutachten* (Aktionsrat Bildung, 1. Aufl.). Wiesbaden: Waxmann.
- Vries, M. J. de (2012). Teaching for Scientific and Technological Literacy: An International Comparison. In U. Pfenning & O. Renn (Eds.), *Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Zum Fachkräftemangel und zur Attraktivität der MINT-Bildung und -Berufe im europäischen Vergleich* (Forschungsberichte / Interdisziplinäre Arbeitsgruppen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, vol. 28, pp. 93–110). Baden-Baden: Nomos.
- Vries, T. de, Martin, J. & Paschmann, A. (2006). Heimexperimente - Ein erprobtes Projekt zum Thema Elektrochemie in der Sek. II. *CHEMKON*, 13(4), 171–179. <https://doi.org/10.1002/ckon.200610047>
- Waldis, M. (2012). *Interesse an Mathematik. Zum Einfluss des Unterrichts auf das Interesse von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I* (Empirische Erziehungswissenschaft, Bd. 34). Münster: Waxmann.
- Walker, A. & Leary, H. (2009). A Problem Based Learning Meta Analysis. Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1061>
- Walker, F. (2013). Das technische Experiment - Ein Vergleich von Schüler-, Demonstrationsexperiment und dem lesenden Bearbeiten eines Experiments. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 1(1), 75–97.

