

# **Einführungskurs zur Entwicklung von GeoGebra-Applets im Physikunterricht**

Masterarbeit von

Anabel Dietz

An der KIT-Fakultät für Physik  
Am Institut für Experimentelle Teilchenphysik

1. Prüfer: Prof. Dr. Günter Quast
2. Prüfer: Prof. Dr. Sebastian Bauer

Juni 2024 – November 2024



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GeoGebra im Physikunterricht</b>	<b>3</b>
2.1	Effektivität von GeoGebra im MINT Unterricht . . . . .	3
2.2	Schwächen von GeoGebra . . . . .	5
2.3	Nutzungsmöglichkeiten von GeoGebra . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Vorüberlegungen</b>	<b>8</b>
3.1	Motivation . . . . .	8
3.2	Anliegen des Workshops . . . . .	8
3.3	Zielgruppe und Lernziele . . . . .	9
3.4	Anforderungen an den Workshop . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Identifikation interessanter Themengebiete</b>	<b>12</b>
4.1	Vorgehensweise . . . . .	12
4.2	Durchführung . . . . .	13
4.2.1	GeoGebra-Themen . . . . .	13
4.2.2	Physik-Themen . . . . .	15
4.2.3	Daraus resultierende Themen . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Aufbau des Workshops</b>	<b>19</b>
5.1	Aufbau . . . . .	19
5.2	Materialien . . . . .	19
5.2.1	Präsentation . . . . .	20
5.2.2	GeoGebra-Demonstrationen . . . . .	20
5.2.3	Hilfskarten . . . . .	20
5.2.4	Schritt-für-Schritt-Anleitungen . . . . .	20
5.2.5	Checkliste . . . . .	20
5.3	Die Abschnitte im Detail . . . . .	20
5.3.1	Einführung . . . . .	22
5.3.2	Teil 1: Anpassen vorhandener Applets . . . . .	22
5.3.3	Teil 2: Erstellen eigener Applets . . . . .	23
5.3.4	Abschluss . . . . .	25
<b>6</b>	<b>Methodische Überlegungen</b>	<b>26</b>
6.1	Aufbau des Workshops . . . . .	26
6.1.1	Applets bearbeiten . . . . .	26
6.1.2	Applets erstellen . . . . .	27
6.2	Differenzierung . . . . .	29
6.3	Material . . . . .	30
6.3.1	Präsentation . . . . .	30
6.3.2	Hilfskarten . . . . .	32
6.3.3	Schritt-für-Schritt-Anleitungen . . . . .	34
6.3.4	Checkliste . . . . .	34
6.4	Prüfung der Anforderungen an den Workshop . . . . .	35

<b>7</b>	<b>Materialtest</b>	<b>37</b>
7.1	Iterationen des Workshops . . . . .	37
7.1.1	Testdurchlauf . . . . .	37
7.1.2	Durchführung 1 und 2 . . . . .	40
7.2	Fragebögen . . . . .	41
7.2.1	Feedback zum Workshop . . . . .	41
<b>8</b>	<b>Wirksamkeit des Workshops</b>	<b>45</b>
8.1	Vor dem Workshop . . . . .	45
8.2	Nach dem Workshop . . . . .	46
8.3	Zusammenfassung . . . . .	48
<b>9</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>49</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>53</b>
10.1	Workshop-Material . . . . .	53
10.1.1	Präsentation . . . . .	53
10.1.2	Hilfskarten . . . . .	55
10.1.3	Schritt-für-Schritt-Anleitungen . . . . .	58
10.1.4	Applets . . . . .	59
10.2	Bildungsplan . . . . .	60
10.3	Verlaufspläne . . . . .	61
10.3.1	Testdurchlauf . . . . .	61
10.3.2	Verlaufsplan (Erste Durchführung) . . . . .	62
10.3.3	Verlaufsplan (Zweite Durchführung) . . . . .	63
10.4	Fragebögen . . . . .	64
10.4.1	Diagramme . . . . .	64
10.4.2	Individuelle Antworten . . . . .	70

# Abbildungsverzeichnis

4.1	Konzeption der Themenfindung für die Applets im Workshop . . . . .	12
5.1	Verlaufsplan des Workshops . . . . .	21
6.1	Teil 1: Bearbeiten von Applets . . . . .	26
6.2	Teil 2: Erstellen von Applets . . . . .	28
6.3	Zwei Ebenen der Differenzierung im Workshop . . . . .	30
6.4	Arbeitsauftrag zur Arbeitsphase Bearbeiten von Applets . . . . .	31
6.5	Arbeitsaufträge zur Arbeitsphase Erstellen von Applets . . . . .	31
6.6	Beispiele für Hilfskarten . . . . .	32
6.7	Farbcodierung der Hilfskarten . . . . .	33
6.8	Schritt-für-Schritt-Anleitungen . . . . .	34
6.9	Checkliste . . . . .	35
7.1	Einleitung und Teil 1 des Testdurchlaufs mit eingetragenen Zeiten . . . . .	38
7.2	Fragebogen: Allgemeines . . . . .	42
7.3	Fragebogen: Zeitliche Einschätzung der einzelnen Kategorien . . . . .	42
7.4	Fragebogen: Physikstudierende . . . . .	43
7.5	Fragebogen: Nicht-Physikstudierende . . . . .	43
7.6	Fragebogen: Hilfskarten . . . . .	44
8.1	Fragebogen davor: Erfahrungen mit GeoGebra . . . . .	45
8.2	Fragebogen davor: Sicherheit und Spaß an GeoGebra . . . . .	45
8.3	Fragebogen davor: Kompetenzen . . . . .	46
8.4	Fragebogen davor und danach: Sicherheit im Umgang mit GeoGebra . . . . .	46
8.5	Fragebogen danach: Selbsteinschätzung der Teilnehmenden . . . . .	47
8.6	Fragebogen danach: Zukünftige Nutzung von GeoGebra . . . . .	48
10.1	Verlaufsplan des Testdurchlaufs am 15.08.2024 mit eingetragenen Zeiten. „X“ = Weglassen dieses Abschnitts . . . . .	61
10.2	Verlaufsplan der ersten Durchführung am 09.09.2024 mit eingetragenen Zeiten . . .	62
10.3	Verlaufsplan der zweiten Durchführung am 16.09.2024 mit eingetragenen Zeiten . . .	63
10.4	Individuelle Antworten von Studierenden ohne Fach Physik . . . . .	70
10.5	Individuelle Antworten von Studierenden mit Fach Physik . . . . .	71



# 1. Einleitung

Die Nutzung digitaler Medien im Bildungsbereich gewinnt zunehmend an Bedeutung [Sch+17]. In einer Welt, die immer stärker von digitalen Technologien durchdrungen ist, wird die Kompetenz im Umgang mit digitalen Werkzeugen für Lehrkräfte zunehmend unverzichtbar. Zahlreiche Studien und bildungspolitische Leitlinien unterstreichen, dass digitale Kompetenz zu den zentralen Fähigkeiten zählt, die Schüler\*innen bereits in der Schule erwerben sollten. Die Kultusministerkonferenz (KMK) betont in ihrer Strategie *Bildung in der digitalen Welt* (2016, aktualisiert 2021), dass der Erwerb digitaler Kompetenzen unerlässlich für eine umfassende schulische Bildung ist und frühzeitig im Schulalltag verankert werden sollte. Digitale Kompetenz wird dabei als wesentliche Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe und den Zugang zu modernen Arbeitsfeldern definiert [Sek16]. Auch der Bildungsplan des Landes Baden-Württemberg nimmt dies in der Leitperspektive Medienbildung auf [Min24; Min22]. Damit verbunden ist der Bedarf an Lehrkräften, die selbst digitale Kompetenzen besitzen und in der Lage sind, diese in die Unterrichtspraxis zu übertragen. Für angehende Lehrkräfte bedeutet dies, sich bereits in der Ausbildung mit digitalen Werkzeugen und deren Potenzialen für den Fachunterricht auseinanderzusetzen.

Ein digitales Werkzeug, das insbesondere im Mathematikunterricht häufig zum Einsatz kommt, ist die dynamische Geometriesoftware GeoGebra [Kll10]. GeoGebra ermöglicht die Visualisierung mathematischer Zusammenhänge und fördert eine interaktive Auseinandersetzung mit geometrischen und algebraischen Konzepten. GeoGebra ist bereits in der Mathematikdidaktik etabliert und wird in Schulen als wertvolles Werkzeug zur Visualisierung und Exploration mathematischer Zusammenhänge eingesetzt. Doch auch im Physikunterricht bietet GeoGebra vielseitige Einsatzmöglichkeiten, um physikalische Phänomene anschaulich darzustellen, Modellierungen durchzuführen und Simulationen zu erstellen.

Ein Vorteil der Verwendung von GeoGebra im Physikunterricht besteht dementsprechend darin, dass Schüler\*innen das Programm möglicherweise schon aus dem Mathematikunterricht kennen. Die Verwendung eines vertrauten digitalen Werkzeugs in mehreren Fächern kann dazu beitragen, die kognitive Belastung der Lernenden zu reduzieren, da sie sich nicht immer wieder in neue Softwareprogramme einarbeiten müssen [Swe88]. Dies erleichtert den Lernprozess und ermöglicht es ihnen, sich stärker auf die fachspezifischen Inhalte zu konzentrieren, was zu einem nachhaltigeren Lernerfolg beitragen kann. Für Lehrkräfte bedeutet dies auch, dass sie einen niedrighwelligen Zugang zu einem Tool haben, das bereits etabliert ist und sowohl mathematische als auch physikalische Inhalte abdeckt. Durch diese Mehrfachnutzung eines Programms kann ein integratives Lernen gefördert werden, das nicht nur fachspezifische Inhalte, sondern auch die Vernetzung zwischen verschiedenen Disziplinen unterstützt.

Ziel dieser Masterarbeit ist es, ein Fortbildungsangebot in Form eines Workshops zu entwickeln, das speziell für Physik-Lehramtsstudierende konzipiert ist und ihnen den Einstieg in die Nutzung von GeoGebra für den Physikunterricht ermöglicht. Durch diesen Workshop sollen angehende Physiklehrkräfte die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von GeoGebra kennenlernen und grundlegende Kompetenzen im Umgang mit dem Programm erwerben. Durch das Kennenlernen der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten im Physikunterricht erhalten die Studierenden erste Anwendungsbeispiele, Übungsmöglichkeiten und eine Grundlage, auf der sie ihre Fähigkeiten weiterentwickeln und GeoGebra eigenständig und zielgerichtet in ihrem zukünftigen Physikunterricht einsetzen können. Neben der Vermittlung technischer Kompetenzen verfolgt der Workshop auch das Ziel, Begeisterung für den Einsatz digitaler Werkzeuge im Physikunterricht zu wecken. Durch die praxisorientierte Einführung in GeoGebra sollen die Teilnehmenden motiviert werden, das Programm als festen

Bestandteil ihres Unterrichts zu integrieren und dadurch einen moderneren, digital unterstützten Unterricht zu gestalten. Diese Masterarbeit leistet somit einen Beitrag zur Förderung digitaler Kompetenzen bei angehenden Physik-Lehrkräften und zur Integration digitaler Medien im Physikunterricht.

In dieser Arbeit wird die Entwicklung, Durchführung und Evaluation des GeoGebra Fortbildungsangebots in Form eines Workshops vorgestellt. Dieses Fortbildungsangebot ist an Studierende des gymnasialen Lehramts Physik gerichtet und ist am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführt worden. Die Arbeit gliedert sich in drei Teile:

Im ersten Teil wird GeoGebra als Werkzeug für den Physikunterricht motiviert (Kapitel 2). Die Effektivität von dem digitalen Medium GeoGebra wird auf mehreren Ebenen anhand von Studien belegt und die Nutzungsmöglichkeiten im Unterricht werden vorgestellt.

Im zweiten Teil wird die Konzeption und Entwicklung des Workshops dargestellt. Zunächst werden die Rahmenbedingungen, die Inhalte und die Lernziele des Workshops festgelegt (Kapitel 3). Daraus abgeleitet ergeben sich einige Anforderungen an den Workshop, die bei der Konzeption zu beachten sind. In Kapitel 4 wird der Prozess erläutert, in dem interessante Themengebiete für den Workshop herausgearbeitet wurden. Der finale Aufbau wird schließlich in Kapitel 5 vorgestellt und in Kapitel 6 die methodischen Überlegungen geschildert.

Der dritte Teil befasst sich mit den Durchführungen und dem erhaltenen Feedback. In Kapitel 7 werden zunächst die Materialtests und die Veränderungen, die am Workshop vorgenommen worden sind, dargestellt sowie das Feedback zum Workshop ausgewertet. Danach werden die Fragebögen ausgewertet, die die Teilnehmenden vor und nach dem Workshop ausgefüllt haben. Aus diesen Ergebnisse können in Kapitel 8 erste Schlüsse bezüglich der Effektivität des Workshops gezogen werden.

## 2. GeoGebra im Physikunterricht

GeoGebra ist eine leistungsstarke, dynamische Open-Source-Software, die eine breite Palette mathematischer Disziplinen abdeckt, darunter Geometrie, Algebra, Tabellenkalkulation, Grafik, Statistik und Analysis. Diese verschiedenen mathematischen Bereiche sind in GeoGebra miteinander verknüpft, so- dass Änderungen in einem Bereich automatisch in den anderen Bereichen reflektiert werden. Diese dynamische Interaktivität ermöglicht es, mathematische Konzepte nicht nur isoliert, sondern in ihrem wechselseitigen Zusammenhang zu erforschen. [Geo24]

Die Software ist darauf ausgelegt, sowohl Lehrkräfte als auch Schüler\*innen in ihrem Lernprozess zu unterstützen. Sie zeichnet sich durch eine benutzerfreundliche, intuitive Bedienoberfläche aus, die es Nutzern ermöglicht, schnell und effektiv mathematische Modelle zu erstellen und zu analysieren. Dies fördert nicht nur das Verständnis komplexer mathematischer Zusammenhänge, sondern auch die Anwendung dieser Konzepte in verschiedenen Kontexten.

Darüber hinaus bietet die GeoGebra-Online-Plattform Zugriff auf eine umfangreiche Sammlung von über einer Million kostenloser Unterrichtsmaterialien, die von einer globalen Gemeinschaft von Nutzern erstellt und geteilt wurden. Diese Ressourcen umfassen interaktive Arbeitsblätter, Simulationen, Tutorials und vollständige Unterrichtseinheiten, die an unterschiedliche Niveaus und Unterrichtsbedürfnisse angepasst werden können [Geo24]. Dies erleichtert es Lehrkräften, den Unterricht individuell zu gestalten und differenziertes Lernen zu fördern. GeoGebra ist jedoch nicht nur ein vielseitiges Werkzeug für den Mathematikunterricht, sondern auch eine wertvolle Ressource für den Einsatz in anderen Fächern wie Physik:

### 2.1 Effektivität von GeoGebra im MINT Unterricht

Der Einsatz digitaler Medien hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und zeigt im mathematisch-naturwissenschaftlichen (MINT) Unterricht vielversprechende Ergebnisse. Digitale Werkzeuge wie interaktive Lernsoftwares, Simulationsprogramme oder Visualisierungstools eröffnen neue Möglichkeiten für die Vermittlung komplexer Inhalte und fördern das selbstständige Erforschen und Entdecken von Lerninhalten [May14; Spe+14]. Im Folgenden werden die potenziellen Vorteile digitaler Medien im Unterricht veranschaulicht und gezeigt, wie diese zur Verbesserung von Lernprozessen und Lernergebnissen beitragen können.

Die Bedeutung von multimedialen Ansätzen im Bildungsbereich wird in der Theorie der dualen Kodierung von Allan Paivio [CP91] unterstrichen, welche besagt, dass Menschen Informationen besser verarbeiten können, wenn sie sowohl visuell als auch verbal dargeboten werden. Der Einsatz von Worten und Bildern zusammen kann zu einer tieferen und nachhaltigeren Verankerung des Wissens führen, da die Lernenden Informationen in mehreren Kodierungsformen speichern und abrufen können. Digitale Medien ermöglichen eine solche multimediale Darstellung, die durch die Kombination von Text, Bild und Ton die kognitive Belastung senken und die Informationsverarbeitung im Gehirn verbessern kann [May14]. Beispielsweise kann die Nutzung einer Simulation im Physikunterricht eine abstrakte Theorie durch visuelle Darstellungen und animierte Prozesse greifbarer machen, sodass Schüler\*innen die physikalischen Konzepte intuitiver nachvollziehen und mit eigenen Experimenten vertiefen können.

Die Nutzung digitaler Medien wirkt sich nicht nur auf das Verständnis aus, sondern hat auch das Potenzial, die Schulleistungen der Schüler\*innen zu steigern. Hillmayr et al. (2017) kommen in

ihrer Metastudie zu dem Schluss, dass digitale Medien positive Effekte auf die schulischen Leistungen haben können, insbesondere wenn die Lehrkräfte im Vorfeld entsprechende Schulungen und Weiterbildungen erhalten haben. Lehrkräfte, die mit den Anwendungen vertraut sind, können die Lerninhalte gezielter aufbereiten und individuellere Lernhilfen anbieten. Eine in der Studie befragte Lehrkraft betont jedoch, dass im Lehramtsstudium digitale Medien oft nur am Rande behandelt werden und daher viele Lehrkräfte unzureichend auf deren Einsatz im Unterricht vorbereitet sind [Hil+17, S.13]. Hier zeigt sich eine wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz digitaler Medien im Unterricht: die Weiterbildung der Lehrkräfte. Ein fundiertes Training ermöglicht es den Lehrkräften, die digitalen Werkzeuge kompetent in ihren Unterricht zu integrieren, sodass die Schüler\*innen optimal davon profitieren können.

Speziell das Tool GeoGebra fördert die **Effizienz und Effektivität** im mathematisch- naturwissenschaftlichen Unterricht. Studien wie die von Ziatdinov et al. (2022) zeigen, dass GeoGebra für eine positivere Einstellung der Lernenden gegenüber Mathematik und Naturwissenschaften sorgt und die Lernleistungen in diesen Fächern verbessern kann [ZV22]. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass GeoGebra nicht nur mathematische Konzepte anschaulich darstellt, sondern auch die Motivation der Schüler\*innen steigert, was zu einem nachhaltigeren Lernprozess führt. Auch Arbain (2015) und Shadaan (2013) weisen darauf hin, dass die Lernenden durch GeoGebra eine positivere Einstellung gegenüber dem Lernen entwickeln und die Lernleistung verbessert wird [AS15; SL13]. Die Nutzung der Software wirkt sich auch positiv auf die Lehrkräfte aus, die GeoGebra als hilfreiches Instrument zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Verständnisses und zur Aufbereitung des Unterrichtsmaterials wahrnehmen [ZV22]. GeoGebra ermöglicht durch interaktive Funktionen eine dynamische Unterrichtsgestaltung, die für Lehrkräfte eine gezielte und ansprechende Vermittlung der Lerninhalte erleichtert.

Besonders im Geometrieunterricht zeigt GeoGebra seine Stärken als Lerninstrument, indem es mathematische Objekte dynamisch visualisiert und abstrakte Konzepte greifbarer macht. Die Metastudie von Zutaah et al. (2013) dokumentiert die Wahrnehmungen von Lehrkräften, die GeoGebra im Geometrieunterricht einsetzen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von GeoGebra das **Interesse und die Bereitschaft der Lernenden, Geometrie zu lernen, erhöht**. Die Motivation zur Teilnahme am Unterricht steigt, und es entsteht ein produktiver Austausch zwischen den Lernenden, da sie zunehmend bereit sind, ihre Ideen und Lösungen mit anderen zu diskutieren [ZOM23]. GeoGebra kann somit auch als Katalysator für mehr Interaktion im Unterricht wirken und die Lernenden dazu anregen, mathematische Probleme gemeinschaftlich anzugehen. In der Studie von Celen et al. (2020) äußern Schüler\*innen der siebten Klasse, dass GeoGebra das Lernen von Mathematik „spaßiger“ (more fun) mache und ihnen helfe, abstrakte Konzepte besser zu verstehen und zu konkretisieren [Cel20]. GeoGebra trägt also nicht nur zur besseren Konzeptualisierung von mathematischen Ideen bei, sondern erhöht auch die Freude am Lernen, was insbesondere im mathematischen Bereich von Bedeutung ist, da abstrakte Konzepte oft schwer fassbar sind und Frustrationen auslösen können.

Die positiven Effekte von GeoGebra zeigen sich auch in Studien, die gezielt die **Problemlösefähigkeiten** der Lernenden untersuchen. Mthethwa et al. (2020) vergleichen Schüler\*innen der 11. Klasse in Südafrika, die mit GeoGebra lernen, mit einer Kontrollgruppe, die traditionellen Unterricht erhält. Die Lernenden der GeoGebra-Gruppe schneiden im Vergleich signifikant besser ab, insbesondere bei der Problemlösung und der Erklärung von Lösungen [Mth+20]. Die Untersuchung von Bilgin et al. (2022) beleuchtet ebenfalls die Einstellung der Schüler\*innen zur Mathematik und zur Verwendung von GeoGebra und stellt eine leichte Korrelation zwischen diesen Faktoren fest [BS22]. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass GeoGebra nicht nur für die Wissensvermittlung, sondern auch für die **Förderung eines positiven Bildes von Mathematik** genutzt werden kann. Die Anreicherung des Mathematikunterrichts durch GeoGebra trägt dazu bei, die

Lernenden positiv gegenüber dem Fach einzustellen und ihre Motivation langfristig zu stärken.

Im Mathematikunterricht ermöglicht der Einsatz digitaler Werkzeuge wie die Software GeoGebra eine explorative Herangehensweise an mathematische Problemstellungen. Fahlberg-Stojanovski und Stojanovski (2009) betonen, dass GeoGebra als Freeware eine ideale Plattform bietet, um den „Exploring and Thinking“-Ansatz zu fördern, im Gegensatz zum traditionellen „Solution-Only“-Ansatz: Mit GeoGebra können Schüler\*innen mathematische Probleme visualisieren und experimentell untersuchen, bevor sie sich mit den formalen, algebraischen Lösungen beschäftigen. Durch diese explorative Vorgehensweise entwickeln die Lernenden ein besseres Verständnis der zugrundeliegenden mathematischen Strukturen und Zusammenhänge, wodurch ihnen die algebraische Lösung des Problems leichter fällt, so die Autor\*innen [FS09]. Das digitale Werkzeug fördert somit ein kreativeres und tiefgreifendes Lernen, das auf der Einsicht und dem Verständnis der Konzepte basiert, anstatt auf der bloßen Anwendung von Regeln.

Der Einsatz von GeoGebra im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht hat sich als wirksames Werkzeug zur Förderung des Lernens, der Motivation und der Einstellung der Lernenden sowie der Lehrkräfte erwiesen. GeoGebra unterstützt durch die Visualisierung mathematischer Konzepte und die interaktive Bearbeitung von Aufgaben das Verständnis und die Anwendung mathematisch-naturwissenschaftlicher Inhalte. Zahlreiche Studien, von denen einige aufgezeigt worden sind, belegen die positive Wirkung von GeoGebra auf die Lernprozesse und die Einstellung der Lernenden sowie der Lehrkräfte gegenüber dem Unterricht.

## 2.2 Schwächen von GeoGebra

GeoGebra ist ein wertvolles Werkzeug für den Bildungsbereich. Es weist jedoch einige Schwächen auf, die es zu beachten gilt:

Komplexität bei fortgeschrittener Nutzung: Während Grundfunktionen leicht verständlich sind, erfordern komplexere Anwendungen fundierte Vorkenntnisse, was eine Hürde für einige Benutzer darstellen kann.

Technische Anforderungen: Die Software kann bei rechenintensiven Projekten oder auf älteren Geräten Leistungseinbußen zeigen, was den Einsatz in Bildungseinrichtungen mit begrenzten Ressourcen erschwert.

Physikalische Simulationen: Für spezifische physikalische Anwendungen fehlen oft intuitive Vorlagen oder Tools, was zusätzliche Erklärungen und Arbeitsschritte erfordert.

Keine Alternative zu Programmieren: Iterative Berechnungen sind schwierig realisierbar und numerische Simulationen sind somit nicht möglich. Beispielsweise benötigen viele Visualisierungen aus der Wärmelehre eine zufällige Verteilung von Objekten (Teilchen eines Stoffes), die sich mit einer zufälligen Geschwindigkeit und Richtung bewegen und interagieren. Dies ist zu komplex für eine einfache Anwendung in GeoGebra.

Es ist wichtig, diese Schwächen zu berücksichtigen, um GeoGebra gezielt und effektiv im Unterricht einzusetzen.

## 2.3 Nutzungsmöglichkeiten von GeoGebra

Wie eben dargestellt bietet GeoGebra viele Möglichkeiten, den Unterricht interaktiver, anschaulicher und effektiver zu gestalten. Die flexible Nutzung dieser Software erlaubt es Lehrkräften, den Unterrichtsverlauf je nach Situation, Ziel und den individuellen Bedürfnissen der Schüler\*innen anzupassen.

Im Folgenden werden drei verschiedene Ansätze vorgestellt, wie GeoGebra im Unterricht eingesetzt werden kann.

### **Spontane Nutzung im Unterricht**

Eine der einfachsten und Möglichkeiten, GeoGebra im Unterricht einzusetzen, ist die spontane Nutzung ohne Vorbereitung. In diesem Szenario kann die Lehrkraft GeoGebra einsetzen, um während des Unterrichts schnell mathematische Funktionen, geometrische Konstruktionen oder statistische Daten darzustellen. Beispielsweise kann eine Lehrkraft eine Funktion in GeoGebra eingeben, um den Graphen in Echtzeit zu visualisieren und mit den Schüler\*innen darüber zu diskutieren, wie Änderungen in der Gleichung den Graphen beeinflussen.

Diese Art der Nutzung ist besonders vorteilhaft, um auf spontane Fragen der Lernenden einzugehen oder um schwierige Konzepte unmittelbar zu veranschaulichen. Sie kann das Verständnis durch visuelle Unterstützung fördern und ermöglichen, abstrakte mathematische Konzepte greifbarer zu machen.

### **Eigenständige Arbeit der Schüler\*innen mit GeoGebra**

Ein weiterer Ansatz ist der Einsatz von GeoGebra zur eigenständigen Arbeit der Schüler\*innen. Dies erfordert, wie die spontane Nutzung, keine oder nur wenig Vorbereitung durch die Lehrkraft in GeoGebra selbst. In diesem Fall verwenden die Lernenden GeoGebra, um selbst mathematische Modelle zu erstellen, Probleme zu lösen oder kreative Projekte zu realisieren. Dies fördert das selbstgesteuerte Lernen und unterstützt die Entwicklung von Problemlösekompetenzen, da die Schüler\*innen aktiv an der Konstruktion von Wissen beteiligt sind.

Beispielsweise könnten die Schüler\*innen aufgefordert werden, eine geometrische Konstruktion zu erstellen, die die Eigenschaften bestimmter Formen oder Sätze verdeutlicht, oder sie könnten eine Simulation physikalischer Prozesse modellieren, um deren Dynamik besser zu verstehen. Diese Methode bietet den Vorteil, dass die Lernenden tief in das Material eintauchen und durch das Experimentieren mit verschiedenen Parametern ein tieferes Verständnis für die zugrunde liegenden Konzepte entwickeln.

Es ist jedoch zu beachten, dass dieser Ansatz zeitintensiv ist und ein solides Vorwissen im Umgang mit GeoGebra seitens der Schüler\*innen erfordert. Ohne entsprechende Vorkenntnisse kann es schwierig sein, die Lernziele effizient zu erreichen. Deshalb ist es wichtig, den Einsatz von GeoGebra in dieser Form sorgfältig zu planen und gegebenenfalls durch vorbereitende Übungen zu unterstützen.