- Weaver, J. P., Chastain, R. J., DeCaro, D. A. & DeCaro, M. S. (2018). Reverse the routine. Problem solving before instruction improves conceptual knowledge in undergraduate physics. *Contemporary Educational Psychology*, 52, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.12.003>
- Weber, A. (2005). Problem-Based Learning. Ansatz zur Verknüpfung von Theorie und Praxis. *Beiträge Zur Lehrerinnen Und Lehrerbildung*, 23(1), 94–104. Retrieved from [rn:nbn:de:0111-pedocs-135668](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-135668)
- Wecker, C. & Fischer, F. (2014). Lernen in Gruppen. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 277–296). Weinheim: Beltz.
- Wendt, H., Steinmayr, R. & Kasper, D. (2016). Geschlechterunterschiede in mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen. In H. Wendt, W. Bos, C. Selter, O. Köller, K. Schwippert & D. Kasper (Hrsg.), *TIMSS 2015. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 257–297). Münster: Waxmann.
- Wensierski, H.-J. v. (2015). *Technik und Naturwissenschaft im Jugendalter. Techniksozialisation und Fachorientierungen im Geschlechtervergleich* (Studien zur Technischen Bildung, Bd. 3). Eine empirische Schülerstudie. Opladen: Barbara Budrich.
- Wigfield, A. & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68–81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Wijnia, L., Loyens, S. M.M. & Deros, E. (2011). Investigating effects of problem-based versus lecture-based learning environments on student motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 36(2), 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.11.003>
- Zumbach, J. (2003). *Problemorientiertes Lernen im Hochschulunterricht. Selbstgesteuertes Lernen anhand authentischer Probleme*, Universität Salzburg. Verfügbar unter https://www.sbg.ac.at/mediaresearch/zumbach/download/1999_2006/book_chapters/Zumbach_Beitrag.pdf
- Zumbach, J. (2006). Problembasiertes Lernen: Überlegungen und Ansatz für eine lernerzentrierte Didaktik. In G. Krampen & H. Zayer (Hrsg.), *Didaktik und Evaluation in der Psychologie* (S. 245–260). Göttingen: Hogrefe.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rahmenmodell der Interessengenese nach Krapp (2002)	10
Abbildung 2: Four-Phase Modell der Interessenentwicklung nach Hidi & Renninger (2006) .	12
Abbildung 3: Ablauf des Projekts "Ergonomie für Schulen: Der Ergonomie-Messkoffer"	40
Abbildung 4: Das Messgerät im Einsatz bei Schülerinnen und Schülern	41
Abbildung 5: Ablauf in den Unterrichtsentwürfe mit dem Ergonomie-Messkoffer	44
Abbildung 6: Beispiel für ein erhobenes Lärmdiagramm im Unterricht.....	51
Abbildung 7: Beispiel für die die gefühlte Konzentriertheit im Unterricht	51
Abbildung 8: Untersuchungsdesign der vorliegenden Studien	63
Abbildung 9: Chronologischer Aufbau der Studien und die Erhebungszeitpunkte der drei Teilstudien.....	64
Abbildung 10: Bewertung des Gesamteindrucks des Unterrichts mit dem Ergonomie-Messkoffer aus Schülersicht.....	75
Abbildung 11: Häufigkeit der geclusterten Antworten auf die Frage „Was hat dir (besonders) gefallen? (n = 64 SuS).....	76
Abbildung 12: Häufigkeit der geclusterten Antworten auf die Frage „Was hat dir nicht so gut gefallen und was sollte noch verbessert werden? (n = 37 SuS).....	76
Abbildung 13: Messzeitpunkte der Teilstudie 1	85
Abbildung 14: Häufigkeiten zur Anpassung der Materialien durch die Lehrkräfte	98
Abbildung 15: Ziele der Lehrkräfte für den Einsatz des Ergonomie-Messkoffers	99
Abbildung 16: Messzeitpunkte der Teilstudie 2.....	106
Abbildung 17: Veränderung des wertbezogenen und affektiven Interesses vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention	108
Abbildung 18: Veränderung des wertbezogenen Interesses für Begleitung durch die Lehrkraft	111
Abbildung 19: Veränderung des affektiven Interesses für die Begleitung durch die Lehrkraft	111
Abbildung 20: Veränderung des wertbezogenen Interesses für die kooperativen Lernformen	112
Abbildung 21: Veränderung des affektiven Interesses für die kooperativen Lernformen	112
Abbildung 22: Veränderung des wertbezogenen Interesses für die kooperativen Lernformen	113
Abbildung 23: Veränderung des affektiven Interesses für die kooperativen Lernformen	113
Abbildung 24: Unterschiede in der Nachhaltigkeit für das wertbezogene Interesse in Abhängigkeit der Begleitung.....	114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 25: Veränderung des wertbezogenen Interesses für Jungen (n = 38) und Mädchen (n = 51).....	115
Abbildung 26: Veränderung des affektiven Interesses für Jungen (n = 38) und Mädchen (n = 51).....	116
Abbildung 27: Veränderung der negativen Empfindungen vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention.....	117
Abbildung 28: Veränderung negativen Empfindungen für die Begleitung durch die Lehrkraft	119
Abbildung 29: Veränderung negativen Empfindungen für die kooperativen Lernformen	119
Abbildung 30: Veränderung negativen Empfindungen für Handlungsorientierung	120
Abbildung 31: Veränderung der negativen Empfindungen von Jungen (n = 38) und Mädchen (n = 51).....	120
Abbildung 32: Entwicklung des nachhaltigen Verhaltens	122
Abbildung 33: Entwicklung des nachhaltigen Verhaltens für Jungen (n = 36) und Mädchen (n = 43).....	123
Abbildung 34: Messzeitpunkte der Akzeptanz und Einstellungen der Lehrkräfte	127
Abbildung 35: Zusammenhänge zwischen der Vorbereitungszeit und der Technikkontrollüberzeugung	133
Abbildung 36: Zusammenhänge zwischen der Vorbereitungszeit und der Belastung durch ergonomische Bedingungen.....	133
Abbildung 37: Zusammenhang zwischen der Wichtigkeit des Themas und der Vorbereitungszeit	134
Abbildung 38: Messzeitpunkte der Akzeptanz der Schülerinnen und Schüler.....	139
Abbildung 39: tägliche Nutzung technischer Alltagsgeräte der Interventionsstichprobe	145
Abbildung 40: Ausprägung der Technikakzeptanz, Technikkompetenzüberzeugung und der Technikkontrollüberzeugung der Interventionsstichprobe	146
Abbildung 41: Häufigkeit der Wahl der Chance einer neuen Technologie innerhalb des Clusters von Schülerinnen und Schüler der Interventionsstichprobe	147
Abbildung 42: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die fünf Cluster der stabilen Akzeptanz gegenüber Technik (n = 214).....	149
Abbildung 43: Gesamtbewertung der Unterrichtseinheit durch die Schülerinnen und Schüler	151
Abbildung 44: Ausprägung der Einstellung gegenüber dem Ergonomie-Messkoffer nach Techniktyp.....	152
Abbildung 45: Veränderung des wertbezogenen Interesses für die Techniktypen	153
Abbildung 46: Veränderung des affektiven Interesses für Techniktypen.....	154
Abbildung 47: Veränderung der negativen Empfindungen für Techniktypen.....	154