### **Vorbereitete Applets zur Visualisierung durch die Lehrkraft**

Eine weitere effektive Möglichkeit, GeoGebra im Unterricht zu nutzen, besteht darin, dass die Lehrkraft vorab Applets oder interaktive Visualisierungen vorbereitet. Diese Applets können dann im Unterricht eingesetzt werden, um komplexe Themen anschaulich zu erklären und zu diskutieren. Beispielsweise kann ein vorbereiteter Graph verwendet werden, um die Ableitungsfunktion zu veranschaulichen, oder eine dynamische Geometrie-Konstruktion kann dazu dienen, die Eigenschaften von Dreiecken oder Kreisen zu erklären. Ebenso kann GeoGebra im Physikunterricht beispielsweise zur Simulation von Bewegungen, Kräften oder elektrischen Feldern genutzt werden.

Die Verwendung vorbereiteter Applets ist besonders hilfreich, wenn es darum geht, schwierige oder abstrakte Konzepte zu vermitteln. Durch die interaktive Natur der Applets können Schüler\*innen

das Verhalten mathematischer oder physikalischer Modelle in Echtzeit beobachten und durch gezielte Fragen oder Aufgabenstellungen vertiefen. Diese Methode ermöglicht es, den Unterricht strukturierter zu gestalten, da die Lehrkraft gezielt auf vorbereitete Materialien zurückgreifen kann, um den Lernprozess zu unterstützen.

Nachdem die Vorteile und die Effektivität von GeoGebra im MINT-Unterricht untersucht worden sind, soll nun die Konzeption des Workshops vorgestellt werden.

# 3. Vorüberlegungen

In diesem Kapitel werden die Vorüberlegungen zur Konzeption und Entwicklung des Workshops vorgestellt. Hierzu werden zunächst die Inhalte des Workshop, sowie die Lernziele und die Zielgruppe beschrieben. Anschließend werden aus den Lernzielen die Anforderungen an den Workshop formuliert.

## 3.1 Motivation

GeoGebra ist als dynamisches Mathematikwerkzeug fest im Schulalltag verankert und hat sich als wertvolles Hilfsmittel im Mathematikunterricht etabliert. Dank seiner intuitiven Benutzeroberfläche und vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten bietet es Lernenden und Lehrenden die Möglichkeit, mathematische Konzepte visuell zu erkunden und interaktiv zu gestalten. Diese Eigenschaften machen GeoGebra nicht nur für den Mathematikunterricht wertvoll, sondern auch für den Physikunterricht, in dem physikalische Phänomene oft durch mathematische Modelle beschrieben und analysiert werden. In einem Workshop, der speziell für Physikstudierende konzipiert ist, sollen die Teilnehmenden einige grundlegenden Funktionen von GeoGebra erlernen und dabei entdecken, wie sie das Tool zur Modellierung und Visualisierung physikalischer Prozesse, wie beispielsweise Bewegung, Schwingungen oder Kräfte, einsetzen können.

Der im Rahmen dieser Arbeit erstellte Workshop dient als Fortbildungsmöglichkeit für Studierende, die GeoGebra bisher nicht oder nur wenig verwendet haben, und soll ihnen die notwendige Kompetenz vermitteln, um das Programm in ihrer zukünftigen Lehre einsetzen zu können. Das Interesse der Arbeit lautet:

*Können Physikstudierende innerhalb eines eintägigen Workshops grundlegende Fähigkeiten zur Nutzung von GeoGebra erlernen und dabei gleichzeitig das Interesse und die Kompetenz entwickeln, GeoGebra in ihrer zukünftigen beruflichen Laufbahn einzusetzen?*

Diese Fragestellung wird durch den hier vorgestellten Workshop und eine anschließende Befragung mithilfe eines Fragebogens untersucht, bei denen die Studierenden aktiv mit dem Programm arbeiten und konkrete physikalische Probleme visualisieren. Der Workshop bietet dabei nicht nur eine Einführung in GeoGebra, sondern legt auch den Grundstein für dessen weiterführenden Einsatz im Physikunterricht.

## 3.2 Anliegen des Workshops

Der Anwendungsbereich von GeoGebra ist breit gefächert (siehe Kapitel 2), deshalb muss eine Eingrenzung der zu vermittelnden Inhalte getroffen werden. Der Workshop konzentriert sich auf die Nutzung von GeoGebra zur Visualisierung physikalischer Probleme. Ebenfalls möglich wäre eine Einführung in GeoGebra Classroom, die Erstellung von digitalen Arbeitsblättern oder die Nutzung von GeoGebra nicht zur Visualisierung, sondern zum Berechnen. Da Visualisierung von Modellen jedoch für den Physikunterricht am relevantesten<sup>1</sup> ist und am meisten Anleitung benötigt, ist diese Themenwahl getroffen worden.

Ein zentraler Bestandteil des Workshops ist die Arbeit mit Applets zur Veranschaulichung physikalischer Phänomene. Im ersten Abschnitt des Workshops sollen die Teilnehmenden lernen, bestehende

---

<sup>1</sup>Modellbildung ist ein zentraler Bestandteil des Physikunterrichts ist und die Visualisierung physikalischer Konzepte fördert das Verständnis [Hes96].

GeoGebra-Applets zu modifizieren. Auf diese Weise profitieren sie von den bereits erstellten Inhalten anderer Nutzer, sparen wertvolle Zeit und passen die Applets dennoch an ihre individuellen Bedürfnisse und Anforderungen an. Im zweiten Abschnitt sollen die Studierenden das eigenständige Erstellen von Applets von Grund auf erlernen. Durch diese praktische Erfahrung entwickeln die Teilnehmenden sowohl ein vertieftes Verständnis der grundlegenden Funktionen von GeoGebra als auch die Fähigkeit, die Software gezielt als Unterrichtswerkzeug einzusetzen.

### 3.3 Zielgruppe und Lernziele

Der GeoGebra-Workshop richtet sich primär an Physikstudierende mit wenig bis keinen Vorkenntnissen in der Nutzung von GeoGebra. Ziel ist es, ihnen die Grundlagen der Software zu vermitteln und deren Anwendungsmöglichkeiten im Physikunterricht aufzuzeigen. Auch Mathematikstudierende können von diesem Workshop profitieren, da die Grundlagen und Funktionsweisen von GeoGebra in beiden Fächern von Bedeutung sind.

Die Lernziele des Workshops lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: software-spezifische Lernziele und übergeordnete pädagogische Ziele.

#### **Software-spezifische Lernziele:**

Die Teilnehmenden sollen ausgewählte Grundfunktionen von GeoGebra kennenlernen und eigenständig verwenden können. Dazu gehören, wie beschrieben, die Anpassung bereits vorhandener Applets an die eigenen Bedürfnisse sowie das Erstellen von Applets zur Visualisierung physikalischer Probleme. Im Zuge dessen sollen die Teilnehmenden ausgewählte Funktionen, Werkzeuge und Einstellungen von GeoGebra kennenlernen, die in Kapitel 4 ausgewählt werden.

Ein weiteres Ziel ist es, den Studierenden einen groben Überblick über die umfangreichen Funktionen und Möglichkeiten von GeoGebra zu geben, um ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln, wie vielseitig das Programm eingesetzt werden kann.

#### **Übergeordnete Lernziele:**

Ein zentrales Ziel des Workshops besteht darin, die Anwendbarkeit von GeoGebra im Physikunterricht zu demonstrieren. Die Teilnehmenden sollen erkennen, wie das Programm physikalische Probleme anschaulich visualisieren kann, um den Lernprozess zu unterstützen. Die Teilnehmenden sollen die Praktikabilität und die einfache Handhabung der Software bei der Erstellung von Applets erfahren. Durch gezielte Übungen soll ihnen vermittelt werden, dass die Erstellung interaktiver Lernmittel weder zeitaufwändig noch komplex sein muss.

Ein weiteres Ziel ist es, Motivation und Freude an der Nutzung von GeoGebra zu fördern. Durch praxisorientierte Aufgaben sollen Hemmschwellen abgebaut und die Begeisterung für digitale Werkzeuge geweckt werden.

Schließlich soll das Selbstbewusstsein<sup>2</sup> der Teilnehmenden im Umgang mit der Software gestärkt werden, sodass sie sich nach dem Workshop sicher fühlen, GeoGebra auch in Zukunft eigenständig nutzen zu können.

---

<sup>2</sup>Hierbei ist Selbstbewusstsein im Sinne der Selbstwirksamkeitserwartung gemeint: „Selbstwirksamkeitserwartung wird definiert als die subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können.“ [SJ02, S.35]

Beide Zielsetzungen zusammen sollen bewirken, dass die Teilnehmenden auch über den Workshop hinaus GeoGebra als Werkzeug in Betracht ziehen und es zukünftig in ihrem Studium und ihrer beruflichen Praxis einsetzen. Entscheidend hierfür ist die Demonstration der Anwendbarkeit der Software im Physikunterricht sowie die Vermittlung der einfachen Handhabung bei der Erstellung von Applets.

### 3.4 Anforderungen an den Workshop

Auf Grundlage der definierten Ziele lassen sich spezifische Anforderungen an den Workshop formulieren, die sich in drei Bereiche gliedern: die thematische Ausrichtung der zu bearbeitenden beziehungsweise zu erstellenden Applets, die Gestaltung der Materialien und die Rahmenbedingungen der Veranstaltung.

#### Themen der Applets

- T1 Der Workshop soll Themen aus allen Jahrgangsstufen und möglichst allen Übergebiete der Physik gemäß des Bildungsplans Baden-Württemberg für allgemeinbildende Gymnasien 2022 [Min22] abdecken.
- T2 Es sollen grundlegende Funktionen von GeoGebra behandelt werden, die als Hilfsmittel zur Gestaltung des Physikunterrichts relevant werden können.

Anforderung T1 stellt sicher, dass GeoGebra für ein breites Spektrum an physikalischen Themen über die Schuljahre hinweg anwendbar ist. Bei der Auswahl der Themen in Kapitel 4 muss jedoch darauf geachtet werden, nur Themen zu wählen, bei denen GeoGebra einen sinnvollen Mehrwert liefert. T2 zielt darauf ab, den Teilnehmenden die wichtigsten Funktionen für den Einsatz im Physikunterricht zu vermitteln. Diese Grundlage ermöglicht es, das Wissen später weiter auszubauen. Bei beiden Anforderungen kommt das didaktische Prinzip der Exemplarität zu tragen: Sowohl physikalisch als auch software-spezifisch müssen Themen ausgewählt werden, die einerseits repräsentativ für die Gesamtheit stehen und andererseits ausreichend zur Erreichung der inhaltlichen Lernziele sind. Bei den physikalischen Themen wird dies erreicht, indem möglichst viele verschiedene Themen gewählt werden. Diese Auswahl soll exemplarisch die breite Anwendungsmöglichkeit von GeoGebra im Fach Physik zeigen.

#### Material

- M1 Die Materialien sollen so gestaltet sein, dass sie auch nach dem Workshop als Nachschlagwerk dienen können.

Die Materialien sollen einen Nachschlageteil enthalten, der unabhängig von den spezifischen Applets genutzt werden kann und allgemeine GeoGebra-Funktionen erklärt (M1). Dieses Konzept erleichtert den Teilnehmenden den Einstieg und soll die Bereitschaft fördern, GeoGebra auch nach dem Workshop zu verwenden. Indem das Nachschlagematerial während des Workshops aktiv eingebunden wird, werden die Teilnehmenden bereits mit dessen Nutzung vertraut gemacht, sodass sie später möglichst problemlos darauf zurückgreifen können.

#### Rahmenbedingungen der Veranstaltung

- A1 Der Workshop soll für Anfänger\*innen und Teilnehmende mit wenig Vorwissen geeignet sein.
- A2 Der Workshop soll innerhalb eines halben Tages (maximal fünf Stunden) durchführbar sein.
- A3 Die Teilnehmenden sollen größtenteils eigenständig arbeiten.

- A4 Die Teilnehmenden sollen während des Workshops sinnvolle und für den Unterricht direkt verwendbare Applets erstellen.
- A5 Die Erstellung der einzelnen Applets soll möglichst unkompliziert und in kurzer Zeit durchführbar sein.

Im Physik-Lehramtsstudium am Karlsruher Institut für Technologie haben die Studierenden in der Regel noch keine Erfahrungen mit der Software gesammelt, im Gegensatz zu den Mathematikstudierenden, die häufig bereits mit ihr vertraut sind. Daher ist es wichtig, dass der Workshop für Teilnehmende mit unterschiedlichem Vorwissen geeignet ist (A1). Um den Workshop für Studierende praktikabel zu gestalten, wird er innerhalb eines halben Tages durchgeführt (A2).

Die Teilnehmenden sollen überwiegend praktisch und selbstständig arbeiten, um möglichst viel Erfahrung im Erstellen von Applets zu sammeln (A3). Hier wird das didaktische Prinzip der Selbstständigkeit verwendet: Selbstständiges Arbeiten fördert ein Gefühl der Selbstwirksamkeit<sup>3</sup>, das für das Arbeiten mit digitalen Medien zentral ist. Damit einher geht das Prinzip der Handlungsorientierung, das auch durch (M1) gefördert wird. Die Teilnehmenden lernen, indem sie praktisch in GeoGebra arbeiten (learning by doing): John Dewey erläutert, wie Lernen durch Erfahrung eine der effektivsten Methoden ist, um Wissen zu erwerben und anzuwenden. Er beschreibt, dass theoretisches Wissen in Kombination mit praktischen Erfahrungen das Lernen vertieft und das Verständnis verbessert [Dew86].

Damit der Workshop einen nachhaltigen Nutzen hat, sollen die erstellten Applets für den Unterricht direkt verwendbar und leicht zu erstellen sein (A4, A5). Dies steigert die Motivation, GeoGebra auch in Zukunft eigenständig zu nutzen. Für interessierte Teilnehmende bietet der Workshop zudem die Möglichkeit, komplexere Applets als weiterführende Projekte nach dem Workshop zu entwickeln.

---

<sup>3</sup>Bach stellt in einer Zusammenfassung des empirischen Forschungsstands zur Entstehung der Selbstwirksamkeit mehrere Studien vor. Diese bestätigen gemäß der Selbstwirksamkeitstheorie, dass persönliche Erfolgserlebnisse für Lehramtsstudierende, Berufsanfänger sowie erfahrene Lehrkräfte in der Regel eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Selbstwirksamkeit spielen [Bac22, S. 103].

# 4. Identifikation interessanter Themengebiete

In diesem Kapitel wird der Prozess der Themenfindung der Applets erläutert, die im Workshop vorkommen.

## 4.1 Vorgehensweise

Bei der Auswahl der Themen stehen vier zentrale Anforderungen im Fokus (siehe Abschnitt 3.4):

- T1 Der Workshop soll Themen aus allen Jahrgangsstufen und möglichst allen Übergebiete der Physik gemäß des Bildungsplans Baden-Württemberg für allgemeinbildende Gymnasien 2022 [Min22] abdecken.
- T2 Es sollen grundlegende Funktionen von GeoGebra behandelt werden, die als Hilfsmittel zur Gestaltung des Physikunterrichts relevant werden können.
- A4 Die Teilnehmenden sollen während des Workshops sinnvolle und für den Unterricht direkt verwendbare Applets erstellen.
- A5 Die Erstellung der einzelnen Applets soll möglichst unkompliziert und in kurzer Zeit durchführbar sein.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird die Vorbereitung in zwei Dimensionen strukturiert: Die GeoGebra-spezifischen Inhalte und die physikalische Inhalte. Eine grafische Darstellung der Vorgehensweise ist in Abbildung 4.1 dargestellt.

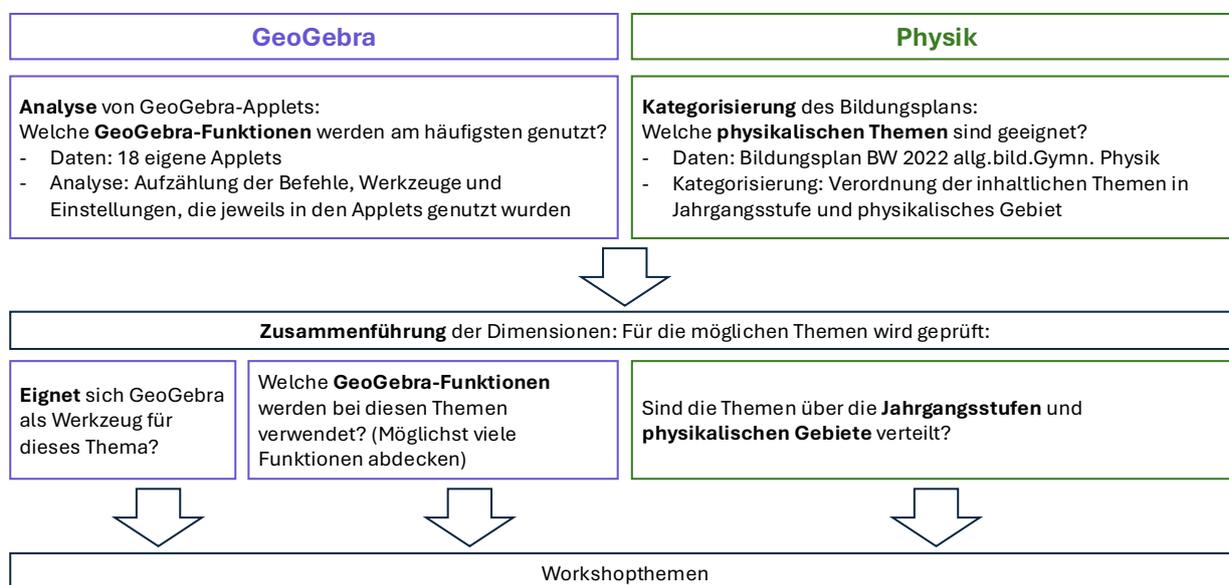


Abb. 4.1: Konzeption der Themenfindung für die Applets im Workshop

Für den **GeoGebra-Teil** werden alle selbst erstellten Applets nach den verwendeten Befehlen, Werkzeugen und Einstellungen kategorisiert. Durch diese Kategorisierung kann ermittelt werden, welche Schritte am häufigsten benötigt werden und daher im Workshop thematisiert werden sollten. Es ergibt sich eine Liste von GeoGebra-Funktionen.

Im **physikalischen Teil** wird der Bildungsplan Baden-Württemberg [Min22] nach Jahrgangsstufen und Themengebieten analysiert und kategorisiert. Bei der Auswahl der Themen ist es wichtig, dass jede Jahrgangsstufe und jedes Themengebiet vertreten ist, sofern GeoGebra für die jeweilige Thematik sinnvoll einsetzbar ist. Die Themen sollen nicht zu zeitaufwändig oder unnötig kompliziert sein und sich gut mathematisieren lassen, um sie effizient und sinnvoll in GeoGebra zu modellieren. Außerdem soll es jedem Teilnehmenden - unabhängig von physikalischen Vorkenntnissen, GeoGebra-Kennntnis oder Interesse - möglich sein, das jeweilige Applet in der gegebenen Zeit zu erstellen.

Letztlich werden die beiden Dimensionen **zusammengeführt**, indem physikalische Themen mit den entsprechenden GeoGebra-Funktionen kombiniert wurden. So entsteht eine Auswahl an Themen für den Workshop, die sowohl den curricularen Anforderungen als auch den technischen Möglichkeiten von GeoGebra gerecht wird.

Im Folgenden wird auf die beiden Dimensionen, GeoGebra-Themen und Physik-Themen, und die Zusammenführung dieser näher eingegangen.

## 4.2 Durchführung

### 4.2.1 GeoGebra-Themen

Das Ziel dieses Abschnitts besteht darin, herauszufinden, welche GeoGebra-Funktionen am häufigsten genutzt werden, um diese gezielt im Workshop zu behandeln. Die Untersuchung umfasst acht Applets, die im Mathematikunterricht eingesetzt werden können, sowie zehn Applets aus dem Physikunterricht. Es wurden alle eigens erstellten Applets einbezogen, die im Unterricht verwendet werden können, also fertiggestellt sind und als didaktisch sinnvoll gelten.

Dieses Vorgehen ist begrenzt, da der Ideenreichtum durch den Input einer einzelnen Person eingeschränkt ist. Die Entscheidung, eigene Applets zu verwenden, basiert auf der Schwierigkeit, die Produktionsschritte bei fremden Applets nachzuvollziehen, was oft nur schwer oder gar nicht möglich ist. Die analysierte Sammlung von GeoGebra-Applets entstand über einen Zeitraum von drei Jahren und bietet einen Querschnitt durch verschiedene Bereiche der Mathematik und Physik sowie zahlreiche GeoGebra-Funktionen. Diese Vielfalt reicht aus, um als Datenbasis für die Untersuchung zu dienen.

Die untersuchten Applets befassen sich mit folgenden Themen:<sup>1</sup>

Mathematik-Applets:

1. Äquivalenzumformungen
2. Gaußscher Algorithmus
3. Gesetz der großen Zahlen
4. Achilles und die Schildkröte
5. Kollidierende Boote
6. Vektorenaddition
7. Irrfahrt
8. Glücksrad

Physik-Applets:

1. Messdatenerfassung Kondensator
2. Solarzelle 1
3. Solarzelle 2
4. Solarzelle 3
5. Kennlinie Solarzelle
6. Quanten-Kryptologie
7. EPR, Polfilter
8. Fall mit Luftreibung
9. Reihenschaltung
10. Silizium Gitterstruktur 3D

Bei den einzelnen Applets wird jeweils untersucht, ob bei der Erstellung des Applets die GeoGebra-Funktion verwendet worden ist (1) oder nicht (0). Anschließend wird gezählt, in wie vielen Applets

<sup>1</sup>Die Applets sind einsehbar unter <https://www.geogebra.org/u/anabeldietz>

eine Funktion genutzt wurde. Die Ergebnisse der Befehle sind in Tabelle 4.1, die der Werkzeuge in Tabelle 4.2 und die der Einstellungen in Tabelle 4.3 zu sehen. Die Funktionen sind nach Gesamtbewertung (blau) aufsteigend sortiert.

	Mathematik-Applets								Physik-Applets										ges.
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Zelle()	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Verschiebe()	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Punkt()	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3
Verbinde()	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
SetzeWert()	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Drehe()	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Zufallszahl()	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4
Vektor()	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	5
Wahrheitswert()	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	6
Schieberegler()	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	7
Wenn()	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	7
Folge()	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	8
Strecke()	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
Funktion	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	10
Punkt	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15

Tab. 4.1: Befehle, die bei den ausgewählten Applets verwendet wurden

	Mathematik-Applets								Physik-Applets										ges.
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Eingabefeld	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Bild	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
Geogebra in Text	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	6
Kontrollkästchen	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	7
Knopf	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	10
Text	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	12

Tab. 4.2: Werkzeuge, die bei den ausgewählten Applets verwendet wurden

	Mathematik-Applets								Physik-Applets										ges.
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tabelle	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3D Rechner	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Bedingte Sichtbarkeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	5
Split Screen	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
Achsen skalieren	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6
Farben anpassen	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	10

Tab. 4.3: Einstellungen, die bei den ausgewählten Applets verwendet wurden

Die am häufigsten genutzten GeoGebra-Funktionen - diese, die in 6 oder mehr Applets genutzt worden sind - sind die Befehle *Punkt*, *Funktion*, *Strecke()*, *Folge()*, *Wenn()*, *Schieberegler()* und *Wahrheitswert()*, die Werkzeuge *Text*, *Knopf* und *Kontrollkästchen* und die Einstellung *Farben anpassen* und *Achsen skalieren*.

Diese Bewertung der GeoGebra-Funktionen dient nicht als strenges Ausschluss- oder Einschlusskriterium für den Workshop. Sie dient lediglich als Ausgangspunkt für weitere Überlegungen dazu, welche Funktionen so zentral sind, dass sie im Workshop vorkommen sollten. Dies hängt auch damit zusammen, welche physikalischen Themen gewählt werden.

Die Befehle *Folge()* und *Wenn()* sind deutlich komplexer als die bisher genannten. Sie sind vor allem für mehrstufige Animationen und geometrische Wiederholungen wie beispielsweise ein Gitter notwendig. Deshalb sind diese beiden Funktionen nicht Teil des Workshops.

Der Befehl *Vektor()* ist zwar nur fünf mal verwendet worden, ist aber wichtig für den Physikunterricht (Kräfte, Geschwindigkeiten, Feldlinien, etc.). Deshalb ist er Teil des Workshops.

#### 4.2.2 Physik-Themen

Ziel dieses Abschnittes ist es, die Themen des Physik Bildungsplans nach Jahrgangsstufe und Themenbereich zu kategorisieren. Die Auswahl der physikalischen Themen soll anschließend so getroffen werden, dass ein möglichst breites Spektrum an Jahrgangsstufen und Themenbereichen vertreten ist.

Der Bildungsplan teilt die Jahrgänge in Klasse 7/8, Klasse 9/10 und Oberstufe auf. In der Oberstufe wird entweder Basisfach mit Schwerpunkt Quantenphysik, Basisfach mit Schwerpunkt Astrophysik oder Leistungsfach gewählt. Angelehnt an den Bildungsplan wird in acht Themengebiete unterteilt: Denk- und Arbeitsweisen der Physik, Energie, Mechanik, Wärmelehre, Elektromagnetismus, Optik/ Akustik/ Wellen und Quantenphysik. Damit ergibt sich eine Matrix wie in Tabelle 4.4 mit den Dimensionen Klassenstufe und Themengebiet. Die einzelnen Themen werden in der Matrix verordnet und anschließend auf Eignung für GeoGebra untersucht.

		Klasse 7-8	Klasse 9-10	Oberstufe
A	Denk- und Arbeitsweisen			
B	Energie			
C	Mechanik			
D	Wärmelehre			
E	Struktur der Materie			
F	Elektromagnetismus			
G	Optik/ Akustik/ Wellen			
H	Quantenphysik			

**Tab. 4.4:** Leere Bildungsplanmatrix

Eignung für GeoGebra bedeutet einerseits, dass das physikalische Problem in GeoGebra gut darstellbar ist. Dies erfordert eine grundlegende Visualisierbarkeit, welche wiederum eine gewisse Mathematisierbarkeit erfordert. Beispielsweise lässt sich die Aufteilung der elektrischen Stromstärken einer Parallelschaltung mit zwei variablen Widerständen mithilfe des Teilchenmodells visualisieren: Kleine Kugeln fließen in einem Leiter in eine Richtung, an einem Knoten teilen sie sich nach dem Verhältnis der Widerstände auf. Jedoch lässt sich dieses Modell nicht auf eine einfache Weise mathematisieren, die in GeoGebra leicht umsetzbar wäre, um animierte Teilchen zu erhalten. Hierfür wäre ein Programmiercode deutlich sinnvoller. Deshalb ist dieses Thema nicht gut in GeoGebra umsetzbar und wird nicht in die Bildungsplanmatrix aufgenommen. Genauso lassen sich wenige Themen der Wärmelehre sinnvoll in GeoGebra umsetzen, da eine Umsetzung des Teilchenmodells aufgrund der für GeoGebra komplizierten Mathematisierung schwer umsetzbar ist. Für diese Themen ist eine Simulation deutlich geeigneter, da diese besser mit Wahrscheinlichkeiten und iterativen Prozessen umgehen kann.

Andererseits sollte es sinnvoll sein, das Medium GeoGebra für das jeweilige Thema zu nutzen. Digitale Werkzeuge - so auch GeoGebra - sollen nach der KMK 2012 [Kul12] gewinnbringend sein und einen didaktischen Mehrwert haben. Beispielsweise wäre es nicht sinnvoll, das Bohrsche Atommodell mithilfe von GeoGebra zu veranschaulichen, da hierfür ein Bild ausreichend ist. Auch sollte in den meisten Fällen vermieden werden, ein Experiment in GeoGebra zu simulieren, da Experimentieren als Teil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung ein fundamentaler Teil der Physik ist, die - wenn nicht unbedingt nötig - nicht durch Simulationen ersetzt werden sollte [Min22].