Abbildung 48: Veränderung des nachhaltigen Verhaltens für Techniktypen155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messbereich und Messwertaufnehmer des verwendeten Multifunktionsmessgerät BAPPU evo42

Tabelle 2: Ausgewählte Beispiele für die fachliche Einbettung und thematische Bezüge zum Lehrplan43

Tabelle 3: möglicher Ablauf der Unterrichtseinheit.....47

Tabelle 4: Mögliches Messverfahren50

Tabelle 5: Stichprobe der Schülerinnen und Schüler der Pilotstudie nach schulisch und außerschulisch getrennt (n = 174)65

Tabelle 6: Übersicht über Skalen, Anzahl der Items und Beispielitem zur Wahrnehmung des Unterrichts.....66

Tabelle 7: Übersicht über Skalen, Anzahl der Items und Beispielitem zur motivationalen Orientierung67

Tabelle 8: Items zu den neu entwickelten Skalen der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers und der nachhaltigen Wirkung68

Tabelle 9: Häufigkeit der durch Schülerinnen und Schüler durchgeführten Aktivitäten69

Tabelle 10: Zustimmung, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Relevanz, Klarheit, Überforderung, Intrinsischen Motivation, Wichtigkeit, affektiven Interesses und der negativen Empfindungen der Schülerinnen und Schüler70

Tabelle 11: Mittelwertsvergleiche zwischen Jungen und Mädchen für Relevanz, Klarheit, Überforderung, Intrinsische Motivation, Wichtigkeit, affektives Interesse und negative Empfindungen71

Tabelle 12: Mittelwertsvergleiche zwischen Settings für die Inhaltliche Relevanz, die Klarheit/Transparenz und die Überforderung, die intrinsische Motivation, das affektive Interesse, die Wichtigkeit und negative Empfindungen.....72

Tabelle 13: Mittelwertvergleich der Schularten hinsichtlich der Relevanz, der Klarheit/Transparenz und Überforderung73

Tabelle 14: Mittelwertvergleich der Jahrgangsstufen hinsichtlich der Relevanz, der Klarheit/Transparenz und Überforderung73

Tabelle 15: Itemkennwerte und Iteminterkorrelationen der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers.....77

Tabelle 16: Itemkennwerte und Iteminterkorrelationen der nachhaltigen Verhaltensänderung78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 17: Kennwerte zur Reliabilität der zwei Skalen „Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers“ und „Nachhaltige Verhaltensänderung“	78
Tabelle 18: Merkmale der Lehrerstichprobe	84
Tabelle 19: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Authentizität der Problemstellung	87
Tabelle 20: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Struktur	87
Tabelle 21: Überblick über die Kategorien zur Analyse der kooperativen Sozialformen.....	89
Tabelle 22: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Bedienung des Messgeräts.....	89
Tabelle 23: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Anpassung des Materials.....	90
Tabelle 24: Überblick über die Kategorien zur Analyse der Ziele	91
Tabelle 25: Merkmale des didaktischen Konzepts der Problemorientierung	92
Tabelle 26: Häufigkeiten verschiedener Formen der Authentizität	92
Tabelle 27: Häufigkeiten strukturierender Elemente hinsichtlich des Vorgehens und der Begleitung durch die Lehrkraft.....	93
Tabelle 28: Häufigkeiten kooperativer Sozialformen.....	94
Tabelle 29: Kennwerte der „hands-on“ Aktivitäten/ Handlungsorientierung.....	95
Tabelle 30: Häufigkeiten zur Bedienung des Messgeräts durch die Schülerinnen und Schüler	95
Tabelle 31: Kreuztabelle für Kooperative Lernformen und Handlungsorientierung.....	96
Tabelle 32: Kreuztabelle für Ablauf und Authentizität	96
Tabelle 33: Kennwerte der Auseinandersetzung der Lehrkräfte mit den Materialien in der Vorbereitung der Unterrichtseinheit	97
Tabelle 34: Zustimmung zu langfristigen Maßnahmen der Implementation	99
Tabelle 35: Art der Stichprobenausfälle.....	104
Tabelle 36: Merkmale der Schülerstichprobe für die kurz- (n = 89) und nachhaltige Wirkung (n = 80).....	104
Tabelle 37: Merkmale des Unterrichts der kurzfristigen (n = 89) und nachhaltigen Wirkung (n = 80).....	105
Tabelle 38: Skalen, Beispielitems und Anzahl der Items der Teilstudie 2	106
Tabelle 39: Skalen, Beispielitem und Anzahl der Items zur nachhaltigen Verhaltensänderung	106
Tabelle 40: Korrelationstabelle für das wertbezogene Interesse vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer	109
Tabelle 41: Korrelationstabelle für das affektive Interesse vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer.....	109
Tabelle 42: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Interaktion mit den Gestaltungsmerkmalen des Unterrichts und dem Interesse.....	109