Geeignet sind dagegen Visualisierungen, die vom dynamischen Charakter von GeoGebra profitieren und durch die Visualisierung in GeoGebra einen Mehrwert erlangen. Ein Beispiel hierfür ist die Messdatenerfassung in GeoGebra. Hier können in einer Tabelle Messwerte erfasst werden und sofort in ein Koordinatensystem eingetragen werden. Ein anderes Beispiel ist die Überlagerung zweier Wellen. Die Frequenzen können über Schieberegler dynamisch angepasst werden. Die Interferenz ist direkt erfahrbar und kann durch Anpassung der Frequenzunterschiede aktiv erfahren werden.

Die geeigneten Themen werden in die Bildungsplanmatrix eingetragen. Die ausgefüllte Tabelle ist im Anhang Abschnitt 10.2 zu finden.

### 4.2.3 Daraus resultierende Themen

In Unterabschnitt 4.2.1 und Unterabschnitt 4.2.2 ist eine Auswahl an GeoGebra- und Physik-Themen gefunden worden. Produkt dieser Abschnitte ist eine Liste an GeoGebra-Funktionen mit hoher Bewertung und geeignete Physik-Themen, die in der Bildungsplanmatrix verordnet sind. Diese zwei Dimensionen werden schließlich zusammengeführt.

Zunächst werden die Themen der selbst zu erstellenden Applets gewählt, da bei diesen viele neue Funktionen erlernt werden und sie somit mit den GeoGebra-Themen abgestimmt werden müssen. Anschließend werden die Themen der Demonstrations-Applets und der zu bearbeitenden Applets so gewählt, dass die physikalischen Themen über die Bildungsplanmatrix möglichst gleichmäßig verteilt sind. In diesen Teilen des Workshops werden keine GeoGebra-Funktionen erlernt, somit müssen diese Themen nicht mit den GeoGebra-Themen abgestimmt werden.

Für die Applets, die selbst erstellt werden sollen (im zweiten Teil des Workshops), sind vier Überthemen gewählt worden, die das GeoGebra-Spektrum gut abdecken, da diese jeweils wichtige Funktionen von GeoGebra enthalten. Die Überthemen sind

- a) Geometrie/ Konstruktion
- b) Funktionen
- c) Animationen
- d) Tabellen

Die CAS und die Statistik Funktion sind nicht enthalten, da diese für den Physikunterricht nicht zentral sind. Stattdessen sind solche Themen gewählt worden, die oft in Anwendung kommen und einen guten Grundbaustein für die Nutzung im Physikunterricht liefern:

**Geometrie und Konstruktion** ist notwendig, um Objekte zu visualisieren (Beispielsweise einen Ball oder die Umriss eines Kondensators zu konstruieren). Somit sind Grundkenntnisse in diesem Thema essentiell für den weiteren Umgang mit GeoGebra.

**Funktionen** sind ein wichtiger Bestandteil, da diese zur Visualisierung von Formeln und Funktionen häufig genutzt werden und mathematische Grundlage für viele Modellierungen ist. Mit nur wenig Arbeit kann eine Funktion grafisch dargestellt werden und mithilfe von Schieberegler dynamisch angepasst werden.

Sowohl in der Mathematik als auch in der Physik sind Geometrie und Funktionen häufig genutzte

Themen für GeoGebra. Sicherlich liegt das auch daran, dass dies die intendierten Funktionen von GeoGebra (von: Geometrie und Algebra) sind.

Ebenfalls nützlich für die Visualisierung von physikalischen Problemen sind **Animationen**. In der Physik werden oft zeitliche Vorgänge untersucht. Diese sind über einen zeitlichen Schieberegler und eine Animationsfunktion in GeoGebra anschaulich umsetzbar. Außerdem sind Knöpfe ein sehr vielseitiges Konzept von GeoGebra, in das es sich lohnt einzuführen - sowohl für die Mathematik als auch für die Physik. Der Knopf wurde (siehe Tabelle 4.2) in zehn von 18 Applets verwendet. Er bietet die Möglichkeit, das Applet durch Befehle direkt zu verändern und komplexe Strukturen wie Animationen und Code-Skripte intuitiv und simpel in das Applet einzufügen.

**Messwerterfassung** ist in GeoGebra sehr einfach und auch von Schüler\*innen durchführbar. Deshalb soll dies zum Abschluss demonstriert werden. Als einziges Applet im Workshop wird dieses nicht exportiert und erst im Anschluss verwendet, sondern ist als fortlaufender Prozess während der Unterrichtsstunde gedacht.

In vier Abschnitten soll jeweils ein Applet selbst oder gemeinsam erstellt werden. Im Anschluss wird in drei der Abschnitten ein Applet gezeigt, das ebenfalls in dieses GeoGebra-Thema (Konstruktion, Animationen und Messwerterfassung) fällt. Dieses Demonstrations-Applet soll einen Ausblick in die mögliche weitere GeoGebra-Laufbahn zeigen. Es ist einerseits jeweils thematisch passend zur GeoGebra-Einheit und andererseits erfüllt es die genannten Vorgaben, möglichst viele physikalische Gebiete und Klassenstufen abzudecken.

Bevor die Teilnehmenden selbst Applets erstellen, bearbeiten sie bereits vorhandene Applets nach bestimmten Anforderungen. Hierfür werden die physikalischen Themen so gewählt, dass sie die bereits gewählten physikalischen Themen gut ergänzen. Dies ist möglich, da in dieser Phase lediglich Einstellungen und andere Kleinigkeiten geändert werden muss, die Wahl des Physik-Themas also nicht von den GeoGebra-Funktionen abhängt.

Für den gesamten Workshop ergeben sich also:

1. drei Applets, an denen kleine Modifikationen vorgenommen werden sollen (Bearbeiten)
2. vier Applets, die selbst erstellt werden sollen (Selbst)
3. drei Applets, die zur Demonstration gedacht sind (Demonstration)

In Tabelle 4.5 sind die Applets im Bildungsplan verordnet. Die Codierung der Applets ergibt sich aus dem physikalischen Themengebiet (A-H), der Art des Umgangs (1 = Bearbeiten, 2.1 = Selbst erstellen, 2.2 = Demonstration) und gegebenenfalls dem Überthema (a = Geometrie, b = Funktionen, c = Animationen, d = Tabellen). Pro Jahrgangsstufe gibt es zwei bis vier Applets, wobei jedes physikalische Themengebiet außer Wärmelehre mindestens ein Mal vertreten ist. Für die Wärmelehre eignet sich GeoGebra, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, nicht gut, sodass sie nicht im Workshop vertreten sein wird.

In Tabelle 4.6 ist zu sehen, welche Funktionen in den jeweiligen Applets genutzt werden. Die Applets sind in chronologischer Reihenfolge gelistet. Anhand dieser Tabelle ist zu erkennen, dass die verwendeten GeoGebra Funktionen aufeinander aufbauen. So kann der Schieberegler im ersten selbst erstellten Applet eingeführt werden und in den darauffolgenden Applets möglichst ohne Schwierigkeiten wiederverwendet werden. Die Applets werden somit zwar immer anspruchsvoller, da mehr Funktionen nötig sind, jedoch kommen pro Applet und somit pro Arbeitsphase nur wenige (drei bis vier) neue Funktionen dazu.

		Klasse 7-8	Klasse 9-10	Oberstufe
A	Denk- und Arbeitsweisen	A2.1d Messdatenerfassung		
B	Energie		B1 Impulserhaltung	
C	Mechanik		C2.1c Fall Luftwiderstand	
D	Wärmelehre			
E	Struktur der Materie			E2.2a Silizium Gitter
F	Elektromagnetismus		F2.2c Solarzelle	F1 Elektrische Felder
G	Optik/ Akustik/ Wellen	G2.1a Linse		G2.1b Interferenz
H	Quantenphysik			H1 Quantenkryptologie

Tab. 4.5: Verordnung der Applets im Bildungsplan

	1. Bearbeiten			2. Selbst erstellen				Bew.
	H1	F1	B1	G2.1a	G2.1b	C2.1c	A2.1d	
Exportieren	1	1	1	1	1	1	1	18
Ausblenden	0	1	1	0	0	0	0	18
Farben anpassen	0	0	1	1	1	0	0	18
Pinnen	0	0	1	0	0	0	0	18
Hintergrund	0	0	1	0	0	0	0	0
Schieberegler	0	0	0	1	1	1	0	7
Vektor	0	0	0	1	0	1	0	5
Punkt	0	0	0	1	0	0	0	15
Strecke	0	0	0	1	0	1	0	9
Funktion	0	0	0	0	1	1	0	10
Split Screen	0	0	0	0	1	0	0	5
Achsen skalieren	0	0	0	0	1	0	0	6
Text	0	0	0	0	1	0	0	12
Schaltfläche	0	0	0	0	1	1	0	10
Ton	0	0	0	0	1	0	0	0
Wahrheitswert	0	0	0	0	0	1	0	6
Kontrollkästchen	0	0	0	0	0	1	0	7
Tabelle	0	0	0	0	0	0	1	1

Tab. 4.6: GeoGebra Funktionen, die in den Applets des Workshops verwendet werden. Die Applets sind in chronologischer Reihenfolge geordnet. Gelb: Für das Grundapplet, Rot: Für den freiwilligen Teil. Blau: Bewertung der GeoGebra-Funktion aus Unterabschnitt 4.2.1.

# 5. Aufbau des Workshops

Das folgende Kapitel behandelt den Inhalt des Workshops. Zunächst wird der grobe Aufbau beschrieben, das Material vorgestellt und danach die Abschnitte im Detail untersucht.

## 5.1 Aufbau

Der Workshop beinhaltet zwei praktische Teile: das Anpassen bereits vorhandener GeoGebra-Applets und das Erstellen eigener Applets.

- Einführung
- Teil 1: Anpassen vorhandener Applets
- Teil 2: Erstellen eigener Applets
- Abschluss

In der Einführung wird ein Überblick über GeoGebra gegeben und die Rahmenbedingungen des Workshops klargestellt.

Im ersten Teil werden Materialien angepasst, die von anderen Nutzer erstellt worden sind. Hier werden kleine Anpassungen wie das Ändern der Farbe oder der Größe eines Objektes und die Exporteinstellungen (Größe des Applets und Ausstellen von Zoom und Verschieben) behandelt. Die Teilnehmenden bearbeiten zwei bis drei Applets. Hierfür erhalten sie eine Liste der Veränderungen, die vorgenommen werden sollen.

Im zweiten Teil sollen die Teilnehmenden selbst insgesamt drei Applets erstellen. Sie bekommen für jedes Applet ein physikalisches Thema und Arbeitsanweisungen, welche Eigenschaften das Applet beinhalten soll. Im Anschluss wird ein viertes Applet gemeinsam erstellt.

Im Abschluss wird noch einmal präsent gemacht, welche Inhalte im Workshop gelernt wurden.

## 5.2 Materialien

Die benötigten Materialien sind

- Laptop mit
  - Powerpoint-Präsentation und
  - Zugang zum Internet für Demonstrationen
- Hilfskarten (ausgedruckt)
- Schritt-für-Schritt-Anleitungen (ausgedruckt)
- Checkliste (Google Sheets)
- Laptops (für die Teilnehmenden)
- 3D Brillen und zwei Stimmgabeln (optional)
- Demonstrationsapplets in GeoGebra
  - Silizium Gitter 3D
  - Solarzelle
  - Messwerterfassung

Die Teilnehmenden haben bereits vor dem Workshop ein GeoGebra Profil angelegt. Sie erhalten zu Beginn des Workshops jeweils eine Kopie der Hilfskarten.

### 5.2.1 Präsentation

Die Präsentation begleitet durch den Workshop. In ihr sind die Arbeitsaufträge, die während der Arbeitsphase sichtbar sind. Außerdem führt sie durch die Einführung und den Abschluss.

### 5.2.2 GeoGebra-Demonstrationen

Werden in GeoGebra Demonstrationen vorgeführt, wechselt die Workshopleitung zwischen der Präsentation und dem Internet-Browser. Auf der Website werden Demonstrationen von GeoGebra-Funktionen gezeigt.

Außerdem wird jeweils nach der Arbeitsphase Geometrie, Animationen und Tabelle ein fertiges Applet auf der GeoGebra-Website gezeigt<sup>1</sup>:

- 3D Silizium (Geometrie)
- Solarzelle (Animationen)
- Messwerterfassung (Tabelle)

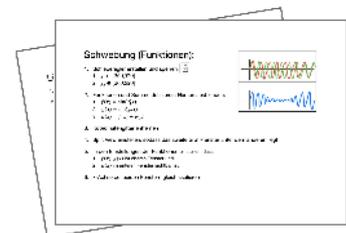
### 5.2.3 Hilfskarten

Die Hilfskarten dienen während des gesamten Workshops als Nachschlagewerk. Jede Karte enthält eine oder mehrere Funktionen von GeoGebra - Einstellungen, Befehle oder Werkzeuge. Auf ihnen sind diese mit Bildern und Text erklärt. Die Teilnehmenden nutzen die Karten während des Workshops, um die Funktionen nutzen zu können. Die Karten können auch nach dem Workshop genutzt werden.



### 5.2.4 Schritt-für-Schritt-Anleitungen

Für den zweiten Teil des Workshops, in dem die Teilnehmenden eigene Applets erstellen, werden Anleitungen zur Verfügung gestellt. Auf ihnen ist Schritt-für-Schritt aufgelistet, was zu tun ist (beispielsweise: „Erstelle einen Schieberegler  $f \in [260, 520]$ “). Es werden die Hilfskarten benötigt, um die Schritte umzusetzen.



### 5.2.5 Checkliste

Die Checkliste gibt der Workshopleitung einen Überblick über den Fortschritt der Teilnehmenden. Hierfür wird in Google Sheets (oder einem anderen Share-System) eine Tabelle angelegt, in der die Teilnehmenden einen Haken setzen können, wenn sie diesen Teil abgeschlossen haben.

Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Anna	<input type="checkbox"/>																			
Bianca	<input type="checkbox"/>																			
Christina	<input type="checkbox"/>																			
David	<input type="checkbox"/>																			
Emilia	<input type="checkbox"/>																			
Florian	<input type="checkbox"/>																			
Julia	<input type="checkbox"/>																			
Leon	<input type="checkbox"/>																			
Maria	<input type="checkbox"/>																			
Max	<input type="checkbox"/>																			
Nina	<input type="checkbox"/>																			
Oliver	<input type="checkbox"/>																			
Paul	<input type="checkbox"/>																			
Simon	<input type="checkbox"/>																			
Tina	<input type="checkbox"/>																			
Tim	<input type="checkbox"/>																			
Uwe	<input type="checkbox"/>																			
Vanessa	<input type="checkbox"/>																			
Wendy	<input type="checkbox"/>																			
Xavier	<input type="checkbox"/>																			
Yara	<input type="checkbox"/>																			
Zoe	<input type="checkbox"/>																			

## 5.3 Die Abschnitte im Detail

Ein Verlaufsplan findet sich in Abbildung 5.1.

In der ersten Spalte ist die geschätzte Dauer der Phasen aufgeführt. Diese ergibt sich aus den Testdurchführungen. Der Workshop ist, inklusive einer einstündigen Pause, auf 4 Stunden und 45 Minuten ausgelegt.

<sup>1</sup>Zugang zu allen Applets befindet sich im Anhang in Unterabschnitt 10.1.4.

Zeit	Phase	Inhalt	Sozial	Medien	
3	Einstieg	Inhalt des Workshops vorstellen	LV	PP	
4		Checkliste	LV	PP, Checkliste	
4		Vorstellung der Differenzierung und Hilfskarten	LV	PP, Hilfskarten	
8	Demonstration	Website	LV	GeoGebra	
5	Applets bearbeiten	Demonstration: - Material finden - bearbeiten - exportieren	LV	GeoGebra	
30		Arbeitsphase: Applets anpassen	EA	PP	
10	Selbst erstellen	Linse	Demonstration: - Classic öffnen, - A-Fenster schließen	LV	GeoGebra
2			Motivation Linse	LV	
45			Arbeitsphase: Linse Applet erstellen	EA	PP
		<b>Pause</b>			
2			Zeigen: Silizium (3D)	LV	Applet-1 3D-Brillen
3		Schwebung	Demonstration: - 3D Grafikfenster, Brille - Split View	LV	GeoGebra
2			Motivation Interferenz, Schwebung	LV	Stimmgabeln
35			Arbeitsphase: Schwebung Applet erstellen	EA	PP
4		Luftreibung	Demonstration: - Schaltfläche	LV	GeoGebra
2			Motivation Luftreibung	LV	
45*			Arbeitsphase: Luftreibung Applet erstellen	EA	PP
2			Zeigen: Solarzelle	LV	Applet-2
2		Tabelle	Motivation Messwerterfassung	LV	
10	Demonstration (gemeinsam): - Messwerterfassung		Plenum	GeoGebra	
5	Zeigen: Messwerterfassung		LV	Applet-3	
2	Abschluss	Rückblick: Was haben wir gelernt?	LV	PP	

insgesamt circa 225min	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #f4a460; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Demonstration         </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #fff9c4; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Motivation         </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #c8e6c9; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Arbeitsphase         </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #bbdefb; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> Applet zeigen         </div>	<b>LV</b>   Lehrervortrag <b>EA</b>   Einzelarbeit  <b>PP</b>   Powerpoint-Präsentation <b>GeoGebra</b>   GeoGebra Website <b>Applet-1</b>   Silizium 3D <b>Applet-2</b>   Solarzelle 3 <b>Applet-3</b>   Messwerterfassung
------------------------	---	--

\*Zeitverlängerung möglich je nach Fortschritt

Abb. 5.1: Verlaufsplan des Workshops

### 5.3.1 Einführung

Nach einer Begrüßung wird der **Inhalt des Workshops** vorgestellt. Hierfür werden die Möglichkeiten, die GeoGebra bietet, kurz gezeigt und schließlich abgegrenzt, welche Themen Teil des Workshops sind. Dies gibt einen groben Überblick über GeoGebra, den Workshop und bietet gleichzeitig einen Anhaltspunkt für eine mögliche weitere Arbeit in GeoGebra.

Um während des Workshops den Überblick darüber zu behalten, wie weit die einzelnen Teilnehmenden sind, wird eine **Checkliste** mit den Teilnehmenden geteilt. Dies kann beispielsweise über Google Sheets geschehen. Die Teilnehmenden sollen nach jeder Arbeitsphase abhaken, wenn sie in den Arbeitsphasen einen Teil erledigt haben.

Den Teilnehmenden werden im nächsten Schritt alle **Differenzierungsmöglichkeiten** erläutert: Die Menge der Aufgaben ermöglicht ein verschieden schnelles Arbeiten je nach Voraussetzungen und Interesse. Das bedeutet jedoch auch, dass die meisten Teilnehmenden nicht fertig werden könnten. Es sollte betont werden, dass dies absichtlich ist, um Frust und Stress bei den Teilnehmenden zu vermeiden. Außerdem werden die Hilfsmöglichkeiten aufgezeigt. Nach einer kurzen Nennung aller Hilfsmöglichkeiten (Hilfskarten, Schritt-für-Schritt-Anleitung, Workshopleiter) werden die **Hilfskarten** im Detail besprochen. Dafür wird die erste Karte, die eine Übersicht über alle anderen Karten gibt, und die Farbcodierung besprochen.

Vor Beginn des ersten Workshopteils wird die GeoGebra-Website kurz vorgestellt. Hierfür wird die Website auf dem Präsentationslaptop geöffnet. Es wird gezeigt, wie man auf sein eigenes Profil gelangt und beschrieben, dass dort selbst erstellte und kopierte oder bearbeitete Applets zu finden sind. Nun wird kurz auf die Materialiensuche und den „Starte Rechner“ Knopf aufmerksam gemacht, die im weiteren Verlauf des Workshops relevant sind. Es werden in diesem Teil also insgesamt drei Anlaufstellen der Website in den Fokus gerückt: Das Profil, die Materialiensuche und „Starte Rechner“. Die Anzahl der Informationen in diesem Teil soll möglichst gering gehalten sein um Überforderung zu vermeiden.

### 5.3.2 Teil 1: Anpassen vorhandener Applets

Noch auf der GeoGebra-Website wird kurz demonstriert, wie ein vorhandenes Applet bearbeitet werden kann. Diese Demonstration dient nicht dem vollständigen Verständnis - zum eigenen Durchführen gibt es vier Hilfskarten (eine grüne und drei gelbe), die dies zusammenfassen. Die Demonstration dient dazu, einmal den gesamten Prozess zu sehen und den Einstieg für Teilnehmende mit geringen Vorkenntnisse zu erleichtern.

In der Demonstration wird zuerst in der Materialiensuche ein Physik-Applet gesucht.<sup>2</sup> Dieses wird mit „In App öffnen“ geöffnet und bearbeitet (beispielsweise ein Text vergrößert oder die Farbe eines Objektes verändert) und anschließend im Profil gespeichert. Schließlich wird mit „Aktivität bearbeiten“ die notwendigen Exporteinstellungen getroffen: Die Größe des Applets wird angepasst und der Zoom und die Bewegung der Ansicht ausgestellt.

Diese Vorgehensweise wird auf einer Folie kurz zusammengefasst wiederholt und darauf hingewiesen, auf welchen Hilfskarten sich die benötigten Informationen befinden.

Die Teilnehmenden erhalten dann den Arbeitsauftrag, zwei ausgewählte Applets nach bestimmten Vorgaben zu bearbeiten. Auf der Folie der Arbeitsaufträge findet sich die Codierung der Applets, die entweder in die Materialiensuche eingegeben werden kann oder als Teil der URL verwendet

---

<sup>2</sup>Dieses sollte vor dem Workshop bereits ausgewählt sein. Um sich gut für Demonstrationszwecke zu eignen, sollte der Zoom und Verschiebung eingestellt sein (damit diese in der Demonstration ausgestellt werden können).

werden kann. Nachdem die Hauptaufgaben erledigt sind, kann an dem zweiten Applet weiter gearbeitet werden und im Anschluss ein drittes Applet bearbeitet werden.

Die Workshopleitung kann die Arbeitsphase beenden, wenn alle Teilnehmenden mit den Hauptaufgaben, die sowohl auf der Folie als auch in der Checkliste lila untermalt sind, fertig sind.

### 5.3.3 Teil 2: Erstellen eigener Applets

Die Workshopleitung demonstriert, wie man von der GeoGebra Website auf **GeoGebra Classic** gelangt, in dem alle Applets erstellt werden. Hierfür kann entweder auf „Starte Rechner“ geklickt und der Link angepasst werden oder der Link <https://www.geogebra.org/classic> eingetippt werden.<sup>3</sup> Hier wird kurz die **Ansicht** erklärt: Im Algebra-Fenster werden Befehle eingegeben, im Grafikfenster erscheinen die erstellten Objekte. Es sind auch andere Fenster (3D Grafik, Tabelle, CAS, Wahrscheinlichkeitsrechner) verfügbar, die teilweise im späteren Verlauf des Workshops behandelt werden. Ist die Bearbeitung abgeschlossen, muss das Algebra-Fenster geschlossen werden und das Applet kann wie schon bekannt gespeichert und Exporteinstellungen getroffen werden.

Es folgen die Arbeitsphasen, in denen jeweils ein Applet erstellt wird:

#### 5.3.3.1 Linse (Geometrie)

Zunächst wird die **Motivation** für das Applet Linse aufgezeigt, die Workshopleitung könnte beispielsweise sagen:

*„Wir befinden uns in Klasse 7. Wir haben gerade die Linsengleichung behandelt und ein paar Rechnungen durchgeführt. Jetzt möchten wir, dass die Schüler\*innen den Strahlengang einer bikonvexen Linse erfahren können. Die Schüler\*innen sollen ein Applet erhalten, in dem sie die wichtigen Größen - Gegenstandsweite, Gegenstandshöhe und auch Brennweite der Linse - einstellen können und sich der Strahlengang entsprechend dynamisch verändert.“*

Die Teilnehmenden erhalten nun den **Arbeitsauftrag**. Hierbei sollte auf den Aufbau der Folie aufmerksam gemacht werden: Wie zuvor sind die Hauptaufgaben in einem lila Kasten. In einer Schriftrolle sind alle mathematischen und physikalischen Informationen, die benötigt werden. Darunter finden sich die Hilfskarten, die (für die Hauptaufgaben) verwendet werden. Außerhalb des lila Kasten befinden sich Aufgaben für diejenigen, die mit den Hauptaufgaben fertig sind. Des Weiteren sollte auf die Schritt-für-Schritt-Anleitung aufmerksam gemacht werden, welche bei Bedarf genutzt werden kann.

Die Teilnehmenden nutzen weiterhin die Checkliste. Nachdem die Teilnehmenden das Applet erstellt haben beziehungsweise wenn alle Teilnehmenden mindestens die Hauptaufgaben erledigt haben, sollte eine **Pause** (beispielsweise 60 Minuten) gemacht werden.

Kurz vor Ende der Pause werden 3D Brillen ausgeteilt und das Applet **3D Silizium** wird am Präsentationslaptop laufen gelassen. Die Teilnehmenden können das Applet nun mit 3D Brille betrachten, wenn sie zurückkehren.

Nun kann kurz demonstriert werden, wie eine solche Darstellung für 3D Brillen möglich ist: Dafür muss das Grafikfenster mit dem 3D Grafikfenster ausgetauscht werden. In den Einstellungen der 3D

---

<sup>3</sup>Stattdessen könnte auch das Computerprogramm GeoGebra Classic verwendet werden. Da die Teilnehmenden so jedoch nichts herunterladen müssen und die Synchronisation beim mehrmaligen Bearbeiten auf der Website besser funktioniert, wird diese verwendet.

Ansicht kann nun ein Brillensymbol ausgewählt werden. Dies bietet eine Überleitung zum nächsten Applet, da auch hier mehrere Fenster verwendet werden.

### 5.3.3.2 Schwebung (Funktionen)

Es wird aufbauend auf der vorigen Demonstration gezeigt, wie mehrere Fenster (in diesem Fall: zwei Grafikfenster) gleichzeitig geöffnet und angeordnet werden können.

Nun wird das Thema motiviert, beispielsweise:

*„Wir befinden uns nun in Klasse 11. Wir möchten das Thema Interferenz einführen und behandeln dafür ein Thema aus Klasse 7 nochmal etwas genauer: Die Schwebung. Überlagern sich zwei Wellen mit fast gleicher Frequenz, so nimmt man die Überlagerung wahr als An- und Abschwellen des Tons.“*

An dieser Stelle kann der Schwebungseffekt mit zwei Stimmgabeln gezeigt werden oder ohne Stimmgabeln beschrieben werden.

*„Da wir uns in Klasse 11 befinden, soll der Effekt nicht nur gezeigt werden, sondern auch mathematisch und visuell hergeleitet werden. Dafür sollen in einem Applet die beiden Ausgangswellen mit jeweils einer Frequenz und ihre Überlagerung dargestellt werden. Die Frequenzen sollen über Schieberegler einstellbar sein, sodass die Schüler\*innen dynamisch die Veränderungen der Interferenz über die Änderung der Frequenzen erfahrbar sind.“*

Anschließend erhalten die Studierenden den Arbeitsauftrag und die Arbeitsphase beginnt.

### 5.3.3.3 Luftreibung (Animation)

Je nach Fortschritt werden einige Teilnehmende bereits die Schaltfläche im vorigen Applet genutzt haben. Trotzdem wird nochmal kurz demonstriert, wie diese erstellt wird, ein Skript eingegeben wird und das Skript in den Einstellungen verändert wird.

Das Thema für das Applet wird nun motiviert, beispielsweise:

*„Wir befinden uns in Klasse 9. Wir haben den freien Fall behandelt und gehen nun über zum Fall mit Luftreibung. Diesen kann man wunderbar mithilfe der Kräfte- und Geschwindigkeitsvektoren erklären. Da die Kräftevektoren sich dynamisch mit der Zeit verändern, möchten wir ein Applet erstellen, in dem ein Objekt mit Luftreibung fällt. Die kann eine Animation mit Knopfdruck starten und den Verlauf des Falles zeigen. Außerdem kann das Konzept der Endgeschwindigkeit mithilfe von Vektoren erklärt werden.“*

Die Teilnehmenden erhalten den Arbeitsauftrag und die Arbeitsphase beginnt.