Tabellenverzeichnis

Tabelle 43: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts und dem nachhaltigen wertbezogenen und affektiven Interesse.....	114
Tabelle 44: Korrelationstabelle für die negativen Empfindungen vor, direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer	117
Tabelle 45: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Interaktion mit den Gestaltungsmerkmalen des Unterrichts und den negativen Empfindungen (n = 89 SuS) ...	118
Tabelle 46: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts und dem kurzfristigen wertbezogenen, affektiven Interesse und negativen Empfindungen	121
Tabelle 47: Korrelationstabelle für die nachhaltige Verhaltensänderung direkt nach und einen Monat nach der Intervention mit dem Ergonomie-Messkoffer	122
Tabelle 48: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung für die Gestaltungsmerkmale des Unterrichts und nachhaltigem Verhalten	123
Tabelle 49: Skalen zu Einstellungen zu Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht, zur Technikbereitschaft, zur Belastung durch ergonomische Bedingungen	128
Tabelle 50: Skalen zu Einstellungen gegenüber dem Ergonomie-Messkoffers, der Zufriedenheit mit dem Material, der intrinsischen Motivation, der Wichtigkeit des Themas .	129
Tabelle 51: Ausprägung der Einstellungen der Lehrkraft gegenüber innovativen Methoden, Arbeits-, Unterrichts- und Sozialformen im Unterricht, der Technikbereitschaft und der Belastung durch ergonomische Bedingungen	130
Tabelle 52: Ausprägung der intrinsischen Motivation, der Akzeptanz des Ergonomie-Messkoffers, der Zufriedenheit mit den Materialien und der Wichtigkeit des Themas)	131
Tabelle 53: Korrelation zwischen Einstellungen und Vorbereitungszeit und langfristigen Implementation.....	132
Tabelle 54: Merkmale der Interventionsstichprobe (n = 76) für die Cluster-Analyse	137
Tabelle 55: Merkmale der Interventionsstichprobe (n = 53) für weiterführende Analysen ...	138
Tabelle 56: Merkmale der Kontrollstichprobe (n = 214 SuS).....	138
Tabelle 57: Skalen zur Nutzung technischer Alltagsgeräte, Technikbereitschaft und Chancen und Risiken neuer Technologien	140
Tabelle 58: Kennwerte für die Ausprägung der Einstellung gegenüber Technik der Interventionsstichprobe	142
Tabelle 59: Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Cluster der Einstellung gegenüber Technik	144
Tabelle 60: Kennwerte für die Einstellung gegenüber Technik der Kontrollstichprobe	148
Tabelle 61: Kennwerte für die Ausprägung der situativen Akzeptanz der Schülerinnen und Schüler	151