Je nach zeitlichem Fortschritt und Motivation der Teilnehmenden kann diese Arbeitsphase etwas länger ausfallen, sodass diejenigen, die dies möchten, auch die Vektoren einbinden können.

Nach Beenden der Arbeitsphase kann am Präsentationslaptop das Applet **Solarzelle** gezeigt werden. Dieses dient als Demonstration für ein sehr kompliziert animiertes Applet, um zu zeigen, was noch in GeoGebra möglich ist.

### 5.3.3.4 Messwerterfassung (Tabelle)

*„Im Physikunterricht - und auch im Mathematikunterricht - werden manchmal Messerfassungssysteme genutzt. In Physik meist zur Auswertung von Experimenten werden Messdaten in einer Tabelle aufgenommen, die visualisiert werden sollen. Wurde dies ausreichend per Hand geübt, können Programme genutzt werden, um diese Arbeit zu erleichtern. Dafür eignet sich GeoGebra gut, da die Schüler\*innen das Programm bereits kennen und vielleicht sogar selbst verwenden können.“*

Die Teilnehmenden dürfen sich aussuchen, ob sie nur zuschauen oder parallel mitarbeiten. Am Präsentationslaptop wird GeoGebra geöffnet und das Tabellen- und Grafikenfenster nebeneinander geöffnet. Nun werden die Spalten beschriftet (beispielsweise Spannung und Stromstärke) und die Einheiten in die Zeile darunter geschrieben (beispielsweise mV und mA). Es werden Messdaten einer Solarzelle aus einer Exceltabelle per Copy and Paste eingefügt. Die Daten werden markiert und als Punkte im Koordinatensystem eingefügt. Schließlich werden noch die Achsen mit „Spannung in mV“ und „Stromstärke in mA“ beschriftet.

Nun wird auf Vor- und Nachteile der Messwerterfassung eingegangen: GeoGebra ist ein Tool, das sowohl die Lehrkraft im Plenum, als auch Schüler\*innen in Gruppen- und Einzelarbeiten nutzen können. Allerdings lassen sich die Messdaten in der Grafikanzeige verschieben. Dies ist sowohl mathematisch als auch physikalisch unsinnig und kann sehr leicht zu Frust und falschen Ergebnissen führen. Außerdem können nicht mehrere Messreihen in verschiedenen Farben aufgenommen werden.

Um diese Probleme zu umgehen, wird das Applet **Messwerterfassung** gezeigt. Bei diesem erscheinen die Punkte im Koordinatensystem sofort und es können mehrere Messreihen aufgenommen werden, die verschiedenfarbig gekennzeichnet sind. Dieses Applet kann außerdem mithilfe von GeoGebra Classroom genutzt werden. So können die Schüler\*innen ihre Daten eintragen und die Lehrkraft kann diese am eigenen Gerät sehen.

### 5.3.4 Abschluss

Im Abschluss wird ein kurzer Rückblick über den Workshop gegeben, beispielsweise:

*„Was haben wir gelernt? In Teil 1 des Workshops haben wir gelernt, wie wir bereits vorhandene Applets nutzen können und kleine Veränderungen vornehmen können. Je größer unser Wissen über GeoGebra ist, desto mehr werden wir fremde Applets verstehen und verändern können. In Teil 2 haben wir drei Applets selbst erstellt. Hier haben wir verschiedene Funktionen, Werkzeuge und Befehle kennengelernt, die wir auch jederzeit auf den Karten nachschauen können. Und schließlich haben wir vielleicht, hoffentlich, gelernt, dass GeoGebra sich wunderbar für den Physikunterricht eignet.“*

# 6. Methodische Überlegungen

In diesem Kapitel werden die methodischen Überlegungen beschrieben, die in die Konzeption des Workshops eingegangen sind. Eine Reflexion des eigenen Handelns ist, zusätzlich zu didaktischen und methodischen Überlegungen, in der Lehre unumgänglich [Gun19]. Neben den in diesem Kapitel beschriebenen Überlegungen ist deshalb der Workshop in mehreren Materialtests (siehe Kapitel 7) geprüft und mithilfe von Fragebögen und Feedback evaluiert und angepasst worden.

## 6.1 Aufbau des Workshops

### 6.1.1 Applets bearbeiten

Die Struktur dieses Abschnittes ist in Abbildung 6.1 dargestellt.

Phase	Inhalt	Sozial	Medien
Applets bearbeiten	Demonstration: - Material finden - bearbeiten - exportieren	LV	GeoGebra
	Arbeitsphase: Applets anpassen	EA	PP

	Demonstration
	Arbeitsphase

Abb. 6.1: Teil 1: Bearbeiten von Applets

Die Kompetenz, Applets bearbeiten zu können, wird im ersten Teil des Workshops in simplen Arbeitsaufträgen geschult:

Es werden Exporteinstellungen getroffen (Zoom ausstellen und Größe des Applets einstellen). Dies ist der einfachste Weg, ein Applet zu bearbeiten, da nur in den Einstellungen gearbeitet wird. Gleichzeitig führt eine falsche Einstellung der erstellenden Person zu einem oft nicht-nutzbaren Applets. Ein Applet, bei dem die Schüler\*innen wichtige Elemente verschieben oder unbeabsichtigt zoomen können, kann zu viel Frust und einer fehlenden Verwendbarkeit im Klassenzimmer führen.

Im Anschluss werden weitere einfache Kompetenzen erlernt und geübt: Verändern der Farbe und Größe von Objekten, Verändern des Hintergrunds und Ausblenden eines Objektes. All diese Arbeitsschritte sind ohne Öffnen des Algebrafensters möglich, es muss also nicht in die Struktur des Applets eingegriffen werden. Jede Veränderung ist mit wenigen Klicks intuitiv machbar. Damit soll die Einfachheit des Bearbeitens aufgezeigt werden und durch die mehrmalige Wiederholung - es werden drei bis vier Applets bearbeitet - Übung und damit Sicherheit aufgebaut werden.

Diese Kompetenzen werden nicht nur in diesem Teil des Workshops, sondern über den gesamten Workshop hinweg auch bei der Erstellung eigener Applets geschult: Die Exporteinstellungen sind notwendig, um die Erstellung des Applets abzuschließen. Die Veränderung von Farbe, Größe und Hintergrund sind wichtige Schritte im visuellen Designprozess. Das Ausblenden von Objekten ist für Hilfsobjekte wie Funktionen bei Animationen notwendig.

Das Bearbeiten von Applets soll nach Teil 2 des Workshops, Erstellen von Applets, nicht in den Hintergrund rücken. Deshalb wird einrahmend nach Teil 2 ein Rückblick gegeben, welche Inhalte im Workshop erlernt wurden. Hierbei wird darauf eingegangen, dass ein grundlegendes Verständnis zur Erstellung von Applets auch das Bearbeiten von Applets vereinfacht und in weiterem Umfang möglich macht.

Die Workshopleitung demonstriert das Finden, Bearbeiten und Exportieren eines Applets. Diese

Demonstration soll den Teilnehmenden den Einstieg in die eigenständige Arbeit erleichtern. Aus Zeitgründen ist diese Demonstration sehr kurz und schnell gehalten. Sie dient nicht dem vollständigen Verstehen. Die Teilnehmenden sind danach vermutlich nicht in der Lage, die Schritte ohne Hilfsmittel selbst durchzuführen. Dies sollen sie auch nicht - dafür sind die Hilfskarten gedacht. Die Demonstration dient lediglich dazu, dass sie den Prozess einmal im Ganzen gesehen haben und die Schritte auf den Hilfskarten leichter nachvollziehen können.

Im Anschluss erhalten die Teilnehmenden den Arbeitsauftrag in Form einer Präsentationsfolie. Auf diesem sind die Anforderungen gelistet, nach denen das jeweilige Applet bearbeitet werden soll. Außerdem findet sich auf dem Arbeitsauftrag eine Liste der Hilfskarten, die für die Bearbeitung notwendig sind. Die Teilnehmenden erhalten keine mündlichen oder schriftlichen Hilfestellungen. Dies ist explizit gewünscht - die Teilnehmenden arbeiten eigenständig mit den gegebenen Hilfsmitteln, wie sie es nach dem Workshop alleine machen würden. Sie werden gewissermaßen in das kalte Wasser geworfen, um möglichst schnell möglichst viel über GeoGebra zu lernen, um Dinge eigenständig auszuprobieren und ein selbstständiges Arbeiten in GeoGebra zu üben.

Es werden zwei bis drei Applets in einer Arbeitsphase bearbeitet. Aufgrund der verschiedenen Voraussetzungen ist davon auszugehen, dass die Teilnehmenden unterschiedlich viel Zeit zum Bearbeiten brauchen. Teilnehmenden, die bereits in GeoGebra gearbeitet haben, fallen diese Arbeitsschritte vermutlich leicht und sie können alle drei Applets bearbeiten. Teilnehmende, die noch keinen oder nur sehr wenig Kontakt mit GeoGebra hatten, brauchen währenddessen länger und schaffen gegebenenfalls nur die zwei Hauptaufgaben. Somit kann in einer langen Arbeitsphase - statt in zwei oder drei kurzen für die einzelnen Applets - nach eigenem Tempo gearbeitet werden.

### 6.1.2 Applets erstellen

Der zweite Teil des Workshops bietet einen Einblick in die Entwicklung und Erstellung eigener Applets. Wie bereits erläutert, sollen hier einige grundlegende GeoGebra-Kompetenzen erlernt werden, die einen Grundbaustein für potentiell weiteres Arbeiten legen. Die Beispiele sind einfach gewählt und sollen Motivation, Spaß und Selbstbewusstsein im Umgang mit GeoGebra erzeugen.

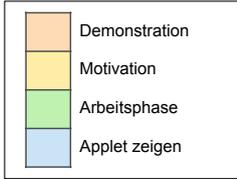
Die Erstellung der Applets ist in jedem Abschnitt ähnlich aufgebaut (siehe Abbildung 6.2):

1. Zunächst werden wichtige GeoGebra-Funktionen demonstriert, die für die Erstellung des Applets relevant sind und visuell einfacher verständlich sind als auf den Hilfskarten.
2. Im Anschluss wird das physikalische Thema und das Applet motiviert.
3. Anschließend wird der Arbeitsauftrag vorgestellt und die Arbeitsphase beginnt.
4. Zum Abschluss wird bei drei von vier Abschnitten ein bereits erstelltes Applet gezeigt. Dieses passt thematisch zum jeweiligen GeoGebra-Thema und soll einen Ausblick geben, was in GeoGebra mit etwas mehr Zeit und Expertise möglich ist.

Die ersten drei Applets folgen der beschriebenen Struktur. Das vierte Applet (Messwerterfassung) wird gemeinsam erstellt. Somit enthält dieser Abschnitt eine Motivation (2), eine Demonstration (1), in der das Applet erstellt wird, und ein Demonstrationsapplet (4).

In (1) werden die Demonstrationen sehr kurz gehalten. Sie dienen nicht als Ersatz für die Hilfskarten, sondern einer Ergänzung. Alle Informationen, die demonstriert werden, befinden sich auf den Hilfskarten und können - beziehungsweise sollen - in ihnen nachgeschlagen werden. Dennoch wird ein kurzer Demonstrationsblock genutzt: Einerseits sind die Demonstrationsinhalte solche, die bei den Hilfskarten gegebenenfalls zu Verwirrung führen können, jedoch praktisch schnell gezeigt werden können. Hier handelt es sich um das Öffnen und Schließen von Fenstern, die Erstellung einer Schaltfläche und die Navigation des zugehörigen Skriptes. All diese Beispiele erfordern einige Klicks und sind somit leichter zu verstehen, wenn sie demonstriert werden und nicht nur schriftlich erklärt werden [SZ12]. Dadurch führen die Demonstrationen zu weniger Verwirrung in der Arbeitsphase, da die Teilnehmenden bereits eine Vorführung der benötigten Schritte erhalten haben. Anderer-

Phase	Inhalt	Sozial	Medien
Linse	Demonstration: - Classic öffnen, - A-Fenster schließen	LV	GeoGebra
	Motivation Linse	LV	
	Arbeitsphase: Linse Applet erstellen	EA	PP
	Zeigen: Silizium (3D)	LV	Applet-1 3D-Brillen
Schwebung	Demonstration: - 3D Grafikfenster, Brille - Split View	LV	GeoGebra
	Motivation Interferenz, Schwebung	LV	Stimmgabeln
	Arbeitsphase: Schwebung Applet erstellen	EA	PP
Luftreibung	Demonstration: - Schaltfläche	LV	GeoGebra
	Motivation Luftreibung	LV	
	Arbeitsphase: Luftreibung Applet erstellen	EA	PP
	Zeigen: Solarzelle	LV	Applet-2
Tabelle	Motivation Messwerterfassung	LV	
	Demonstration (gemeinsam): - Messwerterfassung	Plenum	GeoGebra
	Zeigen: Messwerterfassung	LV	Applet-3



Demonstration  
 Motivation  
 Arbeitsphase  
 Applet zeigen

**Abb. 6.2:** Teil 2: Erstellen von Applets

seits soll das eigenständige Arbeiten unterbrochen werden und somit der lange Workshop besser strukturiert werden.

Eine Motivation (2) ist notwendig, da sich die Teilnehmenden darüber bewusst sein sollen, weshalb sie ein Applet erstellen und ob sich GeoGebra für ein bestimmtes Thema überhaupt eignet. Außerdem wird durch diese Motivation erwähnt, in welchen Klassenstufen die Applets verwendet werden können, und somit nebenbei gezeigt, dass GeoGebra als Werkzeug in allen Klassenstufen möglich und sinnvoll ist.

In der Arbeitsphase (3) arbeiten die Teilnehmenden eigenständig mit den ihnen zur Verfügung gestellten Hilfsmitteln. Wie bei Teil 1 des Workshops sollen die Teilnehmenden durch das eigenständige Lernen ausprobieren und ein selbstständiges Arbeiten in GeoGebra üben. Damit soll sowohl der Lernerfolg gesteigert werden als auch die selbst wahrgenommene Kompetenz. Die Inhalte sind jedoch komplexer als in Teil 1 des Workshops. Um die Heterogenität des Vorwissens und Könnens auszugleichen und jede Person mit so vielen Hilfsmitteln arbeiten zu lassen, wie sie am besten lernt, werden deshalb Schritt-für-Schritt-Anleitungen zur Verfügung gestellt. Diese sind explizit kein Rezept, das ohne Weiteres angewendet werden kann. In der Schritt-für-Schritt-Anleitung wird in Listenform beschrieben, welche Schritte nacheinander auszuführen sind. Dennoch müssen die Hilfskarten zu Hilfe gezogen werden, um diese Schritte auszuführen (siehe Unterabschnitt 6.3.3). Dies ist wichtig, da im Workshop der Umgang mit den Karten geübt werden soll, sodass diese wahrscheinlicher auch nach dem Workshop verwendet werden.

Wie in Unterabschnitt 4.2.3 und Tabelle 4.6 erwähnt sind die Arbeitsphasen aufeinander aufbau-

end. Dies stützt sich auf das didaktische Prinzip der Teilschritte: Es werden kleinere Lernabschnitte gewählt statt eines großen, sodass einzelne Kompetenzen oft wiederholt werden und die Abschnitte aufbauend schwieriger werden können, da sie aufeinander aufbauen. Im Workshop werden nach und nach neue Funktionen eingeführt, die in späteren Applets wieder verwendet werden. In Teil 1 des Workshops wird beispielsweise das Exportieren ausführlich geübt, das in jedem kommenden Applet benötigt wird. Im ersten Applet von Teil 2 wird der Schieberegler eingeführt, der für die nächsten zwei Applets ebenfalls genutzt wird. Somit werden in jedem Applet (in den Hauptaufgaben) drei bis vier neue Funktionen eingeführt. Durch dieses aufbauende System ist es jedoch möglich, am Ende der Einheit im dritten Applet sechs bis acht Funktionen zu nutzen, ohne die Teilnehmenden zu überfordern. Insgesamt werden, wie in Tabelle 4.6 gezeigt, im gesamten Workshop 18 GeoGebra Funktionen eingeführt. Neben diesen Funktionen lernen die Teilnehmenden die Struktur des Programms kennen und mit ihm zielführend zu interagieren.

In den Arbeitsphasen führen die Teilnehmenden eine vollständige Handlung nach dem „Modell der vollständigen Handlung“ [Bun17, Zusatzmaterial] durch: Sie *informieren* sich, was zu tun ist durch die Arbeitsaufträge. Sie *planen* ihre Arbeitsphase und die Schritte, die zum Erreichen der Arbeitsaufträge notwendig sind. Das Planen der Arbeitsschritte ist im Umgang mit GeoGebra wichtig, da beispielsweise das Definieren einer Variable vor ihrer Nutzung erfolgen muss. Die Teilnehmenden lernen die Wichtigkeit dieser Phase im ersten Applet bereits, da hier nur eine richtige Reihenfolge der Befehle zum gewünschten Ergebnis führt. Nun *entscheiden* sie sich für einen Lösungsweg, den sie schließlich auch *ausführen*. Sie *kontrollieren* mithilfe der Anforderungen in den Arbeitsaufträgen, ob dieser sach- und fachgerecht ausgeführt wurde und testen ihr Applet im Profil, ob dieses unterrichtstauglich ist (Objekte sind nicht verschiebbar, Zoom ist ausgestellt, das Applet tut was es soll). Ein *Bewerten* der Handlung erfolgt, wenn das Applet nicht wie gewünscht funktioniert. In diesem Falle wiederholt sich der Handlungszyklus, bis Zufriedenheit erreicht ist.

Die Demonstrations-Applets (4) sollen das Interesse an einer weiteren oder vertieften Arbeit mit GeoGebra wecken. Über die Demonstrationsapplets können weitere Funktionen von GeoGebra aufgezeigt werden, die zu komplex für diesen Workshop sind - beispielsweise der Befehl *Folge()* und die 3D-Grafikansicht sowie komplexere Animationen, die zu viel Zeit in der Erstellung einnehmen würden. Somit kann ein größerer Ausschnitt der Anwendungsmöglichkeiten von GeoGebra gezeigt werden, ohne dass die Teilnehmenden selbst mit den komplexeren Funktionen arbeiten. Dies bietet somit einen Weg, den Teilnehmenden aufzuzeigen, was über das im Workshop Gelernte hinaus in GeoGebra möglich ist und soll ihre Motivation stärken, auch nach dem Workshop in GeoGebra zu arbeiten und neue Dinge auszuprobieren.

## 6.2 Differenzierung

Da der Workshop sowohl für Anfänger als auch für Personen, die sich bereits mit GeoGebra beschäftigt haben, geeignet sein sollte, wurde eine Binnendifferenzierung auf zwei Ebenen (Menge und Hilfsmittel) vorgenommen. In Abbildung 6.3 ist die Differenzierung grafisch dargestellt.

**Menge:** Im ersten und zweiten Teil werden Hauptaufgaben gestellt, die jede teilnehmende Person bearbeiten sollte und weitere Aufgaben, die im Anschluss gemacht werden können. Da GeoGebra von viel Kreativität profitiert, ist es den Teilnehmenden auch immer freigestellt, eigene Ideen umzusetzen, nachdem sie mit den Hauptaufgaben oder den weiterführenden Aufgaben fertig sind. So wird gewährleistet, dass auch erfahrene oder sehr kreative Teilnehmende sich nicht langweilen. Des Weiteren greift hier das didaktische Prinzip der Freiwilligkeit: Nach Erledigung der Hauptaufgaben entscheiden die Teilnehmenden selbst, welche der Aufgaben sie bearbeiten oder ob sie sich selbst Aufgaben ausdenken möchten. Dies ist im Bezug auf GeoGebra besonders sinnvoll, da ein zukünftiges eigenes Arbeiten diese Aspekte beinhaltet und durch eigene kreative Überlegungen stark profitiert.

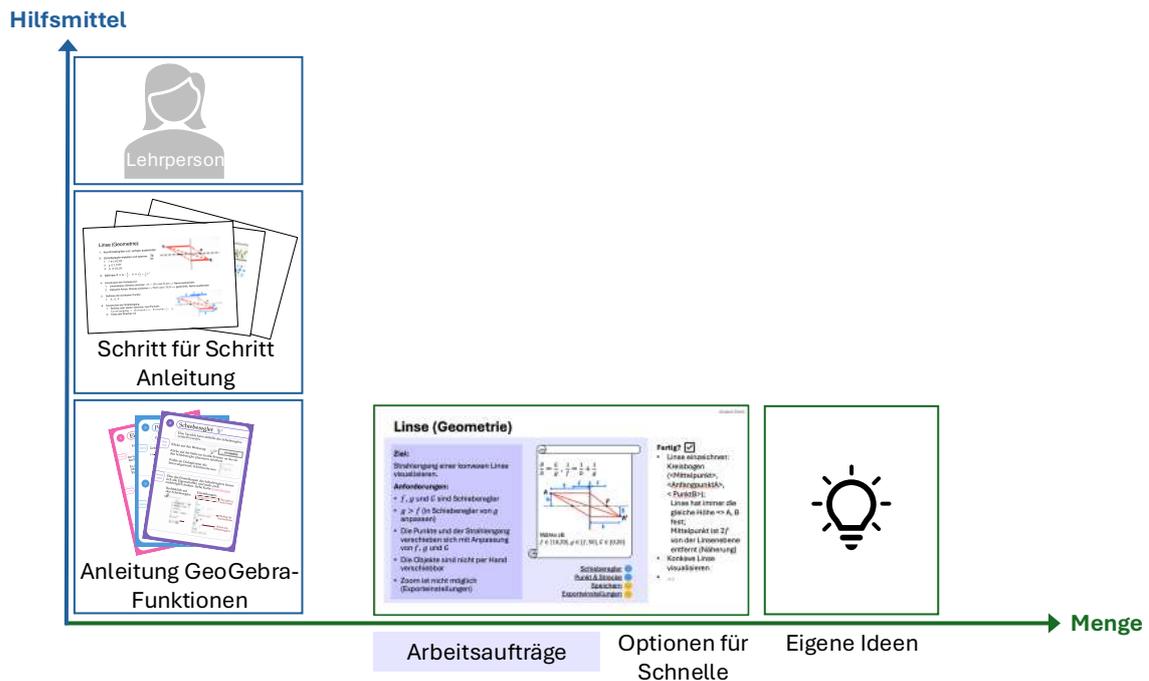


Abb. 6.3: Zwei Ebenen der Differenzierung im Workshop

**Hilfsmittel:** Die Teilnehmenden erhalten 20 Hilfskarten, die sie während des Workshops als Nachschlagewerk nutzen sollen. Auf diesen Karten sind die im Workshop verwendeten Befehle, Werkzeuge und Einstellungen erklärt. Die Karten dienen nicht nur im Workshop als Nachschlagewerk, sondern können auch nach dem Workshop verwendet werden. Auf den Karten ist außerdem eine Weiterleitung per Link und QR-Code zum Handbuch von GeoGebra, in dem alle Befehle und Werkzeuge gelistet sind.

Des Weiteren gibt es Karten, die erklären, wie man ein Applet bearbeitet und speichert sowie Exporteinstellungen trifft. In Teil 2 des Workshops gibt es zudem Schritt-für-Schritt-Anleitungen der Hauptaufgaben. Diese sollen eine Überforderung vermeiden.

Kommen trotz der Hilfskarten Fragen auf, kann außerdem der Workshopleitung zu Rate gezogen werden.

## 6.3 Material

Der Workshop wird begleitet von einer Präsentation. Alle Teilnehmenden erhalten ein Set an Hilfskarten, die sie auch nach dem Workshop behalten dürfen. Während den Arbeitsphasen, in denen eigene Applets erstellt werden, werden Schritt-für-Schritt-Anleitungen zur Verfügung gestellt. Während der Arbeitsphasen wird in einer online Checkliste der Stand der Teilnehmenden festgehalten.

### 6.3.1 Präsentation

Die Präsentation bietet visuelle Unterstützung bei der Einführung und dem Abschluss. Außerdem enthält sie die Arbeitsaufträge für die praktischen Phasen von Teil 1 und Teil 2. Im Folgenden wird auf das Foliendesign der Arbeitsaufträge eingegangen.

Wie in Abbildung 6.4 dargestellt, sind in einem lila Kasten die Hauptaufgaben zu finden. Diese Aufgaben sollen alle Teilnehmenden am Ende der Arbeitsphase bearbeitet haben. Außerhalb des lila Kastens befinden sich weiterführende Aufgaben mit dem Titel „Fertig?“. In Teil 1 des Workshops, der Bearbeitung von Applets, sind alle Arbeitsaufträge im selben Stil auf einer Folie zu sehen.

### Anpassen

#### Quanten-Kryptologie

**Anforderungen:**

- Zoom und Verschieben ausstellen
- Größe des Applets anpassen

<https://www.geogebra.org/m/sfpjcaqz>



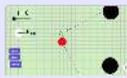
Applet bearbeiten ●  
Exporteinstellungen ●

#### Impulserhaltung

**Anforderungen:**

- Schwarze Kreise entfernen
- Weiße Kugel blau färben
- Hintergrund weiß; kein Gitter
- Größe des Applets anpassen

<https://www.geogebra.org/m/y9skcjbv>



Fixieren ● Einstellungen ●  
Ausblenden & Achsen skalieren ●  
Farbe ändern & Hintergrund ●

**Fertig?**

← Zu Impulserhaltung

- Schieberegler länger und Knöpfe größer machen

**E-Feld**

**Anforderungen:**

- Unterhalb des E-Felds: Alles außer Schieberegler für Q ausblenden

<https://www.geogebra.org/m/KqbXBYTX>



Applet bearbeiten ●  
Exporteinstellungen ●

Abb. 6.4: Arbeitsauftrag zur Arbeitsphase Bearbeiten von Applets

Die Anforderungen der Arbeitsaufträge sind in Listenform zu sehen, damit sie für die Teilnehmenden möglichst schnell ersichtlich und leicht abzuhaken sind. Unterhalb des Links zum jeweiligen Applet befindet sich eine Aufzählung der benötigten Hilfskarten. Dies soll den Umgang mit den Hilfskarten erleichtern und daran erinnern, diese zu nutzen. Die Farbcodierung der Hilfskarten bietet eine schnelle Zuordnung (siehe Unterabschnitt 6.3.2). Eine Aufzählung der benötigten Hilfskarten gibt es jedoch lediglich bei den Hauptaufgaben. Für die weiterführenden Aufgaben sind keine Hilfsmittel außerhalb der Hilfskarten vorgesehen. Dies bietet die Chance für die schnelleren und gegebenenfalls erfahreneren Teilnehmenden, die Hilfskarten besser zu erkunden.

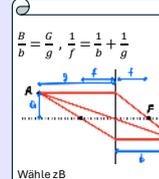
In zweiten Teil des Workshops, der Erstellung von Applets, gibt es pro Arbeitsphase beziehungsweise pro Applet wieder eine Folie (siehe Abbildung 6.5).

### Linse (Geometrie)

**Ziel:**  
Strahlengang einer konvexen Linse visualisieren.

**Anforderungen:**

- $f$ ,  $g$  und  $G$  sind Schieberegler
- $g > f$  (in Schieberegler von  $g$  anpassen)
- Die Punkte und der Strahlengang verschieben sich mit Anpassung von  $f$ ,  $g$  und  $G$
- Die Objekte sind nicht per Hand verschiebbar
- Zoom ist nicht möglich (Exporteinstellungen)



$\frac{1}{b} = \frac{1}{g} + \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$

Wähle zB  $f \in [10,20], g \in [f,50], G \in [0,20]$

Schieberegler ●  
Punkt & Strecke ●  
Speichern ●  
Exporteinstellungen ●

**Fertig?**

- Linse einzeichnen: Kreisbogen (<Mittelpunkt>, <AnfangpunktA>, <PunktB>); Linse hat immer die gleiche Höhe => A, B fest; Mittelpunkt ist  $2f$  von der Linsenebene entfernt (Näherung)
- Konkave Linse visualisieren
- ...

---

### Schwebung (Funktionen)

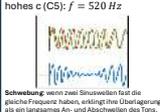
**Ziel:**  
Zwei Wellen mit einstellbarer Frequenz überlagern (addieren) sich.

**Anforderungen:**

- Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  sind Schieberegler zwischen C4 und C5
- 2 Grafikenster übereinander:
  - im oberen die beiden Wellen
  - im unteren die Summe
- Achsen sind sinnvoll (und gleich) skaliert
- Sinnvolle Exporteinstellungen treffen

Sinuswelle mit Frequenz  $f$ :  $\sin(2\pi f x)$

tiefes c (C4):  $f = 260 \text{ Hz}$ ,  
hohes c (C5):  $f = 520 \text{ Hz}$



Schwebung: wenn zwei Sinuswellen fast die gleiche Frequenz haben, ergibt ihre Überlagerung ein einlangsameres Aus- und Ausschlagen des Tons.

Schieberegler ●  
Split View ●  
Ausblenden & Achsen skalieren ●

**Fertig?**

- Farbiger passender Text, der die Funktionen definiert ( $u_f(x) = \sin(f_1 x)$ )
- Schieberegler in der Farbe der Funktionen färben
- 3 Schaltflächen erstellen, die den jeweiligen Ton abspielen
- ...

---

### Fall mit Luftreibung (Animation)

**Ziel:**  
Animation erstellen: ein Objekt fällt mit Luftreibung. Die Bewegung startet mit Knopfdruck.

**Anforderungen:**

- Das Objekt (zB ein Trichter/ Dreieck) fällt, wenn man die Schaltfläche drückt
- Man kann nichts verschieben/ zoomen

$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$      $k = 0.15$   
 $m = 0.138 \text{ kg}$      $v_t = \sqrt{\frac{mg}{k}}$

$s(t) = -\frac{v_t}{g} \ln(\cosh(\frac{gt}{v_t}))$

Schieberegler ●  
Schaltfläche ●  
Animation ●

**Fertig?**

- Vektoren erstellen
- Funktion  $s(t)$  einblenden
- Ein- und Ausblenden der Vektoren und der Funktion  $s(t)$  (mit Kontrollkästchen)
- ...

$v(t) = -v_t \tanh(\frac{gt}{v_t})$   
 $F_G = mg$  (nach unten)  
 $F_{Reibung} = kv(t)^2$  (nach oben)  
 $F_{Ges} = F_G + F_{Reibung}$

Abb. 6.5: Arbeitsaufträge zur Arbeitsphase Erstellen von Applets

Es wird möglichst viel Struktur beibehalten, um die vielen Informationen visuell sinnvoll unterzubringen und damit die Teilnehmenden den Arbeitsauftrag möglichst gut und schnell verstehen. Wie zuvor finden sich die Hauptaufgaben in einer lila Box und die weiterführenden Aufgaben außerhalb. Neben den Anforderungen in Listenform wird das Ziel des Applets formuliert. Ebenfalls befindet sich eine Aufzählung der benötigten Hilfskarten auf der Folie. Um den Fokus auf das Erlernen von GeoGebra zu setzen, werden alle benötigten mathematischen und physikalischen Informationen entlastet und in einer Schriftrolle festgehalten.

### 6.3.2 Hilfskarten

Die Hilfskarten werden in jeder Arbeitsphase zum Nachschlagen der benötigten GeoGebra-Informationen genutzt. Es gibt insgesamt 19 Hilfskarten. Exemplarische Karten für jede Kategorie sind in Abbildung 6.6 zu sehen.

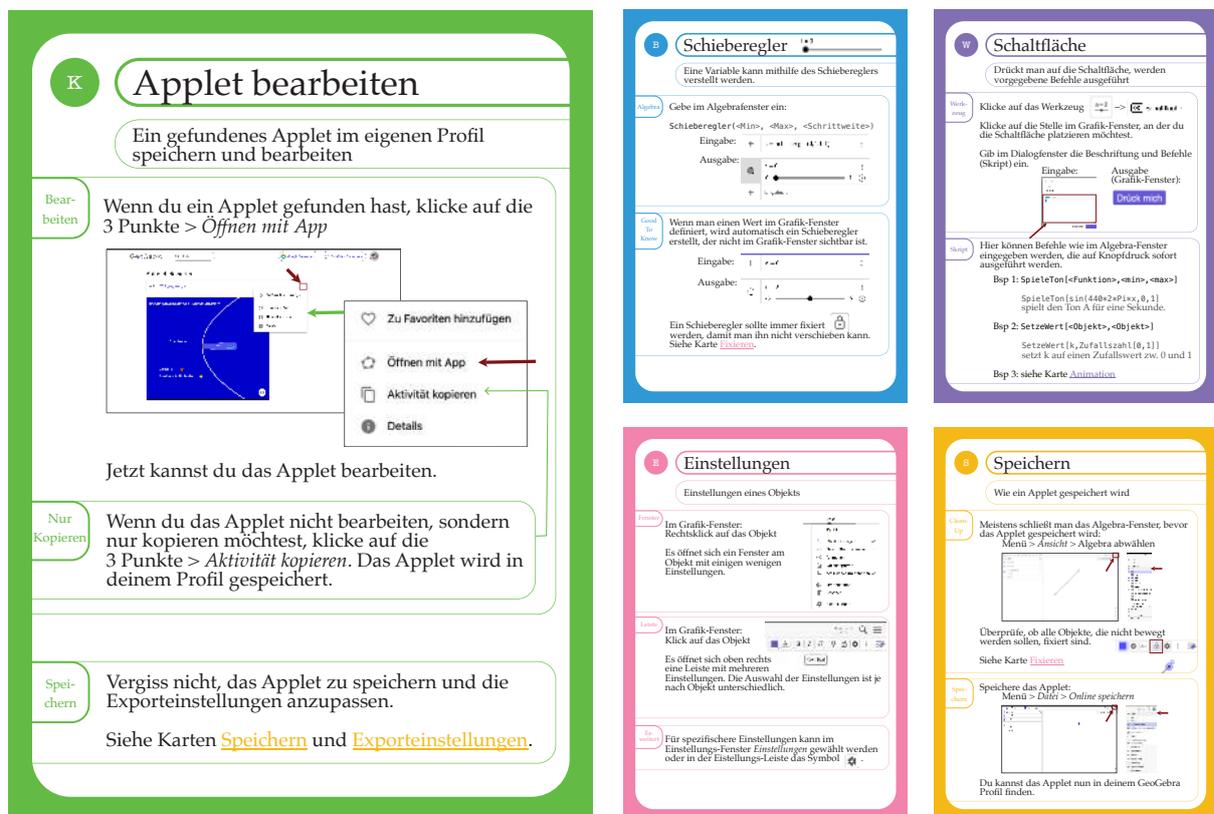


Abb. 6.6: Beispiele für Hilfskarten

Jede Karte befasst sich mit einem Aspekt von GeoGebra. Jede Karte beschreibt einen oder zwei im Workshop benötigten Befehl, Werkzeug, Einstellung oder Prozess. Die Karten sind nach Art der Karte farbcodiert (siehe Abbildung 6.7):

- Die grauen Karten dienen zur Übersicht und Ordnung der Karten selbst und führen allgemeine Begriffe ein.
- Die grüne Karte befasst sich mit dem Prozess vor der Bearbeitung des Applets,
- die blauen, lila und pinken Karten mit dem Prozess des Bearbeitens und Erstellens und
- die gelben Karten mit dem Prozess nach dem Applet.

Die zweite Kategorie ist aufgeteilt in drei Subkategorien: Befehle, Werkzeuge und Einstellungen. Auf der ersten Übersichtskarte ist diese Struktur sichtbar und alle Karten mit Titel aufgelistet. Diese farbige Struktur ermöglicht ein schnelles Zuordnen und Finden einzelner Begriffe.

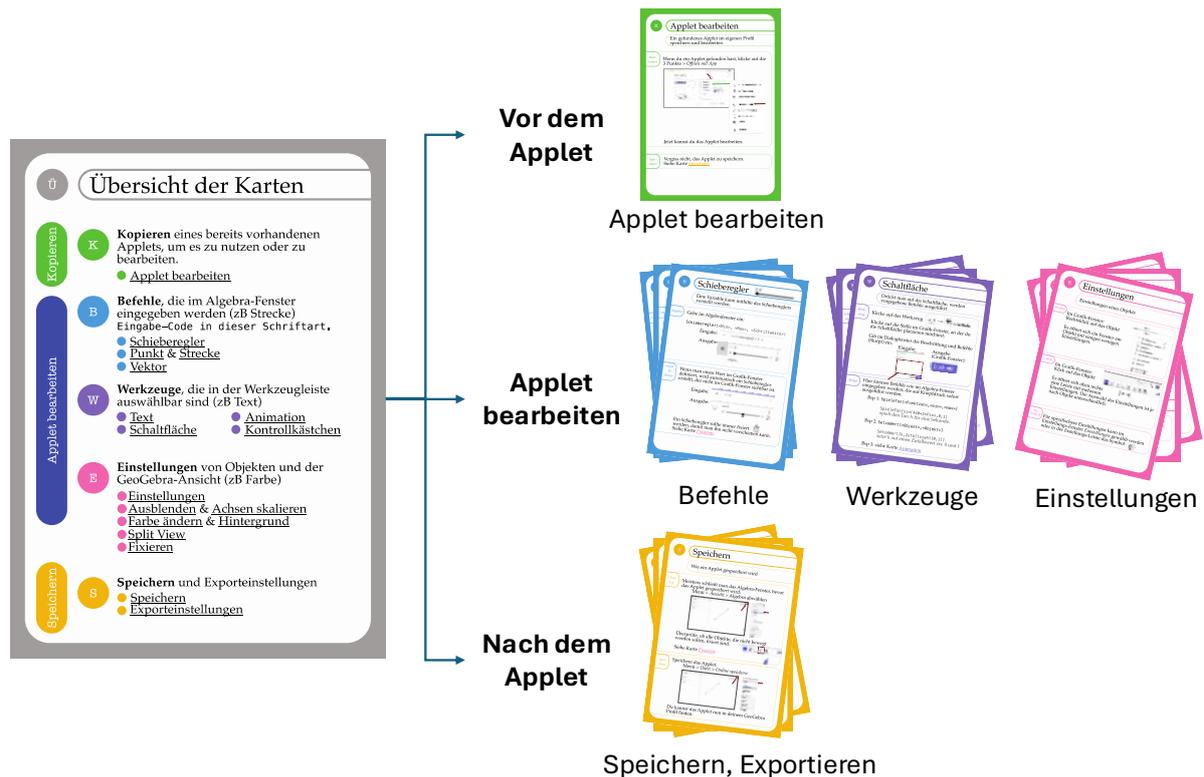


Abb. 6.7: Farbcodierung der Hilfskarten

Die Karten weisen Spielkartencharakter auf. Sie haben einen farbigen Rand, oben links ist die Art der Karte mithilfe eines Buchstabens codiert (Übersicht = Ü, Befehle = B, Werkzeuge = W, Einstellungen = E, Speichern und Export = S). Der Titel der Karte ist wie bei einer Rollenspielkarte neben der Art zu finden. Die Informationen sind in Boxen unterteilt, die jeweils ebenfalls einen Titel tragen. So wird die Karte strukturiert und es können leicht auf spezifische Informationen zugegriffen werden. Zur visuellen Unterstützung sind Bilder auf den Karten, die mithilfe von Pfeilen den Vorgang beschreiben.

Die Karten haben Größe DIN A5, damit viele Informationen auf eine Karte passen, die einzelne Karte jedoch nicht überfüllt ist. So behalten sie die Übersichtlichkeit und Praktikabilität von Spielkarten, ohne zu klein zum Lesen oder zu klein für ausführliche Informationen zu werden.

Außerdem werden verschiedene Schriftarten und Symbole genutzt, um verschiedene Arten von Informationen zu übermitteln:

- **GeoGebra-Code** wird in der Schriftart Monlo dargestellt. Dies ist die gleiche Schriftart, die auf der GeoGebra Website und Handbuch für Code genutzt wird. Diese Kongruenz soll den zukünftigen Gebrauch des Handbuchs erleichtern.
- *In GeoGebra verwendete Begriffe*, die ausgewählt werden, werden kursiv dargestellt. Dies umfasst Begriffe, die im Menü erscheinen wie „Öffnen mit App“ oder „Ansicht“.
- Referenzierte Karten werden unterstrichen und in der jeweiligen Farbe dargestellt. Die Farbe ermöglicht ein schnelles Verorten der gesuchten Karte.
- Werkzeuge werden mit dem jeweiligen GeoGebra-Symbol sowie dem Titel beschrieben.
- Für jeden Befehl gibt es zusätzlich ein Screenshot der Eingabe im Algebrafenster und der Ausgabe.

### 6.3.3 Schritt-für-Schritt-Anleitungen

In den Arbeitsphasen des zweiten Teils, in dem Applets erstellt werden, gibt es neben den Hilfskarten und dem Arbeitsauftrag eine optionale Schritt-für-Schritt-Anleitung (siehe Abbildung 6.8). Diese kann während der gesamten Arbeitsphase begleitend genutzt werden oder nur für Teile davon. Sie beschreibt die Schritte, die für die Erstellung des Applets nacheinander ausgeführt werden.

#### Linse (Geometrie):

- Koordinatengitter und -achsen ausblenden
- Schieberegler erstellen und sperren
  - $f \in [10,50]$
  - $g \in [f,50]$
  - $G \in [0,20]$
- Definiere  $B = G \cdot \frac{b}{s}$ ,  $b = (\frac{1}{f} - \frac{1}{s})^{-1}$
- Konstruiere den Hintergrund:
  - Linsebene: Strecke zwischen  $(0, -20)$  und  $(0,20) \Rightarrow$  Name ausblenden
  - Optische Achse: Strecke zwischen  $(-70,0)$  und  $(70,0) \Rightarrow$  gestrichelt, Name ausblenden
- Definiere die sichtbaren Punkte
  - $A, A', F$
- Konstruiere den Strahlengang
  - Strecke oder Vektor zwischen zwei Punkten
  - Färbe alle Strecken rot

#### Schwebung (Funktionen):

- Schieberegler erstellen und sperren
  - $f_1 \in [260,520]$
  - $f_2 \in [260,520]$
- Funktionen und Summe definieren. Namen ausblenden.
  - $f_1(x) = \sin(2\pi f_1 x)$
  - $f_2(x) = \sin(2\pi f_2 x)$
  - $\text{Ans} = f_1(x) + f_2(x)$
- Koordinatengitter entfernen
- Split View einstellen, sodass das zweite Grafikfenster unter dem anderen liegt
- In den Einstellungen der Funktionen einstellen, dass
  - $f_1(x), f_2(x)$  im oberen Fenster und
  - $\text{Ans}$  im unteren Fenster sichtbar ist
- x-Achse bei beiden Fenstern gleich skalieren

#### Luftreibung (Animation):

- Definiere physikalische Größen
  - Einheitsfunktion  $f$
  - Masse  $m$
  - Reibungskoeffizient  $k$
  - In Abhängigkeit von  $m, g$  und  $k$ : Endgeschwindigkeit  $v_e$
- Erstelle einen Schieberegler (und sperre diesen), er gibt die Zeit an  $t \in [0,1]$
- Definiere die notwendigen Funktionen und blende diese aus
  - $x(t)$
- Definiere den fallenden Punkt oder Objekt in Abhängigkeit von  $t$ :  $\text{objP} = (0, x(t))$
- Koordinatengitter und -achsen entfernen
- Erstelle eine Schattfläche, die eine Animation startet (siehe Karte [GeoGebra](#))

Abb. 6.8: Schritt-für-Schritt-Anleitungen

Die Anleitungen sind so gestaltet, dass sie nicht als Ersatz für die Hilfskarten dienen, sondern als Ergänzung. Es werden keine Befehle beschrieben, sondern entweder benannt oder der Effekt beschrieben. Statt „Schieberegler  $f$  erstellen, indem du den Befehl  $f = \text{Schieberegler}(260,520)$  in das Algebrafenster eingibst“ steht auf der Schritt-für-Schritt-Anleitung beispielsweise „Schieberegler erstellen  $f_1 \in [260,520]$ “. Durch die Anleitung wird also die Planung der Reihenfolge der einzelnen Schritte und die Schritte selbst entlastet. Die Teilnehmenden müssen jedoch trotzdem in den Hilfskarten nachschlagen, wie sie die Schritte durchführen, und lernen so die Befehle besser, als wenn sie vorgegeben wären und sie sie nur abtippen müssten [Dew86].

Durch die Schritt-für-Schritt-Anleitungen können die Teilnehmenden selbst entscheiden, wie viel Hilfe sie in Anspruch nehmen möchten und wie viel sie selbst entdecken möchten. Trotzdem beschäftigen sie sich mit den Funktionen von GeoGebra und wenden diese praktisch an.

### 6.3.4 Checkliste

Die Checkliste wird während der Arbeitsphasen genutzt. In ihr tragen die Teilnehmenden ein, welche Arbeitsaufträge sie bereits gelöst haben. Pro Arbeitsphase werden bis zu 6 Haken gesetzt um abgeschlossene Arbeitsaufträge zu zeigen. Jeder Teilnehmende erhält eine Spalte. Aufgelistet sind die Arbeitsaufträge in mehreren Teilaufträgen (siehe Abbildung 6.9):

- Die Hauptaufgabe ist zur visuellen Orientierung lila hinterlegt.
- Es wird ein separater Haken für das Exportieren des Applets gefordert, damit dieses nicht vergessen wird. Dieses ist ebenfalls lila hinterlegt.
- Alle weiterführenden Optionen sind einzeln aufgelistet, da hier entschieden werden darf, welche Aufgaben gemacht werden.

		Ananas	Chili	Erdbeere	Gurke	Ingwer	Mandarine	Limette	Mango	Orange	Anzahl
3	Pseudonym	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
4	Quanten-Kryptologie	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
4	Anpassen Impulserhaltung	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
6	Extras Impulserhaltung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6							
8	E-Field	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
7	Basics	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
8	Exportiert (!)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8
9	Linse (Geometrie) Linse eingezeichnet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3
10	Konkave Linse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
11	Final exportiert*	<input checked="" type="checkbox"/>	3								
12	Basics	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
13	Exportiert (!)	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
14	Schwebung (Funktionen) Farbigen Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4							
15	Schieberregler gefärbt	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5						
16	Ton abspielen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
17	Final exportiert*	<input checked="" type="checkbox"/>	5								
18	Basics	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
19	Exportiert (!)	<input checked="" type="checkbox"/>	9								
20	Fall mit Vektoren erstellt	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7
21	Luftreibung (Animation) Funktion s(t) einblenden	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
22	Kontrollkästchen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
23	Final exportiert*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2

Abb. 6.9: Checkliste

## 6.4 Prüfung der Anforderungen an den Workshop

In Kapitel 3 sind einige Lernziele formuliert worden, die durch den Workshop erreicht werden sollen. Daraus abgeleitet sind Anforderungen an den Workshop gestellt worden, die im Folgenden geprüft werden. Die Anforderungen beziehen sich auf die Themen der Applets, das Material und die Rahmenbedingungen der Veranstaltung.

### Themen der Applets

- T1 Der Workshop soll Themen aus allen Jahrgangsstufen und möglichst allen Übergebiete der Physik gemäß des Bildungsplans Baden-Württemberg für allgemeinbildende Gymnasien 2022 abdecken.
- T2 Es sollen grundlegende Funktionen von GeoGebra behandelt werden, die als Hilfsmittel zur Gestaltung des Physikunterrichts relevant werden können.

Die Themen der Applets sind in Kapitel 4 so ausgewählt worden, dass sie die Anforderungen T1 und T2 erfüllen.

In Tabelle 4.5 ist T1 visualisiert. Hier sind alle Applets, die bearbeitet, erstellt und gezeigt werden in einer Matrix aus Klassenstufen und Themengebieten verordnet. Es sind zwei Applets in Klassenstufe 7-8, vier in Klassenstufe 9-10 und vier in der Oberstufe verordnet. Abgesehen von Wärmelehre ist jedes Themengebiet ein oder zwei Mal vertreten.

In Tabelle 4.6 ist T2 visualisiert. Hier sind alle Funktionen, die zum Bearbeiten beziehungsweise zum Erstellen der Applets notwendig sind, aufgelistet. Die Funktionen, die eine hohe Bewertung von 6 oder mehr in Bezug auf Relevanz im Physikunterricht erhalten haben, sind bis auf zwei Ausnahmen (*Folge()* und *Wenn()*, die zu komplex sind) im Workshop vertreten.

### Material

- M1 Die Materialien sollen so gestaltet sein, dass sie auch nach dem Workshop als Nachschlagewerk dienen können.

Das Material gliedert sich in einen Workshopteil (Schritt-für-Schritt-Anleitungen, Arbeitsaufträge) und einen Nachschlageteil (Hilfskarten). Die Hilfskarten sind wie in Unterabschnitt 6.3.2 beschrieben allgemein gehalten, sodass sie als Nachschlagewerk auch nach dem Workshop dienen und somit Anforderung M1 (Nachschlagewerk) erfüllen.

### Rahmenbedingungen der Veranstaltung

- A1 Der Workshop soll für Anfänger und Teilnehmende mit wenig Vorwissen geeignet sein.
- A2 Der Workshop soll innerhalb eines halben Tages (maximal fünf Stunden) durchführbar sein.
- A3 Die Teilnehmenden sollen größtenteils eigenständig arbeiten.
- A4 Die Teilnehmenden sollen während des Workshops sinnvolle und für den Unterricht direkt verwendbare Applets erstellen.
- A5 Die Erstellung der einzelnen Applets soll möglichst unkompliziert und in kurzer Zeit durchführbar sein.

Die Anforderungen an die Struktur der Veranstaltung sind ebenfalls erfüllt:

Der Workshop umfasst ohne Pause circa 4 Stunden (A2). Es werden insgesamt zwei bis drei Applets bearbeitet und drei Applets selbst erstellt. Die Teilnehmenden arbeiten in diesen Phasen eigenständig. Insgesamt umfassen die Arbeitsphasen 155 Minuten, dies entspricht 69% der Gesamtzeit (A3). Bei Problemen verwenden sie die zur Verfügung gestellten Hilfsmittel. Alle bearbeiteten oder erstellten Applets sind so gewählt, dass sie sinnvoll für den Einsatz im Physikunterricht sind. Sie werden im eigenen Profil gespeichert und so exportiert, dass sie im Unterricht direkt eingesetzt werden könnten (A4). Es sind einfache Beispiele gewählt, die mithilfe des Arbeitsauftrags und der Hilfskarten gut und in kurzer Zeit zu lösen waren. Pro Erstellung eines Applets ist eine Arbeitsphase von höchstens 45 Minuten angesetzt, die Applets können von einer erfahrenen Person innerhalb von 10 bis 15 Minuten erstellt werden. Damit wird A5 erfüllt.

Um A1 zu erfüllen, wurde eine Binnendifferenzierung auf zwei Ebenen (Menge und Hilfsmittel) vorgenommen, siehe Abschnitt 6.2.

# 7. Materialtest

Dieses Kapitel stellt die iterative Vorgehensweise bei der Materialanpassung über drei Testdurchläufe des Workshops sowie das Feedback der Teilnehmenden dar.

In diesem Kapitel werden zunächst die Materialtests vorgestellt. Hierbei liegt der Fokus auf der Erstellung des Workshops und den Änderungen, die durch das erhaltene Feedback und den Eindrücken zum Workshop vorgenommen worden sind.

Im zweiten Teil wird das Feedback der Teilnehmenden zum Workshop, das mithilfe eines Fragebogens aufgenommen worden ist, dargestellt und untersucht.

## 7.1 Iterationen des Workshops

### 7.1.1 Testdurchlauf

An dem Testdurchlauf haben drei Master-Studierende des Lehramts unterschiedlicher Fachrichtungen und unterschiedlicher Kenntnis von GeoGebra teilgenommen. Die vertretenen Fächerkombinationen sind Physik und Mathematik, Mathematik und Chemie und Physik und Chemie. Die Teilnehmenden, die Mathematik studieren, hatten bereits Erfahrungen mit GeoGebra. Der Teilnehmende, der Physik und Chemie studiert, hatte keine Erfahrungen in GeoGebra.

Die Länge der Workshopeinheiten und auftretende Probleme sind währenddessen dokumentiert worden. Anschließend hat ein ausführliches Feedbackgespräch stattgefunden, wobei während des Workshops ebenfalls jederzeit Feedback gegeben werden konnte.

Die Testgruppe ist repräsentativ für die Zielgruppe, da der Workshop für unterschiedliche Kenntnisstände von GeoGebra konzipiert ist. Somit sind unterschiedliche Kenntnisstände der Testgruppe hilfreich. Der Workshop ist zwar für Physikstudierende konzipiert, Mathematikstudierende können jedoch ebenfalls davon profitieren. Aufgrund der häufigen Verwendung von GeoGebra im Mathematikunterricht ist somit zu erwarten, dass einige Teilnehmenden Mathematik und ein anderes Zweitfach als Physik haben. Die am häufigsten erwartete Kombination ist Physik und Mathematik, da das Angebot explizit an Physikstudierende gerichtet ist und Mathematikstudierende GeoGebra in der Regel bereits kennen. Die dritte Gruppe sind Physikstudierende, deren Zweitfach nicht Mathematik ist. Diese Gruppe ist besonders interessant, da sie gegebenenfalls größere Probleme mit den mathematischen Inhalten haben könnten.

Der erste Entwurf des Workshops umfasst folgende Unterschiede zu dem finalen Produkt (vergleiche Kapitel 5):

- Die Demonstration der Website und GeoGebra Classic ist länger.
- Die Einleitung ist länger und von keiner Präsentation begleitet.
- Die Hilfskarten werden in der Einleitung nicht vorgestellt.
- Auf den Arbeitsaufträgen werden die benötigten Hilfskarten nicht genannt.
- Es gibt keine Checkliste.
- Der Abschluss ist kürzer und lediglich mündlich.

Ein Verlaufsplan mit den dokumentierten Zeiten befindet sich im Anhang in Abbildung 10.1. Die Einleitung und Teil 1 des Workshops sind in Abbildung 7.1 zu sehen. Im Folgenden wird auf die genannten Punkte einzeln eingegangen.

Zeit	Phase	Inhalt	Sozial	Medien
10	Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Was ist GeoGebra - kurz</li> <li>- Wir benutzen es zum Modellieren und Visualisieren (physikalischer) Probleme</li> <li>- Nicht im Workshop: GG Classroom, digitale AB, GG Suite,</li> </ul>	LV	
15	Website	kurzer Überblick <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classroom / Einheit beitreten</li> <li>- Materialien</li> <li>- Starte Rechner</li> <li>- Anmelden / Profil erstellen</li> </ul>	LV	GeoGebra
	Classic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starte Rechner</li> <li>- Zu Classic verändern im Link</li> <li>- Das ist die „Entwickleransicht“</li> </ul>	LV	GeoGebra
15	Applets bearbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material gemeinsam finden</li> <li>- Öffnen mit App</li> <li>- Bearbeiten</li> <li>- Exportieren</li> <li>- Teilen</li> </ul>	LV	GeoGebra
30		Arbeitsphase: Applets anpassen	EA	PP

**Abb. 7.1:** Einleitung und Teil 1 des Testdurchlaufs mit eingetragenen Zeiten

Wie im Verlaufsplan zu sehen, ist die Einleitung zwar strukturiert, allerdings enthält sie viele Informationen, die nicht oder noch nicht nötig sind: „**Starte Rechner**“ und **GeoGebra Classic** werden erst in Teil 2 des Workshops, also mehr als eine Stunde später, benötigt. Somit ist es nicht nötig, diese Anwendung zwei Mal in der Einleitung zu erläutern. Der Block „Classic“ wurde deshalb in einer kürzeren Version an den Anfang von Teil 2 des Workshops verschoben. Außerdem hat das **Erstellen eines Profils** viel Zeit gekostet; bei mehr als drei Teilnehmenden wäre diese vermutlich deutlich länger. Deshalb wurden bei den zukünftigen Durchläufen die Teilnehmenden vorab gebeten, ein Profil anzulegen.