Anhang

A Interviewleitfaden

Anhang A: Interviewleitfaden

Interviewleitfaden für halbstandardisiertes Interview

- ▶ Danke für Teilnahmebereitschaft
- ▶ Vorstellung (Person und Projekt): Name, Institution
- ▶ Vorgehen: Gespräch ca. 30 Minuten, keine falschen Antworten
- ▶ Vertraulichkeit und Datenschutz: Tonbandaufnahme (Gerät zeigen!), vertrauliche Behandlung aller Daten, alle persönlichen Daten werden anonymisiert, Transkription, Einverständniserklärung
- ▶ Fragen mit Ziel: Anregungen, Beispiele sammeln, detaillierte Beschreibung der Wirkung in Schulen, Klassen, Klassenstufen

Vorbereitung auf die Unterrichtseinheit

Frau/ Herr ..., Sie haben in letzter Zeit in ihrer Klasse/Schule/AG mit dem Ergonomie-Messkoffer gearbeitet....

1. Wie wurden Sie auf den Koffer aufmerksam?
2. In welchem Unterricht, welchem Fach und zu welchem Thema wurde der Koffer eingesetzt und wie wurde der Bezug dazu hergestellt? (Lebensweltbezug? Menschen- und Technikbezug? Selbst erarbeitet oder vorgegeben? Rückbezug in verschiedenen Phasen?)
3. Wie haben Sie sich auf die Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer vorbereitet? (Wie war das mit ... Passung zum Lehrplan? Rolle von Vorwissen, Klassenzusammensetzung, Interesse? Lesen? Messgerät vorher getestet? Material erstellt?)
4. Inwieweit haben Sie das vorgeschlagene Material verwendet? Aus welchen Gründen musste es angepasst oder neu erstellt werden? (Zielgruppe, Schwierigkeitsgrad)

Durchführung der Unterrichtseinheit

Dann haben Sie die Unterrichteinheit durchgeführt,...

1. Je nachdem wie der Koffer eingesetzt wird, kann man unterschiedliche Ziele verfolgen. Was war das Ziel ihrer Unterrichtseinheit und welche Rolle spielte der Koffer dabei? (Messgeräte zur Sammlung von Erkenntnissen in naturwissenschafts-technikfremden Themen? Messen und Messgerät im Mittelpunkt?)
2. Welches Vorgehen beschreibt den Ablauf ihrer Stunde besser: Naturwissenschaftliches Vorgehen (freie Fragestellungen, eigenständiges Forschen, Durchführen und Auswerten von Experimenten) oder Problemorientiertes Vorgehen (Problemdefinition

vorgegeben, Lösungsfindung, Durchführung) -> falls kein Ablaufplan vorhanden: Ablauf kurz skizzieren lassen (Kofferverwendung, Zeit? Gruppeneinteilung? Ergebnissicherung? Was wurde beobachtet?)

3. Welche Sozialformen haben Sie gewählt? (Gruppenarbeit, Einzelarbeit, Diskussion)
4. In welchem zeitlichen Umfang wurden die Teile durchgeführt?
5. Welche Rollen haben Sie in dieser Unterrichtseinheit eingenommen? (Wann haben Sie etwas vorgetragen, vorgegeben? Moderator? Wissensvermittler? Beobachter?)

Konsequenzen/ Folgen der Unterrichtseinheit

1. Welchen Lernerfolg konnten Sie beobachten? (Motivation? Jungen/ Mädchen, Interessierte/ Uninteressierte? Naturwissenschaftsfremde/ naturwissenschaftsfreunde?)
2. Welches Ziel wollten Sie mit der Unterrichtseinheit erreichen? Inwieweit wurde dieses aus ihrer Sicht erreicht? Woran haben Sie das gemerkt?
3. Wie war die Reaktion der Schülerinnen und Schüler? Welche Beobachtungen konnten sie hinsichtlich des Interesses machen? (Im Unterricht, im Anschluss)
4. Welche nachhaltigen Folgen merken Sie durch die Unterrichtseinheit? (Kommen Themen nochmal auf (Messen, Ergonomie)? Wird weiterhin darauf geachtet? Was ist anders?)

►Danke für Auskunft- und Teilnahmebereitschaft