Von den Teilnehmenden ist rückgemeldet worden, dass die **Einleitung sehr lang und trocken** sei. Die Einleitung solle, so die Teilnehmenden, eher kurz und motivierend sein. Deshalb wird der erste Teil der Einleitung, in dem der Inhalt des Workshops vorgestellt wird, mit Bildern von GeoGebra begleitet. In einem schnellen, strukturierten und prägnanten Vortrag wird erläutert, was in GeoGebra möglich ist und welche Inhalte in dem Workshop behandelt werden. Dies bietet im Gegensatz zu einem unstrukturierten und freien Vortrag über GeoGebra und die behandelten Inhalte einen übersichtlichen Gesamtblick über GeoGebra, der direkt auf die relevanten Inhalte fokussiert wird.

Des Weiteren sind die **Hilfskarten** von der Testgruppe gelobt worden. Einerseits seien sie für die Arbeit im Workshop sehr hilfreich, andererseits, so die Teilnehmenden, erleichtern sie ein weiteres Arbeiten zuhause. In der Feedbackrunde ist der Vorschlag angebracht worden, die Hilfskarten bewusster einzubinden, indem die Hilfskarten in der Einleitung vorgestellt werden. Dieser Vorschlag ist übernommen worden und ein Block in der Einleitung eingeplant worden, in dem die Hilfskarten explizit angesprochen werden.

In den Arbeitsphasen ist aufgefallen, dass es große Abweichungen bei der Arbeitsgeschwindigkeit der Teilnehmenden gibt. Keiner der Teilnehmenden hat die **Schritt-für-Schritt-Anleitungen** von sich aus genutzt. Das Ablegen der Anleitung auf dem Tisch nach sichtbaren Problemen hat zu einer verstärkten Nutzung und erfolgreicherem Arbeiten geführt. In der Feedbackphase ist darüber diskutiert worden, ob die Schritt-für-Schritt-Anleitungen direkt auf den Tisch gelegt werden sollten

oder stärker angeworben werden sollten. Dies würde den Teilnehmenden jedoch die kreative Freiheit nehmen, welche sie gelobt haben. Die Arbeitsphasen, so die Teilnehmenden, profitieren stark davon, dass man keine Angaben hat, wie das Ziel zu erreichen ist - außer man möchte sie. So könne man frei ausprobieren und der Planungsprozess sei ein integraler Teil der Arbeit. Deshalb ist keine Veränderung diesbezüglich vorgenommen worden.

Stattdessen haben die Teilnehmenden vorgeschlagen, die **benötigten Hilfskarten bei den Arbeitsaufträgen dazuzuschreiben**. Dies erleichtere den Arbeitsvorgang, ohne den kreativen Prozess zu stark einzuschränken.

Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Teilnehmenden sind aufgrund der differenten Vorkenntnisse und Motivation zu erwarten. Jedoch hat es sich als schwierig herausgestellt, im Auge zu behalten, welche Aufgaben die Teilnehmenden bereits bearbeitet haben. Deshalb ist im nächsten Durchlauf eine **Checkliste** verwendet worden, um vor allem den Überblick über die Fortschritte zu behalten, aber auch um die Teilnehmenden auf die Struktur der Arbeitsaufträge aufmerksam zu machen. Des Weiteren hilft sie dabei, die Teilnehmenden daran zu erinnern, die Applets korrekt zu exportieren. Dies hat die Testgruppe gegen Ende des Workshops nicht mehr gemacht. Die Checkliste ermöglicht somit ein begründetes Beenden der Arbeitsphasen. Dieses Beenden war beim Testdurchlauf teilweise schwierig, da die Teilnehmenden unbedingt alle Aufgaben bearbeiten wollten.

In zukünftigen Durchführungen ist deshalb in der Einleitung explizit die **Struktur der Arbeitsaufträge erwähnt** worden: Die Arbeitsaufträge enthalten einen Hauptteil, den alle erledigen sollen, und einen Teil, der nach Beenden des Hauptteils bearbeitet werden kann. Damit soll den Teilnehmenden das Gefühl genommen werden, alles schaffen zu müssen.

Im **Demonstrationsteil der Phase „Applets bearbeiten“** haben die Teilnehmenden parallel am eigenen Laptop mitgearbeitet. Die Teilnehmenden haben sofort bei Problemen nachgefragt. Das hat zu einer erheblichen zeitlichen Verzögerung geführt und den Fluss des Workshops gestört. Eine Demonstration, bei der die Teilnehmenden parallel mitarbeiten, ist deshalb in den folgenden Workshops nicht mehr durchgeführt worden. Außerdem ist aufgefallen, dass die Teilnehmenden wegen der auführlichen Demonstration nicht zu den Hilfskarten gegriffen haben. Bei Problemen haben sie bei der Workshopleitung nachgefragt. Um den Umgang mit den Hilfskarten von Anfang an zu schulen, wird die Bearbeitung eines Applets in stark verkürzter Form vorgeführt und anschließend auf einer Folie in drei Schritten zusammengefasst. In dieser Zusammenfassung sind die Hilfskarten genannt, auf denen die entsprechenden Informationen stehen. Die Demonstration dient lediglich dazu, alle Schritte einmal gesehen zu haben; die Hilfskarten werden im Folgenden benötigt, um die Schritte selbst auszuführen.

Die Rückmeldung der Testgruppe ist insgesamt sehr positiv. Die Teilnehmenden haben einen „confidence boost“ beschrieben bezüglich GeoGebra. Die Teilnehmenden, die GeoGebra bereits kannten, haben beschrieben, dass sie sich nun viel mehr in der Lage fühlen, eigene Projekte in GeoGebra zu starten, und dass sie einen sehr guten Überblick über GeoGebra erhalten haben, der ihnen einen guten Grundbaustein liefert, weswegen diese Elemente beibehalten werden. Der Teilnehmer, der keine Vorkenntnisse in GeoGebra hatte, hat den Workshop ebenfalls gelobt als „sehr guter Einstieg in GeoGebra“. Applets in GeoGebra erstellen, so der Teilnehmer, erfordere sehr viel Aufwand. Dies ist etwas, das nur Personen machen, die viel Spaß an diesem kreativen Prozess haben. „Wenn man aber keine Zeit hat, dann kann man einfach das, was es schon gibt, bearbeiten.“

Gelobt haben die Teilnehmenden außerdem die einfache Struktur des Workshops, die klaren Arbeitsaufträge und den inhaltlichen Kreis, den der Rückblick liefert. Die Teilnehmenden haben sich darauf geeinigt, dass der Kernaspekt das Bearbeiten der Applets ist. Das Bearbeiten, so die Teilnehmenden, ist, was die meisten Teilnehmenden nach dem Workshop selbst machen werden. Damit kam der Vorschlag, dass im **Rückblick** die Wichtigkeit der Bearbeitung genannt wird. Das Be-

arbeiten vorhandener Applets liegt zur Zeit des Rückblicks etwa 4 Stunden (mit Pause) zurück, weshalb dieses noch einmal in Erinnerung gerufen werden sollte.

Der Workshop ist in 4 Stunden und 2 Minuten ohne Pause, 5 Stunden und 2 Minuten mit Pause durchgeführt worden. Das Limit von fünf Stunden ist somit erreicht worden. Die Demonstration des Silizium-Applets ist außerdem aus Zeitgründen ausgelassen worden und die Pause, so die Teilnehmenden, wäre mit 50 Minuten zwar ausreichend, aber etwas knapp. Viele der vorgestellten Änderungen reduzieren bereits die Zeit des Workshops. Die kürzere Einleitung ist dabei maßgeblich.

Zusammenfassend bietet es sich zur **Kürzung des Workshops** an, die redundanten und langatmigen Teile der Einleitung zu kürzen statt die wertvollen Arbeitszeiten. Das Erstellen des Profils vor den Workshop zu ziehen spart ebenfalls Zeit, die nicht im Workshop selbst aufgebracht werden muss. Die klare Struktur der Arbeitsaufträge und die Checkliste ermöglichen ein begründetes Beenden der Arbeitsphase. Die Nennung der Hilfskarten tragen außerdem zu einem strukturierterem und gezielterem Arbeiten bei.

### 7.1.2 Durchführung 1 und 2

Die erste Durchführung des Fortbildungsangebots hat drei Wochen nach dem Testdurchlauf stattgefunden. Acht Studierende des Gymnasiallehramts am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben an dem Workshop teilgenommen. Die vertretenen Fächerkombinationen sind zwei Mal Physik, darunter ein Mal in Kombination mit Mathematik, zwei Mal Ingenieurpädagogik mit Physik und vier Mal Mathematik.

Die zweite Durchführung hat eine Woche nach der ersten stattgefunden und hat neun Studierende des Gymnasiallehramts am KIT umfasst. Von ihnen studieren sechs Personen Physik und Mathematik, eine Ingenieurpädagogik und drei Mathematik.

Im Anhang Unterabschnitt 10.3.2 und Unterabschnitt 10.3.2 befinden sich die beiden Verlaufspläne.

In beiden Durchführungen haben die Teilnehmenden konzentriert und motiviert gearbeitet. Die Teilnehmenden in der ersten Durchführung haben ein sehr ähnliches Tempo in den Arbeitsphasen gehabt. Eine Person hat die Schritt-für-Schritt-Anleitung genutzt. Die Hilfskarten sind häufiger und konsistenter als beim Testdurchlauf genutzt worden, jedoch haben einige Teilnehmenden es bevorzugt, nachzufragen statt die Hilfskarten zu nutzen. In diesen Fällen wurde auf die benötigte Hilfskarte hingewiesen. Für die zweite Durchführung wurden deshalb zwei Präsentationsfolien ergänzt: Eine Folie mit **Übersicht über die Hilfskarten** und eine „**Differenzierung**“-Folie, die den Ablauf der Hilfsmöglichkeiten darstellt und die Hilfskarten erneut als erstes Nachschlagwerk darstellt.

Der erste Workshop hat inklusive einer einstündigen Pause 4 Stunden und 50 Minuten gedauert, der zweite 4 Stunden und 40 Minuten. In der letzten Arbeitsphase (Luftreibung) wurde in beiden Durchführungen aufgrund der zur Verfügung stehenden Zeit die Arbeitszeit auf Wunsch der Teilnehmenden verlängert, sodass alle den letzten Schritt, Vektoren erstellen, noch durchführen konnten. Dies zeugt von einer hohen Motivation der Teilnehmenden.

Bis auf die Ergänzung der beiden Präsentationsfolien ist nach dem ersten Durchlauf nichts geändert worden, da der Workshop sowohl zeitlich als auch inhaltlich wie geplant verlief. Dies spiegelt sich auch im Feedback der Teilnehmenden (siehe Abschnitt 7.2) wider.

Die Teilnehmenden in der zweiten Durchführung haben ein unterschiedliches Tempo in den Arbeitsphasen gehabt. Dies ermöglicht eine Untersuchung der Extra-Aufgaben, die einige Teilnehmenden durch das unterschiedliche Tempo vollständig bearbeiten konnten. Die Extra-Aufgaben wurden gut angenommen. Einige Teilnehmenden haben recht schnell statt den Extra-Aufgaben eigene Wünsche umgesetzt. Dies spricht für die Motivation und Kreativität dieser Personen, die für eine weitere Arbeit in GeoGebra wichtig ist. Drei Studierende haben die Schritt-für-Schritt-Anleitungen genutzt.

## 7.2 Fragebögen

Vor und nach dem Workshop haben die Teilnehmenden jeweils einen Fragebogen ausgefüllt. Der Fragebogen vor dem Workshop fragt den Wissensstand und die Einstellung der Teilnehmenden bezüglich GeoGebra ab. Der Fragebogen nach dem Workshop gliedert sich in zwei Teile:

Der erste Teil umfasst Feedback zum Workshop: Hier geht es darum, wie gut den Teilnehmenden der Workshop gefallen hat und ob beziehungsweise wie man ihn verbessern könnte.

Der zweite Teil befasst sich mit der Wirksamkeit des Workshops und ist in Kapitel 8 dargestellt. Die Einstellung und Motivation der Teilnehmer und die Kompetenz im Umgang mit GeoGebra wird in diesem Teil herausgefiltert.

Die ausführliche Statistik ist im Anhang Abschnitt 10.4 zu finden. Es sind beide Durchführungen gemeinsam in einer Statistik verortet, da zwischen den Abläufen der Aufbau und Inhalt des Workshops kaum geändert wurde. Die Teilnehmendenanzahl ist  $N = 17$ , davon 10 Physikstudierende.

### 7.2.1 Feedback zum Workshop

Der erste Teil des Fragebogens ist in vier Abschnitte gegliedert, welche im Folgenden vorgestellt werden: Allgemeine Fragen zum Workshop, zeitliche Einschätzung der Phasen, spezifische Fragen für Teilnehmenden mit sowie ohne Physik und Hilfskarten.

Er hat eine angenehme Atmosphäre gehabt, die Teilnehmenden haben überwiegend gewusst, was zu tun ist, sie haben viel Spaß gehabt und haben, bis auf eine Person, die viele Vorkenntnisse gehabt hat, viel gelernt. Die Mehrheit hat konzentriert gearbeitet und den Workshop als spannend und bereichernd empfunden. Drei Personen haben den Workshop als etwas anstrengend empfunden, die restlichen Teilnehmenden haben ihn als nicht anstrengend empfunden. Für die meisten ist die Zeit schnell vergangen.



Abb. 7.2: Fragebogen: Allgemeines

Die zeitliche Einschätzung ist von besonderer Bedeutung, da diese ein Indikator dafür ist, ob Teile des Workshops zu langatmig oder zu kurz waren. Des weiteren können sie andeuten, ob Verständnisprobleme wegen einer zu kurzen Theorieeinheit aufgetreten sind.

Jeder Teil des Workshops wird einzeln auf einer siebenstufigen Skala bewertet. Die Skala verläuft von „war viel zu lang“ (-3) über „war perfekt“ (0) zu „war viel zu kurz“ (3). Diese feinstufige Skala soll ermöglichen, auch kleine Tendenzen aufzuzeigen. Jeder Abschnitt (Einführung, Applets anpassen, Linse/ Geometrie, Schwebung/ Funktionen und Luftreibung/ Animation) wurde einzeln bewertet sowie Pausen, Erklärungen/ Demonstrationen zwischendurch und Zeit für den gesamten Workshop.

Jede Kategorie ist zwischen -1 und 1 bewertet worden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.3 zusammengefasst. Die Mehrheit hat bei jeder Kategorie „war perfekt“ abgestimmt, einzelne Personen haben „war eher zu lang“ (-1) beziehungsweise „war eher zu kurz“ (1) abgestimmt.

Anhand der Ergebnisse ist ersichtlich, dass die Teilnehmenden mit dem zeitlichen Aufbau des Workshops sehr zufrieden gewesen sind. Die Tendenzen sind selten und nicht stark genug, dass etwas am zeitlichen Aufbau des Workshops geändert wird.

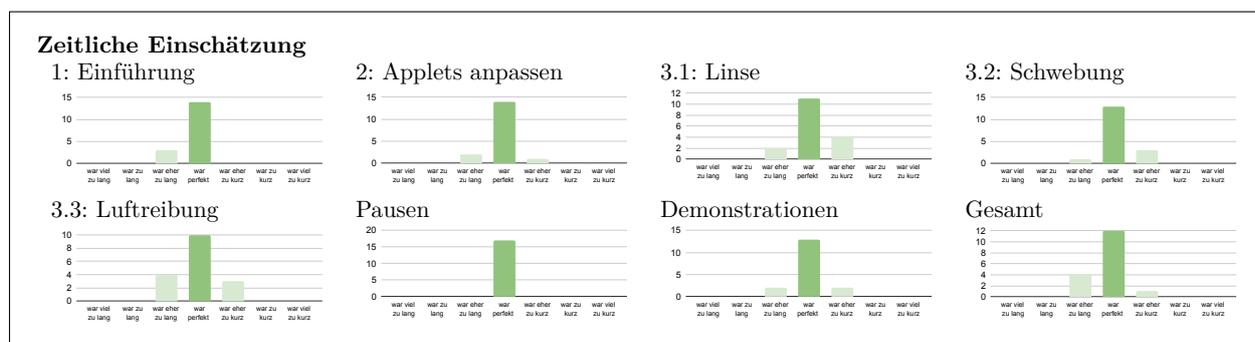


Abb. 7.3: Fragebogen: Zeitliche Einschätzung der einzelnen Kategorien

Der nächste Teil des Fragebogens ist aufgeteilt in Physikstudierende und Nicht-Physikstudierende (siehe Abbildung 7.4 und Abbildung 7.5).

Die Physikstudierende empfinden die Applets überwiegend als sinnvoll für den Physikunterricht. Außerdem empfinden die Physikstudierende GeoGebra als sehr gutes oder gutes Werkzeug für den Physikunterricht. Eine Bereicherung durch den physikalischen Inhalts wird nur teilweise von den Studierenden empfunden. Da die Themen der Applets so gewählt sind, dass sie leicht zu verstehen sind und im Schulunterricht behandelt werden, ist dies zu erwarten.

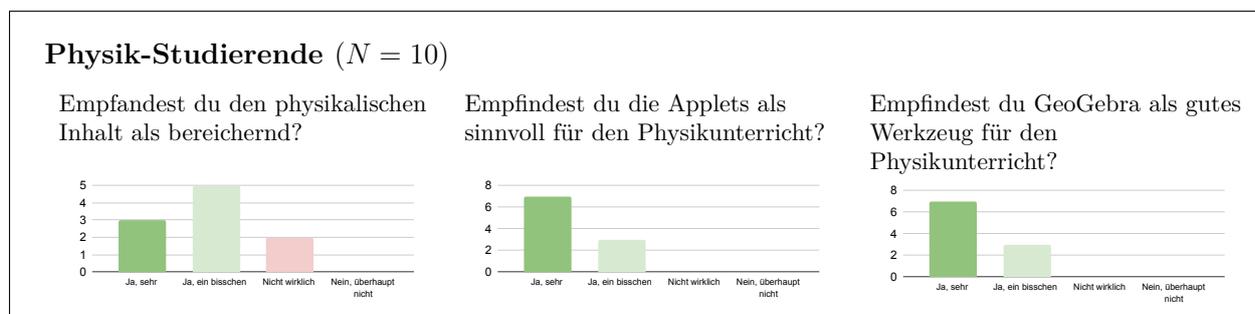


Abb. 7.4: Fragebogen: Physikstudierende

Bei der Befragung der Nicht-Physikstudierenden soll vor allem geprüft werden, ob der Workshop

auch für Studierende sinnvoll ist, die kein Physik studieren. Die Teilnehmenden empfinden den physikalischen Inhalt als wenig störend und die physikalischen Inhalte als etwas spannend. Zwei Teilnehmende haben angegeben, dass sie Probleme aufgrund des physikalischen Teils gehabt haben. Es gibt genug Hilfsmittel, bezogen auf den physikalischen Teil. Die Mehrheit hat das Gefühl, „genug Mathematik zu lernen“. Abschließend haben die Teilnehmenden die Frage „Lohnt sich der Workshop auch für Nicht-Physiker?“ beantwortet. Diese suggestive Frage lässt sich bereits aus den vorigen Fragen mit Ja beantworten. Die Teilnehmenden stimmen ebenfalls mit fünf Stimmen für „Ja, sehr“ und zwei Stimmen für „Ja, ein bisschen“ zu.

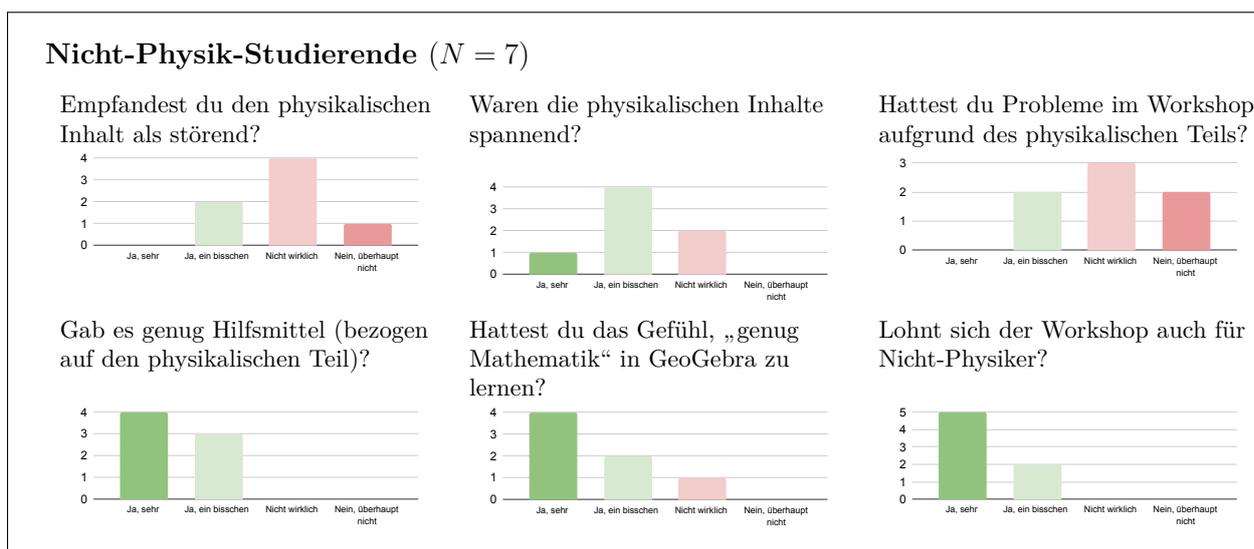


Abb. 7.5: Fragebogen: Nicht-Physikstudierende

Die Teilnehmenden haben die Hilfskarten im Workshop gut angenommen und viel genutzt. Auch im Feedback spiegelt sich dies wider (siehe Abbildung 7.6):

13 von 17 Teilnehmende empfanden die Hilfskarten als hilfreich. Einige Teilnehmende, die bereits Erfahrung mit GeoGebra gehabt haben oder gerne ausprobieren wollten, haben die Hilfskarten nicht genutzt. Die Informationen auf den Karten waren für alle Personen außer eine ausreichend zum Erstellen der Applets. Für zehn Personen waren die Karten vollkommen ausreichend.

Alle Teilnehmenden stimmen zu, dass die Karten auch nach dem Workshop ein gutes Hilfsmittel sind. Davon stimmt die Mehrheit sogar „voll“ zu.

Außerdem haben alle Teilnehmenden angegeben, die Karten auch nach dem Workshop noch zu nutzen, wenn/ falls sie GeoGebra verwenden.

Insbesondere die Antworten der letzten beiden Fragen sind ein gutes Zeichen, da dies, wie bereits erläutert, die Hürde mindert, nach dem Workshop GeoGebra weiterhin zu nutzen.

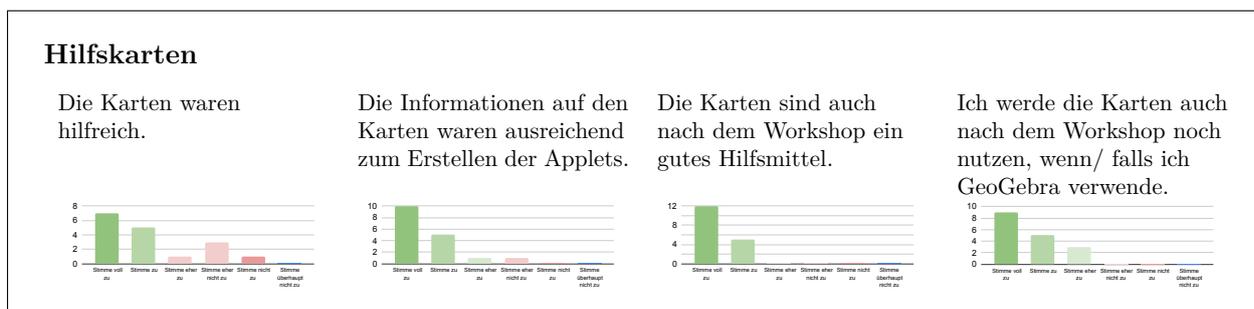


Abb. 7.6: Fragebogen: Hilfskarten

# 8. Wirksamkeit des Workshops

In diesem Kapitel soll die Wirksamkeit des Workshops untersucht werden. Als Datengrundlage hierfür werden Teile von zwei Fragebögen verwendet, wobei die Teilnehmenden einen Fragebogen vor und einen nach dem Workshop ausgefüllt haben. Der erste Fragebogen stellt die Initialsituation dar und misst Werte wie das Interesse an GeoGebra und die Kompetenz. Der zweite Teil des zweiten Fragebogen<sup>1</sup> befasst sich mit dem Lernfortschritt der Teilnehmenden und den Auswirkungen des Workshops auf die Motivation und die Einstellung der Teilnehmenden gegenüber GeoGebra. Mithilfe dieser Werte können die Situationen vor und nach dem Workshop verglichen werden und der Lernfortschritt sowie die potentielle Veränderung des Interesses festgestellt werden.

Hierbei ist anzumerken, dass diese Methode keine Rückschlüsse auf statistische oder wissenschaftliche Aussagen bezüglich des Lernfortschritts zulässt. Für eine wissenschaftliche Analyse müsste der Lernfortschritt objektiv und nicht auf Selbsteinschätzung beruhend untersucht werden. Die Fragebögen werden lediglich dafür genutzt, Tendenzen aufzuzeigen und erste Aussagen über die Effektivität des Workshops zu treffen. Deshalb wird vor allem die Frage untersucht, ob die Teilnehmenden nach dem Workshop die Motivation und das (gefühlte) Know-How besitzen, GeoGebra weiterhin zu nutzen. Dies lässt sich durch die Selbsteinschätzung der Teilnehmenden untersuchen.

## 8.1 Vor dem Workshop

Alle Teilnehmenden haben GeoGebra bereits genutzt und zehn Personen haben GeoGebra bereits im eigenen Unterricht genutzt. Die Bewertungen der Erfahrungen sind mittelmäßig bis gut.

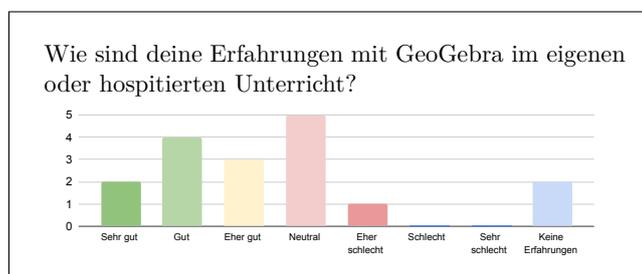


Abb. 8.1: Fragebogen davor: Erfahrungen mit GeoGebra

Die Teilnehmenden haben sich vor dem Workshop unsicher im Umgang mit GeoGebra gefühlt und hatten wenig bis ein bisschen Spaß daran, GeoGebra zu nutzen.

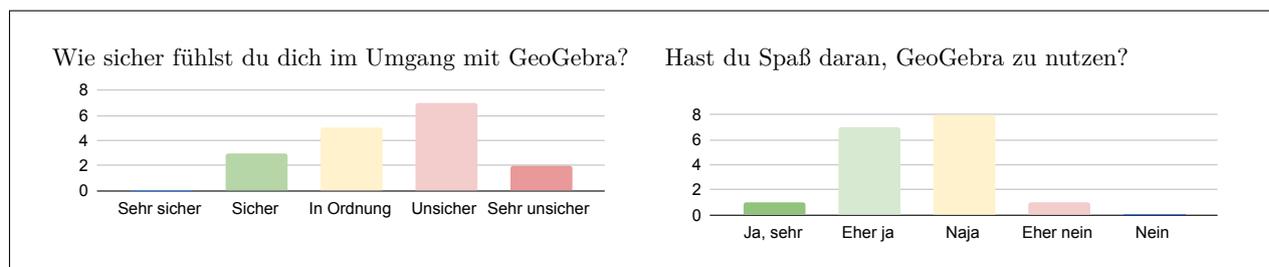


Abb. 8.2: Fragebogen davor: Sicherheit und Spaß an GeoGebra

<sup>1</sup>Teil 1 des Fragebogens besteht aus Feedback zum Workshop, siehe Unterabschnitt 7.2.1.

Außerdem sind die Kenntnisse der Teilnehmenden bezüglich der vier im Workshop behandelten Themenblöcke aufgenommen worden. Die Teilnehmenden haben auf einer vierstufigen Skala angegeben, ob sie einfache Veranschaulichungen zu dem jeweiligen Thema erstellen können. Die meisten Teilnehmenden kennen sich mit Funktionen bereits aus. Mit dem Thema Geometrie kennen sich einige ein bisschen aus, aber nur wenige gut und insgesamt fünf nicht gut. Bei den Themen Animationen und Tabelle können die meisten keine Veranschaulichungen erstellen und nur wenige trauen es sich zu.

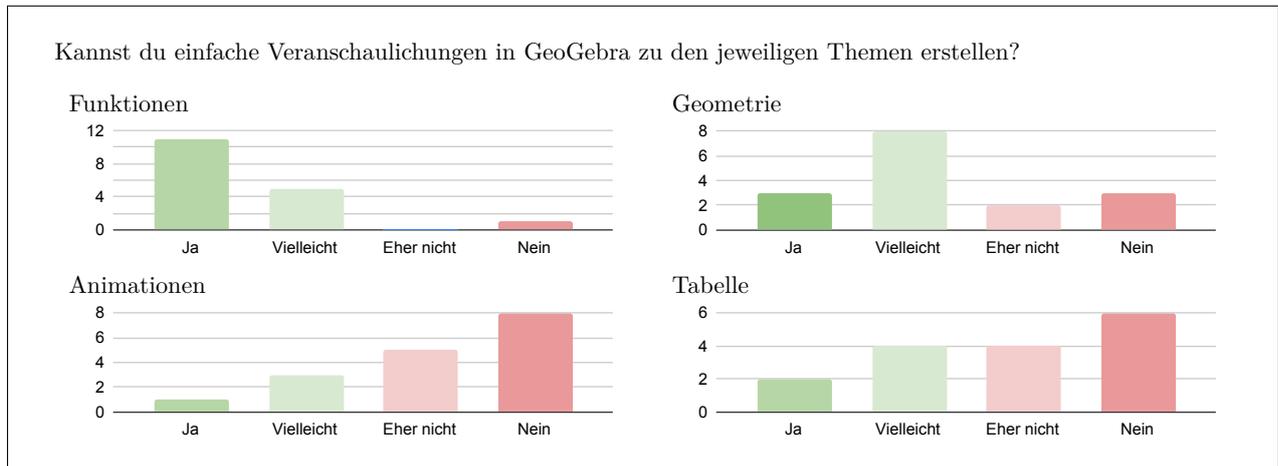


Abb. 8.3: Fragebogen davor: Kompetenzen

## 8.2 Nach dem Workshop

Nach dem Workshop ist im zweiten Fragebogen ebenfalls eine Selbsteinschätzung erhoben worden. Nun kann ein direkter Vergleich zwischen vor und nach dem Workshop bezüglich der Sicherheit im Umgang mit GeoGebra gezogen werden (vergleiche Abbildung 8.4).

Es ist eine deutliche Verschiebung der Kompetenzeinschätzung feststellbar: Vor dem Workshop haben sich die Teilnehmenden eher unsicher, nur drei Personen haben sich sicher im Umgang mit GeoGebra gefühlt. Nach dem Workshop sollten sich die Teilnehmenden nicht auf einer fünfstufigen, sondern siebenstufigen Skala eingeeordnet, um eine höhere Auflösung aufzuzeigen. Alle Teilnehmenden haben sich auf der positiven Seite der Skala eingeordnet. Diese positive Selbsteinschätzung zeigt nicht nur einen positiven Lernzuwachs, sondern ist auch zentral für das Ziel einer positiven Einstellung gegenüber GeoGebra.

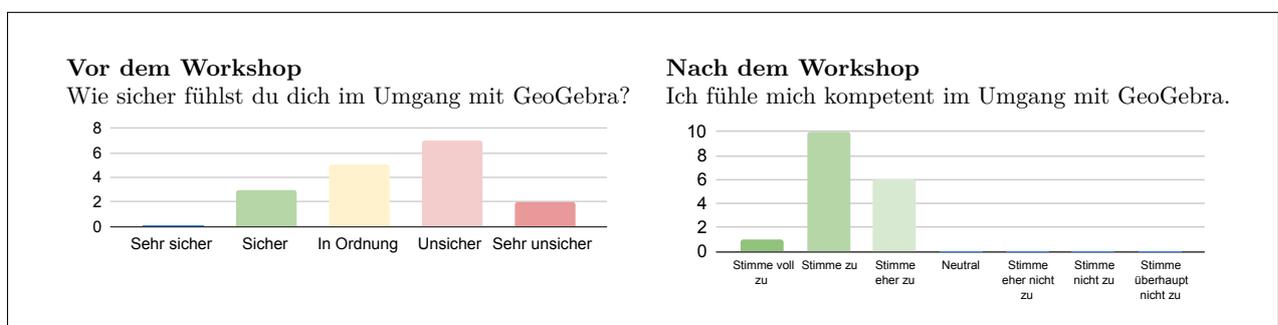


Abb. 8.4: Fragebogen davor und danach: Sicherheit im Umgang mit GeoGebra

Auch bei den restlichen Selbsteinschätzungen sind sehr positive Ergebnisse zu sehen (siehe Abbildung 8.5). Die Teilnehmenden fühlen sich kompetent, passende Applets in GeoGebra zu finden,

vorhandene Applets leicht abzuändern, selbst Applets zu erstellen und GeoGebra im Unterricht einzusetzen. Bis auf eine beziehungsweise zwei Teilnehmende sind auch diese Angaben positiv. Die Teilnehmenden fühlen sich vor allem beim Finden und Bearbeiten vorhandener Applets wohl. Bei der Erstellung eigener Applets stimmt nur eine Person voll zu, sich kompetent zu fühlen. Zwei Personen fühlen sich „eher nicht“ in der Lage, GeoGebra im Unterricht einzusetzen.

Insgesamt ist dieses Ergebnis sehr zufriedenstellend. Im Gegensatz zu vor dem Workshop fühlen sich die Teilnehmenden in allen Bereichen kompetent, in manchen sogar sehr kompetent.

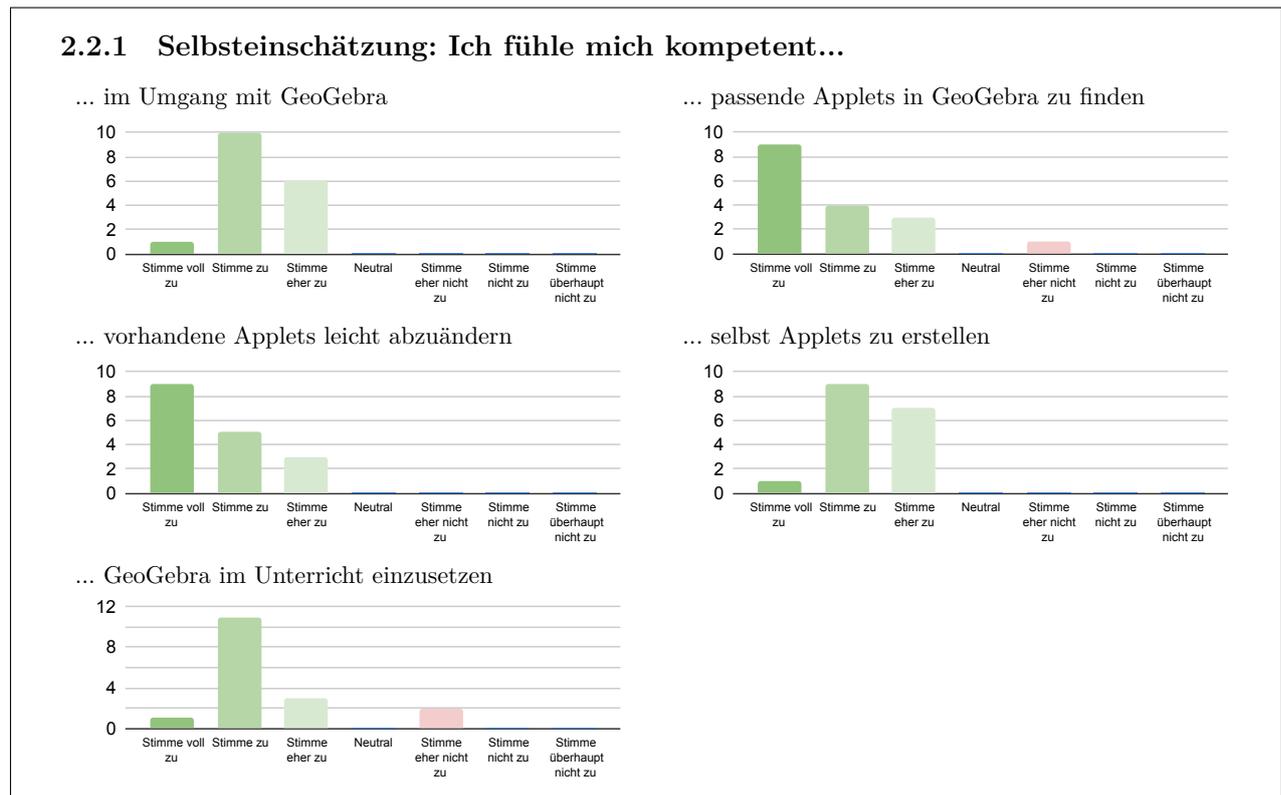


Abb. 8.5: Fragebogen danach: Selbsteinschätzung der Teilnehmenden

Zuletzt wurden die Teilnehmenden nach einer Einschätzung ihres zukünftigen Nutzungsverhaltens gefragt.

Auf einer sechsstufigen Skala haben alle Teilnehmenden angegeben, dass sie GeoGebra im Unterricht benutzen werden. Im Gegensatz dazu haben sieben Personen vor dem Workshop angegeben, GeoGebra im eigenen Unterricht nicht genutzt zu haben. Dies könnte an fehlenden Möglichkeiten oder auch an fehlender Expertise liegen. Zusammen mit der steigenden Sicherheit, GeoGebra zu nutzen, ist dies eine sehr positive Entwicklung. Die Teilnehmenden scheinen ein gesteigertes Selbstbewusstsein gegenüber GeoGebra entwickelt zu haben.

Sieben Personen haben angegeben, dass sie selbst Applets erstellen werden. Neun Personen haben hier leicht positiv abgestimmt. Es kann nicht erwartet werden, dass durch den Workshop alle Teilnehmenden eigene Applets erstellen, da dies einen hohen Zeitaufwand bedeutet und die Lust am Erstellen und Basteln generell voraussetzt. Somit ist es zufriedenstellend, dass sieben von 16 Personen nach dem Workshop diese Experimentierlust verspüren.

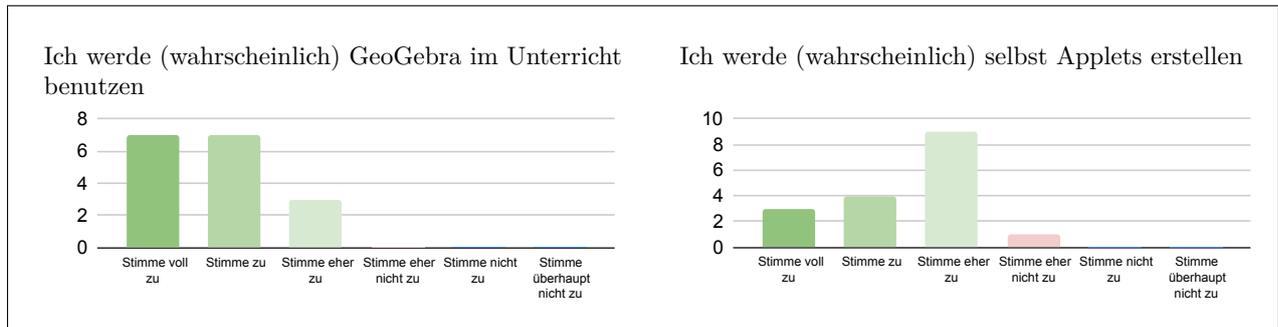


Abb. 8.6: Fragebogen danach: Zukünftige Nutzung von GeoGebra

### 8.3 Zusammenfassung

Mithilfe der vorgestellten Ergebnisse kann eine Antwort auf die Frage formuliert werden: *Können Physikstudierende innerhalb eines eintägigen Workshops grundlegende Fähigkeiten in der Nutzung von GeoGebra erlernen und dabei gleichzeitig das Interesse und die Kompetenz entwickeln, GeoGebra in ihrer zukünftigen beruflichen Laufbahn einzusetzen?*

Diese Frage gliedert sich in zwei Teile: Die fachlichen Grundlagen, die erlernt werden sollen, und das Interesse, das Werkzeug GeoGebra zu nutzen.

Der Erwerb von fachlichen Kenntnissen von GeoGebra kann, wie bereits erwähnt, nicht durch den Fragebogen empirisch festgestellt werden. Hierfür wäre eine Studie notwendig, in der das Wissen der Teilnehmenden getestet wird. Die Selbsteinschätzung lässt jedoch vermuten, dass ein Lernzuwachs in den gewünschten Bereichen erfolgt ist. Vor allem die Selbsteinschätzung der Sicherheit im Umgang mit GeoGebra hat sich durch den Workshop stark verschoben. Ebenfalls gewachsen ist die gefühlte Kompetenz im Bereich der Bearbeitung von Applets.

Das Interesse, GeoGebra zu nutzen, lässt sich aus mehreren Fragen ablesen. Notwendig für dieses Interesse ist eine fachliche Grundlage, die wie oben beschrieben und in Abbildung 8.5 ersichtlich, gelegt worden ist. Wichtiger noch ist eine wahrgenommene Kompetenz. Diese ist, wie in Abbildung 8.4 zu erkennen, durch den Workshop stark gestiegen und bei allen Teilnehmenden existent. Des Weiteren sind die Teilnehmenden explizit gefragt worden, ob sie GeoGebra im Unterricht benutzen und selbst Applets erstellen werden. Ersteres wurde sehr positiv, zweiteres positiv beantwortet.

Somit kann die Frage in beiden Teilen positiv beantwortet werden. Die Teilnehmenden haben durch den vorgestellten Workshop grundlegende Fähigkeiten zur Nutzung von GeoGebra erlernt und haben, laut Selbsteinschätzung, das Interesse und die Kompetenz entwickelt, GeoGebra in ihrer zukünftigen Laufbahn einzusetzen.

Interessant wäre an dieser Stelle einerseits eine Studie oder ein Test, der den Lernstand der Teilnehmenden vor und nach dem Workshop prüft. Eine größere Anzahl an Teilnehmenden würde zudem die Ergebnisse statistisch fundierter untermauern. Ebenfalls interessant wäre eine Langzeitstudie, die das Verhalten bezüglich GeoGebra zu einem späteren Zeitpunkt erfasst. Dies sprengt jedoch den Rahmen dieser Arbeit.

## 9. Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Masterarbeit wurde die Konzeption und Entwicklung eines Fortbildungsangebots für Physik-Lehramtsstudierende zur Nutzung von GeoGebra untersucht. Hierfür wurde ein Workshop entwickelt, getestet, zwei Mal durchgeführt und evaluiert. Die Teilnehmenden konnten anhand von Beispielen aus mehreren Bereichen der Physik einen Einblick in verschiedene Aspekte der Software zur Visualisierung physikalischer Probleme erhalten. Im Workshop wurden Applets zu den Themen Messdatenerfassung, Impulserhaltung, Luftwiderstand, Siliziumgitterstruktur, Solarzelle, Elektrische Felder, Linse, Interferenz und Quantenkryptologie betrachtet, bearbeitet und selbst erstellt. Der Workshop ist mit verschiedenen Differenzierungsmöglichkeiten für viele Kompetenzstufen geeignet und auf die individuellen Bedürfnisse, Motivationen und Vorkenntnisse der einzelnen Teilnehmenden einstellbar.

Von zentralem Interesse war die Fragestellung, ob es möglich ist, Physikstudierenden im Rahmen eines lediglich eintägigen Workshops grundlegende Fähigkeiten zur Nutzung von GeoGebra zu vermitteln und dabei gleichzeitig das Interesse sowie die Kompetenz zu fördern, GeoGebra in ihrer zukünftigen beruflichen Laufbahn einzusetzen. Die Antwort darauf ist eindeutig: Ja.

Dieses Ergebnis konnte durch eine Wirksamkeitsuntersuchung auf Basis von Fragebögen festgestellt werden. Die 17 teilnehmenden Lehramtsstudierenden verbesserten laut ihrer Selbsteinschätzung nicht nur ihre Fähigkeiten im Umgang mit GeoGebra deutlich, sondern entwickelten auch ein gestiegenes Selbstvertrauen in die Nutzung der Software. Zudem signalisierten die Teilnehmenden ein starkes Interesse, GeoGebra weiterhin zu verwenden und in ihren zukünftigen Unterricht zu integrieren. Es ist daraus zu schließen, dass bereits ein eintägiger Workshop genügt, um eine solide Grundlage zu schaffen, auf der die Studierenden weiter aufbauen können.

Es ist zu beachten, dass die Teilnehmenden lediglich über die Erstellung von Applets gelernt haben, die physikalische Probleme visualisieren. Dennoch bietet der Workshop eine wertvolle Grundlage, auf der die Studierenden ihr Wissen erweitern und komplexere Anwendungsmöglichkeiten von GeoGebra selbständig erarbeiten können.

Besonders hervorzuheben ist, dass durch den Workshop eine neue Generation von GeoGebra-Entwicklern geschaffen wurde. Die Teilnehmenden verfügen nun über die notwendigen Grundkenntnisse, um GeoGebra sowohl im eigenen Unterricht einzusetzen als auch dessen Nutzung an ihren Schulen zu verbreiten. Ein positiver Schneeballeffekt ist hier möglich: Wenn die Lehramtsstudierenden, die am Workshop teilgenommen haben, GeoGebra in ihrem Unterricht einsetzen und weiterempfehlen, kann dies langfristig zu einer breiteren Akzeptanz und Verbreitung der Software führen.

Kritisch entscheidend für eine solche Entwicklung ist die Verfügbarkeit aller notwendigen Unterlagen für interessierte Personen. Aus diesem Grund wurde der beschriebene Workshop und alle zugehörigen Materialien frei zugänglich (open source) auf der GeoGebra Website veröffentlicht. So wird sichergestellt, dass nicht nur die unmittelbaren Teilnehmenden des Workshops, sondern auch zukünftig Lehramtsstudierende und Lehrkräfte über die Grenzen der Hochschule hinaus von den entwickelten Inhalten profitieren, weitere Workshops organisieren und an verschiedenen Bildungseinrichtungen anbieten können.

Der Ausblick für die weitere Nutzung von GeoGebra in der Lehrerbildung und im Physikunterricht ist vielversprechend. Ein Wunsch für die Zukunft ist es, dass durch die geschulten Lehrkräfte viele neue Applets entwickelt werden, die speziell auf den Physikunterricht zugeschnitten sind. Diese

Applets könnten dazu beitragen, die Lehre zu bereichern und den Lernenden komplexe physikalische Konzepte anschaulicher und interaktiver zu vermitteln. Darüber hinaus könnte der Workshop auch in Fortbildungen für Lehrkräfte im Fach Physik eingesetzt werden, um deren digitale Kompetenzen weiter zu fördern.

Zusammenfassend hat der Workshop nicht nur grundlegende Kompetenzen vermittelt, sondern auch die Grundlage für eine nachhaltige Weiterentwicklung und Verbreitung von GeoGebra im Physikunterricht geschaffen. Mit dieser Fortbildung ist ein wichtiger Schritt getan, um die Attraktivität und Effektivität des Physikunterrichts zu steigern und Lehrkräfte dazu zu befähigen, moderne digitale Werkzeuge in ihren Unterricht zu integrieren. Die Hoffnung ist, dass dieses Konzept als Modell für weitere Bildungsprojekte dient und GeoGebra in der Lehrerbildung und im Physikunterricht fest etabliert wird.

# Literaturverzeichnis

- [AS15] Nazihatulhasanah Arbain und Nurbiha A. Shukor. “The Effects of GeoGebra on Students Achievement”. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 172 (2015). Contemporary Issues in Management and Social Science Research., S. 208–214. ISSN: 1877-0428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.356>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815003936>.
- [Bac22] Andreas Bach. *Selbstwirksamkeit im Lehrberuf. Entstehung und Veränderung sowie Effekte auf Gesundheit und Unterricht*. Waxmann Verlag GmbH, Apr. 2022. ISBN: 9783830945161. DOI: [10.31244/9783830995166](https://doi.org/10.31244/9783830995166). URL: <http://dx.doi.org/10.31244/9783830995166>.
- [BS22] Recep Bilgin und Hamdi Serin. “Students’ Opinions about the Use of Geogebra Computer Program as a Technological Tool in Mathematics Lessons”. In: *International Journal of Social Sciences and Educational Studies* 9 (März 2022), S. 60. DOI: [10.23918/ijsses.v9i1p60](https://doi.org/10.23918/ijsses.v9i1p60).
- [Bun17] Berufsbildung Bundesinstitut Für. *Fachkraft für Veranstaltungstechnik: Umsetzungshilfe für die Ausbildungspraxis*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag, 2017.
- [Cel20] Yeliz Celen. “Students’ Opinions on the Use of Geogebra Software in Mathematics Teaching”. In: *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* 19.4 (Okt. 2020), S. 84–88.
- [CP91] James M Clark und Allan Paivio. “Dual coding theory and education”. en. In: *Educ. Psychol. Rev.* 3.3 (Sep. 1991), S. 149–210.
- [Dew86] John Dewey. “Experience and Education”. In: *The Educational Forum* 50.3 (Sep. 1986), S. 241–252. ISSN: 1938-8098. DOI: [10.1080/00131728609335764](https://doi.org/10.1080/00131728609335764). URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00131728609335764>.
- [FS09] Linda Fahlberg-Stojanovska und Vitomir Stojanovski. “GeoGebra — freedom to explore and learn\*”. In: *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA* 28.2 (Mai 2009), S. 69–76. ISSN: 0268-3679. DOI: [10.1093/teamat/hrp003](https://doi.org/10.1093/teamat/hrp003). eprint: <https://academic.oup.com/teamat/article-pdf/28/2/69/4675165/hrp003.pdf>. URL: <https://doi.org/10.1093/teamat/hrp003>.
- [Geo24] GeoGebra. *Über GeoGebra — geogebra.org*. <https://www.geogebra.org/about?lang=de>. [Accessed 07-11-2024]. 2024.
- [Gun19] A. Gundermann. “Didaktik der Erwachsenenbildung”. In: Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, 2019.
- [Hes96] David Hestenes. “Modeling methodology for physics teachers”. In: *The changing role of physics departments in modern universities: International Conference on Undergraduate Physics*. Bd. 399. College Park, MD, 1996 1996, S. 935–958.
- [Hil+17] Hillmayr, Delia u. a. *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. de. 2017. DOI: [10.25656/01:15482](https://doi.org/10.25656/01:15482). URL: [https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source\\_opus=15482](https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=15482).
- [Kll10] Pellumb Klllogjeri. “GeoGebra: A Global Platform for Teaching and Learning Math Together and Using the Synergy of Mathematicians”. In: *International Journal of Teaching and Case Studies* 2 (Jan. 2010). DOI: [10.1007/978-3-642-13166-0\\_95](https://doi.org/10.1007/978-3-642-13166-0_95).

- [Kul12] Kultusministerkonferenz. “Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife”. In: Berlin und Bonn, Okt. 2012.
- [May14] Richard E. Mayer. “Cognitive Theory of Multimedia Learning”. In: *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Hrsg. von Richard E. Editor Mayer. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge University Press, 2014, S. 43–71.
- [Min24] Jugend und Sport Baden-Württemberg Ministerium für Kultus. *Bildungsplan Gymnasium - Mathematik (V2)*. de. html. März 2024. URL: <https://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/M.V2> (besucht am 27. 10. 2024).
- [Min22] Jugend und Sport Baden-Württemberg Ministerium für Kultus. *Bildungsplan Gymnasium - Physik (V2)*. de. html. März 2022. URL: <https://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/PH.V2> (besucht am 27. 10. 2024).
- [Mth+20] Mthethwa, Mthembeni u. a. “GeoGebra for learning and teaching: A parallel investigation”. In: *International Journal of Social Sciences and Educational Studies* 40.2 (Juli 2020).
- [Sch+17] Ulrich Schmid u. a. “Monitor Digitale Bildung : Die Schulen im digitalen Zeitalter”. de. In: (2017). DOI: 10.11586/2017041. URL: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/doi/10.11586/2017041>.
- [SZ12] D.H. Schunk und B.J. (Eds.) Zimmerman. *Motivation and Self-Regulated Learning*. Routledge, Aug. 2012. ISBN: 9781136826788. DOI: 10.4324/9780203831076. URL: <http://dx.doi.org/10.4324/9780203831076>.
- [SJ02] Ralf Schwarzer und Matthias Jerusalem. “Das Konzept der Selbstwirksamkeit”. In: *Zeitschrift für Pädagogik (Beiheft)* 48 (Jan. 2002), S. 28–53.
- [Sek16] Sekretariat der Kultusministerkonferenz, Hrsg. *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Kultusministerkonferenz. Taubenstraße 10, 10117 Berlin: KMK Berlin, 2016. URL: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2018/Strategie\\_Bildung\\_in\\_der\\_digitalen\\_Welt\\_idF.\\_vom\\_07.12.2017.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf).
- [SL13] P. Shadaan und Kwan Eu Leong. “Effectiveness of Using Geogebra on Students’ Understanding in Learning Circles”. In: *The Malaysian Online Journal of Educational Technology* 1 (Okt. 2013), S. 1–11.
- [Spe+14] J. Michael Spector u. a. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Springer New York, 2014. ISBN: 9781461431855. DOI: 10.1007/978-1-4614-3185-5. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5>.
- [Swe88] John Sweller. “Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning”. In: *Cognitive Science* 12.2 (Apr. 1988), S. 257–285. ISSN: 1551-6709. DOI: 10.1207/s15516709cog1202\_4. URL: [http://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](http://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4).
- [ZV22] Rushan Ziatdinov und James R. Valles. “Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics”. In: *Mathematics* 10.3 (2022). ISSN: 2227-7390. DOI: 10.3390/math10030398. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/3/398>.
- [ZOM23] Puotier Zutaah, Samson Ondigi und Marguerite Miheso-O’Connor. “Pre-Service Teachers’ Perceptions of the Use of GeoGebra in Teaching and Learning Geometry in the Colleges of Education, Ghana”. In: *JOHME Journal of Holistic Mathematics Education* 7 (Juni 2023), S. 1–21. DOI: 10.19166/johme.v7i1.6124.

# 10. Anhang

## 10.1 Workshop-Material

Eine Sammlung aller Materialien befindet sich auf GeoGebra: <https://www.geogebra.org/m/zhqzxpjz>

### 10.1.1 Präsentation

**GeoGebra Workshop**  
Anabel Dietz

GeoGebra Website, Materialien, Applet anpassen, Applet erstellen, Spontane Nutzung, Digitales Arbeitsblatt, GeoGebra Classroom

#### Plan für heute

- Überblick über die Website
- Vorhandene Applets **anpassen**
  - Gemeinsamer Überblick
  - 2-3 Applets selbst anpassen
- Eigene Applets **erstellen**
  - 3 Applets selbst erstellen
  - 1 Applet gemeinsam erstellen

#### Checkliste

**Checkliste**  
Bitte immer abhaken, wenn ihr mit einem Teil fertig seid!

<https://shorturl.at/SEmsu>

#### Informationen

- Ihr seid hier um etwas zu lernen, nicht um etwas zu leisten
- Es ist nicht schlimm, wenn ihr nicht fertig werdet
- Ihr seid so frei, wie ihr sein möchtet (und bekommt so viel Hilfe wie ihr möchtet)

#### Differenzierung

Arbeitsaufträge, Optionen für Schnelle, Eigene Ideen, Menge

#### Hilfsmittel

### Differenzierung

Arbeitsaufträge, Optionen für Schnelle, Eigene Ideen, Menge

#### Hilfskarten

Vor dem Applet: Übersicht der Karten  
 Applet bearbeiten: Befehle, Werkzeuge, Einstellungen  
 Nach dem Applet: Speichern, Exportieren

**1. Applet bearbeiten:**  
Siehe Karte Applet bearbeiten

Drei Punkte  
=> **Offnen mit App**

---

**2. Applet im Profil speichern:**  
Siehe Karte Speichern

Oben rechts Menü  
=> **Online speichern**

---

**3. Exporteinstellungen:**  
Siehe Karte Exporteinstellungen

Drei Punkte  
=> **Aktivität bearbeiten**  
=> **Erweiterte Einstellungen unter dem Applet**

## Teil 1: Vorhandene Applets anpassen

## Eigene Applets erstellen

Arbeitsaufträge (Powerpoint)

Karten

Optionen für Schnelle

## Anpassen

**Quanten-Kryptologie**

**Anforderungen:**

- Zoom und Verschieben ausstellen
- Größe des Applets anpassen

**Impulserhaltung**

**Anforderungen:**

- Schwarze Kreise entfernen
- Weißer Kugel blau färben
- Hintergrund weiß; kein Gitter
- Größe des Applets anpassen

**Fertig?**

< Zu Impulserhaltung

- Schieberegler länger und Knöpfe größer machen

**E-Feld**

**Anforderungen:**

- Unterhalb des E-Felds: Alles außer Schieberegler für Q ausblenden

**Legende:**

- Applet bearbeiten
- Exporteinstellungen
- Fixieren
- Einstellungen
- Ausblenden & Achsen skalieren
- Farbe ändern & Hintergrund

## Teil 2: Eigene Applets erstellen

## Linse (Geometrie)

**Ziel:** Strahlengang einer konvexen Linse visualisieren.

**Anforderungen:**

- $f$ ,  $g$  und  $G$  sind Schieberegler
- $g > f$  (in Schieberegler von  $g$  anpassen)
- Die Punkte und der Strahlengang verschieben sich mit Anpassung von  $f$ ,  $g$  und  $G$
- Die Objekte sind nicht per Hand verschiebbar
- Zoom ist nicht möglich (Exporteinstellungen)

Wähle zB  $f \in [10,20], g \in [f,50], G \in [0,20]$

**Legende:**

- Schieberegler
- Punkt & Strecke
- Speichern
- Exporteinstellungen

**Fertig?**

- Linse einzeichnen: Kreisbogen (<Mittelpunkt>, <AnfangpunktA>, <PunktB>); Linse hat immer die gleiche Höhe => A, B fest; Mittelpunkt ist  $2f$  von der Linsenebene entfernt (Näherung)
- Konkave Linse visualisieren
- ...

## Schwebung (Funktionen)

**Ziel:** Zwei Wellen mit einstellbarer Frequenz überlagern (addieren) sich.

**Anforderungen:**

- Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  sind Schieberegler zwischen C4 und C5
- 2 Grafikenfenster übereinander:
  - im oberen die beiden Wellen
  - im unteren die Summe
- Achsen sind sinnvoll (und gleich) skaliert
- Sinnvolle Exporteinstellungen treffen

**Fertig?**

- Farbig passender Text, der die Funktionen definiert ( $f(x) = \sin(f_1 x)$ )
- Schieberegler in der Farbe der Funktionen färben
- 3 Schaltflächen erstellen, die den jeweiligen Ton abspielen
- ...

**Legende:**

- Schieberegler
- Split View
- Ausblenden & Achsen skalieren

## Fall mit Luftreibung (Animation)

**Ziel:** Animation erstellen: ein Objekt fällt mit Luftreibung. Die Bewegung startet mit Knopfdruck.

**Anforderungen:**

- Das Objekt (zB ein Trichter/ Dreieck) fällt, wenn man die Schaltfläche drückt
- Man kann nichts verschieben/ zoomen

$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$      $k = 0,15$

$m = 0,138 \text{ kg}$      $v_e = \sqrt{\frac{mg}{k}}$

$s(t) = -\frac{v_e}{g} \ln(\cosh(\frac{gt}{v_e}))$

**Fertig?**

- Vektoren erstellen
- Funktion  $s(t)$  einblenden
- Ein- und Ausblenden der Vektoren und der Funktion  $s(t)$  (mit Kontrollkästchen)
- ...

**Legende:**

- Schieberegler
- Schaltfläche
- Animation

$v(t) = -v_e \tanh(\frac{gt}{v_e})$

$F_G = mg$  (nach unten)

$F_{\text{Luftreibung}} = kv(t)^2$  (nach oben)

$F_{\text{ges}} = F_G + F_{\text{Luftreibung}}$

## Was haben wir gelernt?

Vorhandene Applets nutzen und anpassen

Selbst Applets erstellen

GeoGebra + Physik = gut

### 10.1.2 Hilfskarten

#### Übersicht der Karten

- Kopieren**
  - Kopieren eines bereits vorhandenen Applets, um es zu nutzen oder zu bearbeiten.
    - Applet bearbeiten
- Befehle**
  - die im Algebra-Fenster eingegeben werden (zB Strecke)
    - Eingabe-Code in dieser Schriftart.
      - Schieberegler
      - Punkt & Strecke
      - Vektor
- Werkzeuge**
  - die in der Werkzeugleiste auswählbar sind (zB Text)
    - Text
    - Schaltfläche
    - Animation
    - Kontrollkästchen
- Einstellungen**
  - von Objekten und der GeoGebra-Ansicht (zB Farbe)
    - Einstellungen
    - Ausblenden & Achsen skalieren
    - Farbe ändern & Hintergrund
    - Split View
    - Fixieren
- Speichern**
  - und Exporteinstellungen
    - Speichern
    - Exporteinstellungen

#### Begriffe und Überblick

**Werkzeugleiste** hier können Werkzeuge ausgewählt werden

**Einstellungsleiste** hier können Einstellungen vorgenommen werden

**Algebrafenster** hier werden Befehle eingegeben

**Grafikfenster** hier sind Objekte dargestellt (zB Punkte, Funktionen, Text,...)

#### Applet bearbeiten

Ein gefundenes Applet im eigenen Profil speichern und bearbeiten

Wenn du ein Applet gefunden hast, klicke auf die 3 Punkte > *Öffnen mit App*

Jetzt kannst du das Applet bearbeiten.

Wenn du das Applet nicht bearbeiten, sondern nur kopieren möchtest, klicke auf die 3 Punkte > *Aktivität kopieren*. Das Applet wird in deinem Profil gespeichert.

Vergiss nicht, das Applet zu speichern und die Exporteinstellungen anzupassen.  
Siehe Karten [Speichern](#) und [Exporteinstellungen](#).

#### Schieberegler

Eine Variable kann mithilfe des Schiebereglers verstellt werden.

Algebra Gebe im Algebrafenster ein:  
Schieberegler (<Min>, <Max>, <Schrittweite>)  
Eingabe: `- 1 5 0.1 0.1`  
Ausgabe:

Good To Know Wenn man einen Wert im Grafik-Fenster definiert, wird automatisch ein Schieberegler erstellt, der nicht im Grafik-Fenster sichtbar ist.  
Eingabe: `a b`  
Ausgabe:

Ein Schieberegler sollte immer fixiert werden, damit man ihn nicht verschieben kann. Siehe Karte [Fixieren](#).

#### Punkt

Zweidimensionaler Punkt im Grafik-Fenster

Algebra Gebe im Algebrafenster ein:  
(<x-Koordinate>, <y-Koordinate>)  
Eingabe: `- 1 4`  
Ausgabe:

#### Strecke

Strecke zwischen zwei Punkten im Grafik-Fenster

Algebra Gebe im Algebrafenster ein:  
Strecke (<Anfangspunkt>, <Endpunkt>)  
Eingabe: `- 1 1 2 2 1 1`  
Ausgabe:

#### Vektor

Vektor zwischen zwei Punkten im Grafik-Fenster

Algebra Gebe im Algebrafenster ein:  
Vektor (<PunktA>, <PunktB>)  
Eingabe: `- 1 1 2 2 1 1`  
Ausgabe (Grafikfenster):

#### Text

Text, der im Grafikfenster sichtbar ist

Werkzeug Klicke auf das Werkzeug `A` `ABC Text`  
Klicke auf die Stelle im Grafik-Fenster, an der du den Text platzieren möchtest.  
Gib im Dialogfenster den Text ein. Du kannst fett, kursiv, Serifen-Schrift und Latex-Formel wählen.

Erweitert Es können GeoGebra-Objekte im Text verknüpft werden. Wird das Objekt geändert, so ändert sich auch der Text.  
Eingabe: `bs) 4 ist ein Schieberegler zwischen 0 und 1.`  
Ausgabe (Grafik-Fenster):

Einstellungen Größe und Farbe des Texts kannst du über die Einstellungsleiste verändern. Siehe Karte [Einstellungen](#).  
Text sollte immer fixiert werden, damit man ihn nicht verschieben kann.

#### Schaltfläche

Drückt man auf die Schaltfläche, werden vorgegebene Befehle ausgeführt

Werkzeug Klicke auf das Werkzeug `☑` `Schaltfläche`  
Klicke auf die Stelle im Grafik-Fenster, an der du die Schaltfläche platzieren möchtest.  
Gib im Dialogfenster die Beschriftung und Befehle (Skript) ein.  
Eingabe: `Drück mich`  
Ausgabe (Grafik-Fenster):

Skript Hier können Befehle wie im Algebra-Fenster eingegeben werden, die auf Knopfdruck sofort ausgeführt werden.  
Bsp 1: SpieleTon [<Funktion>, <min>, <max>]  
SpieleTon [sin(440\*2\*pi\*x, 0, 1)] spielt den Ton A für eine Sekunde.  
Bsp 2: SetzeWert [<Objekt>, <Objekt>]  
SetzeWert [k, ZufallsZahl[0, 1]] setzt k auf einen Zufallswert zw. 0 und 1  
Bsp 3: siehe Karte [Animation](#)

#### Animation 1

Die Schaltfläche startet eine Animation

Schieberegler Erstelle einen Schieberegler t zwischen 0 und 1. Blende den Schieberegler aus.  
Stelle in den Einstellungen unter Schieberegler > Wiederholen „Zunehmend (einmalig)“ ein, wenn die Animation ein Mal laufen soll.  
Wähle „Zunehmend“ aus, wenn die Animation nach Ende automatisch wieder von vorne beginnen soll.

Objekt Erstelle das animierte Objekt oder Objekte  
Bsp 1:  $s(t) = t^2/2 + 3$  sei die Höhe des Objektes.  $P = (0, s(t))$  der Punkt bewegt sich um  $s(t)$  nach unten  
Bsp 2:  $A = \text{Viereck}(P, P + (1, 1), P + (-1, 1))$  ein Dreieck bewegt sich mit dem Punkt P nach unten

### Animation 2

Die Schaltfläche startet eine Animation

**Schaltfläche**  
 Erstelle eine Schaltfläche. Gib als Skript ein:  
 Bsp 1: `t=0`  
`StartAnimation[t]`  
 Die Animation spielt von Anfang bis Ende einmal ab.  
 Bsp 2: Erstelle einen Wahrheitswert anim, indem du `anim=false` im Algebra-Fenster eingibst.  
`anim=1:anim`  
`StartAnimation[t,anim]`  
`SetzeBeschriftung[Schaltfläche1,`  
`Wenn(anim,"Stop","Start")]`  
 Drückt man auf den Knopf, so wird die Animation weitergeführt oder gestoppt.

**Erklärung des Skripts:**  
 Bsp 1: Der Schieberegler t startet bei Null. Die Animation des Schiebereglers t startet.  
 Bsp 2: Der Wahrheitswert dreht seinen Wert um. Die Animation läuft nur, wenn anim=true ist. Wenn anim=true ist, also die Animation läuft, steht auf dem Schieberegler „Stop“, sonst „Start“.

### Kontrollkästchen

Objekte können über das Kontrollkästchen ein- und ausgeblendet werden.

**Werkzeug**  
 Klicke auf das Werkzeug `ein->aus` Kontrollkästchen.  
 Klicke auf die Stelle im Grafik-Fenster, an der du das Kontrollkästchen platzieren möchtest.  
 Gib im Dialogfenster die Beschriftung und die verknüpften Objekte an.

**Bsp**  
 Bsp: Eingabe: `sin(x)` Ausgabe (Grafik-Fenster):

**Good To Know**  
 Das Kontrollkästchen erscheint im Algebra-Fenster als Wahrheitswert.  
 In den Einstellungen eines Objektes kann unter `Erweitert > Bedingung, um Objekt anzuzeigen` das Objekt verknüpft werden. (Statt im Dialogfenster)

### Einstellungen

Einstellungen eines Objekts

**Fenster**  
 Im Grafik-Fenster: Rechtsklick auf das Objekt  
 Es öffnet sich ein Fenster am Objekt mit einigen wenigen Einstellungen.

**Leiste**  
 Im Grafik-Fenster: Klick auf das Objekt  
 Es öffnet sich oben rechts eine Leiste mit mehreren Einstellungen. Die Auswahl der Einstellungen ist je nach Objekt unterschiedlich.

**Erweitern**  
 Für spezifischere Einstellungen kann im Einstellungs-Fenster `Einstellungen` gewählt werden oder in der Einstellungs-Leiste das Symbol

### Ausblenden

Ein Objekt wird nicht gelöscht, ist aber im Grafik-Fenster nicht mehr sichtbar.

**Im Grafik-Fenster:** Rechtsklick auf das Objekt > `Objekt anzeigen` abwählen

**Im Algebra-Fenster:** Links Knopf abwählen

**Achsen skalieren**  
 Halte die `SHIFT` Taste gedrückt. Mit Drücken und Ziehen lassen sich jetzt die Achsen skalieren. Oder über die Einstellungen des Grafikfensters.

### Farbe ändern

Öffne die erweiterten Einstellungen > `Farbe`

**Hintergrund**  
 Rechtsklick auf eine freie Fläche des Grafik-Fensters. Hier können die Achsen und das Koordinatengitter ausgeblendet werden.  
 Klick auf Grafik. Hier kann die Hintergrundfarbe bearbeitet werden.

### Split View

Mehrere Fenster auf einmal nutzen, zB zwei Grafik-Fenster oder zusätzlich eine Tabelle

**Split View**  
 Menü > `Ansicht` > gewünschtes Fenster anklicken

An dem Symbol kann das Fenster per Drag and Drop an die richtige Stelle gebracht werden (über, unter, neben das andere)

**Good To Know**  
 In den erweiterten Einstellungen eines Objektes kann eingestellt werden, in welchem Fenster es sichtbar ist:  
`Erweitert > Anzeigen in`

### Fixieren/ sperren

Objekt kann nicht mehr verschoben werden

**Fixieren**  
 In der Einstellungsleiste eines Objektes kann man das Objekt fixieren.

**Good To Know**  
 Text sollte immer fixiert werden. Wenn die SuS generell nichts verschieben sollen, empfiehlt es sich, alle nicht abhängigen Objekte zu fixieren. (Alle Objekte, die nicht über ein anderes definiert sind)

Bei Schieberegler heißt die Einstellung „sperren“. Schieberegler sollten immer gesperrt werden.

### Speichern

Wie ein Applet gespeichert wird

**Clean-Up**  
 Meistens schließt man das Algebra-Fenster, bevor das Applet gespeichert wird:  
 Menü > `Ansicht` > `Algebra` abwählen

Überprüfe, ob alle Objekte, die nicht bewegt werden sollen, fixiert sind.

**Speichern**  
 Speichere das Applet:  
 Menü > `Datei` > `Online speichern`

Du kannst das Applet nun in deinem GeoGebra Profil finden.

### Exporteinstellungen 1

Bevor das Applet genutzt werden kann, müssen einige Einstellungen getroffen werden

**Applet finden**  
 Du findest das gespeicherte Applet, indem du auf dein Profil gehst (GeoGebra Website oben rechts). Es werden automatisch deine Materialien geöffnet, in denen sich das Applet befindet.

Klicke auf die 3 Punkte am Applet, dann auf `Aktivität bearbeiten`.

Nun kann das Applet bearbeitet werden. Es können Text, Fragen, Bilder usw. hinzugefügt werden, um ein digitales Arbeitsblatt zu erstellen.

**Einstellungen**  
 Fahre mit der Maus über das Applet und klicke auf den Stift, der über dem Applet erscheint.  
 Es öffnen sich die Exporteinstellungen (siehe Rückseite)

## 8 Exporteinstellungen 2

### Exporteinstellungen im Detail

**Einblickungen**

- 1 Größe des Applets einstellen. Es sollte Breite < 1000.
- 2 Für ein Demo-Applet ist es sinnvoll, alle Optionen abzuwählen. So kann der Betrachtende das Applet nicht verändern. Schaltflächen und Kontrollkästchen funktionieren, ungepinnte Objekte lassen sich verschieben.
- 3 Wenn die SuS selbst Dinge erstellen sollen, sollten diese Optionen (und alle aus 2) gewählt werden.

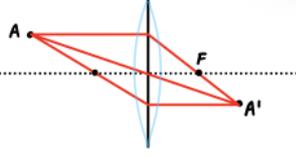
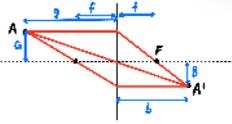
**Und dann?** Klicke auf *Fertig* und unten auf dem digitalen Arbeitsblatt auf *Speichern & Schließen*.

Applet teilen: Kopiere den Browserlink. Applet veröffentlichen: Klicke beim Applet (im Profil) auf die 3 Punkte, dann auf *Veröffentlichen*.

## 10.1.3 Schritt-für-Schritt-Anleitungen

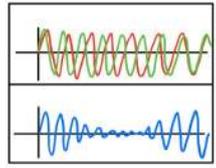
### Linse (Geometrie):

- Koordinatengitter und -achsen ausblenden
- Schieberegler erstellen und sperren 
  - $f \in [10,50]$
  - $g \in [f,50]$
  - $G \in [0,20]$
- Definiere  $B = G \cdot \frac{b}{g}$ ,  $b = (\frac{1}{f} - \frac{1}{g})^{-1}$
- Konstruiere den Hintergrund:
  - Linsebene: Strecke zwischen  $(0, -20)$  und  $(0,20)$  => Name ausblenden
  - Optische Achse: Strecke zwischen  $(-70,0)$  und  $(70,0)$  => gestrichelt, Name ausblenden
- Definiere die sichtbaren Punkte
  - $A, A', F$
- Konstruiere den Strahlengang
  - Strecke oder Vektor zwischen zwei Punkten
  - Färbe alle Strecken rot

### Schwebung (Funktionen):

- Schieberegler erstellen und sperren 
  - $f_1 \in [260,520]$
  - $f_2 \in [260,520]$
- Funktionen und Summe definieren. Namen ausblenden.
  - $f(x) = \sin(2\pi f_1 x)$
  - $g(x) = \sin(2\pi f_2 x)$
  - $h(x) = f(x) + g(x)$
- Koordinatengitter entfernen
- Split View einstellen, sodass das zweite Grafikfenster unter dem anderen liegt
- In den Einstellungen der Funktionen einstellen, dass
  - $f(x), g(x)$  im oberen Fenster und
  - $h(x)$  im unteren Fenster sichtbar ist
- x-Achse bei beiden Fenstern gleich skalieren



### Luftreibung (Animation):

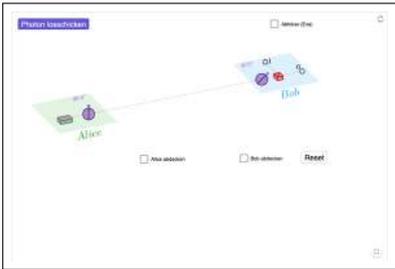
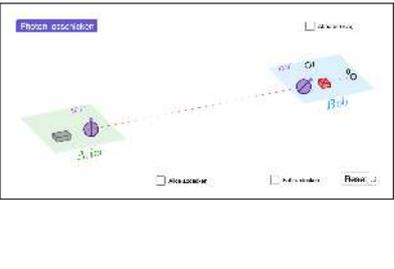
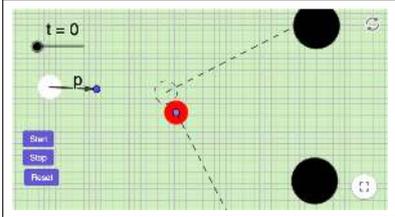
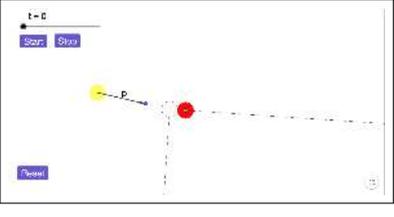
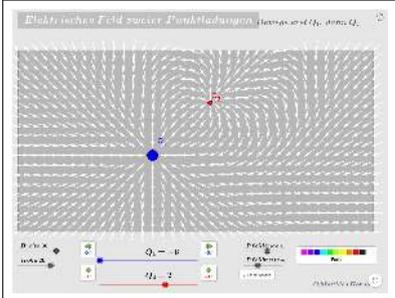
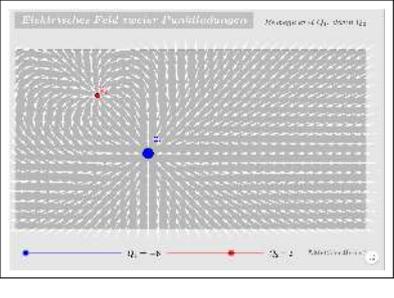
- Definiere physikalische Größen
  - Erdbeschleunigung  $g$
  - Masse  $m$
  - Reibungskoeffizient  $k$
  - In Abhängigkeit von  $m, g$  und  $k$ : Endgeschwindigkeit  $v_e$
- Erstelle einen Schieberegler (und sperre diesen), er gibt die Zeit an
  - $t \in [0,1]$
- Definiere die notwendigen Funktion und blende diese aus
  - $s(t)$
- Definiere den fallenden Punkt oder Objekt in Abhängigkeit von  $t$ 
  - $zB P = (0, s(t))$
- Koordinatengitter und -achsen entfernen
- Erstelle eine Schaltfläche, die eine Animation startet (siehe Karte [Animation](#))

### 10.1.4 Applets

Alle Applets sind in dem GeoGebra-Buch <https://www.geogebra.org/m/zhqzxpjz> zu finden.

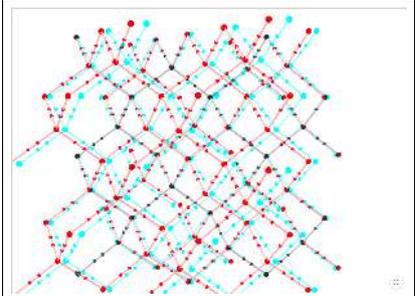
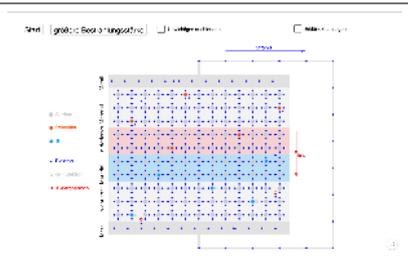
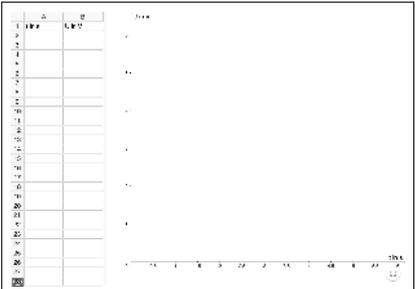
#### Vorhandene Applets anpassen

Die Original-Applets sind unter den genannten Links zu finden, eine Kopie ist in dem oberen GeoGebra-Buch gespeichert.

Name und URL	Original	Bearbeitete Version
Quanten-Kryptologie: <a href="https://www.geogebra.org/m/sfpjcqjz">https://www.geogebra.org/m/sfpjcqjz</a>		
Impulserhaltung: <a href="https://www.geogebra.org/m/y9skcjbu">https://www.geogebra.org/m/y9skcjbu</a>		
E-Feld: <a href="https://www.geogebra.org/m/KqbXVYtX">https://www.geogebra.org/m/KqbXVYtX</a>		

#### Demonstrations-Applets

Alle Applets sind in dem GeoGebra-Buch zu finden.

Silizium 3D gezeigt in Phase: Geometrie	Solarzelle gezeigt in Phase: Animation	Messwertfassung gezeigt in Phase: Tabellen
		

## 10.2 Bildungsplan

Verordnung der für GeoGebra geeigneten Themen in der Bildungsplanmatrix, ergänzend zu Unterabschnitt 4.2.2.

	Klassen 7-8	Klassen 9-10		Basisfach (Quantenphysik)	Basisfach (Astrophysik)	Leistungsfach
<b>Denk- und Arbeitsweisen</b>	<b>Überprüfbarkeit - Experimente</b>					
<b>Energie</b>	Energieerhaltung	<b>Impulserhaltung</b>				
<b>Mechanik</b>	s-t-Diagramme	v-t / a-t-Diagramm; gleichförmige Kreisbewegungen				
	Kraft, Kräftegleichgewicht	<b>Impulserhaltungssatz;</b> Freier Fall, <b>freier Fall mit Luftwiderstand</b> , waag. Wurf; Zentripetalkraft				
<b>Wärmelehre</b>		Konvektion, Wärmestrahlung, Wärmeleitung;				
<b>Struktur der Materie</b>		Aufbau Atom; Kernspaltung, Kernfusion;	→	<b>Atom- und Kernphysik</b> <b>Astrophysik</b>	Photoeffekt;	
<b>Magnetismus und Elektromagn.</b>	stromdurchflossener Leiter/ Spule; Feldlinien	Reihen und Parallelschaltung; elektromagnetische Induktion (qualitativ); Kennlinie; <b>(Solarzelle)</b>	→	<b>Elektromagnetische Felder</b>	<b>El. und magn. Felder;</b> Bewegung Ladung in hom. E-/ B-Feld; Lorentzkraft;	Verhalten Materie im E-Feld (Influenz, Polarisation) Wienscher Filter/ Massenspektrograph; Elektrische Wirbelströme
<b>Elektrizitätslehre</b>						
<b>Optik und Akustik</b>	Weltallphänomene; Lochkamera; <b>optische Linse, Prisma</b>		→	<b>Schwingungen</b>	ungedämpfte harmonische Schwingungen; Federpendel; elektr. Schwingkreis;	Resonanz bei erzwungenen Schwingungen
				<b>Wellen</b>	<b>Wellenphänomene (Beugung, Reflexion, Brechung, Interferenz, Energietransport);</b> Stehende Wellen; Doppler-Effekt	Longitudinal-/ Transversalwellen; Hertzscher Dipol
				<b>Wellenoptik</b>	Strahlenmodell/ Lichtstrahlenmodell; Interferenzmuster	Interferenzmuster (Einzel-, Doppelspalt, Gitter); Michelson-Interferometer;
				<b>Quantenphysik und Materie</b>	Interferenzfähigkeit, Welcher-Weg-Info von Quanten	Heisenbergsche Unschärferelation ( $x, p$ ) Potentialtopf; Atommodelle; <b>(Quantenkryptologie)</b>

## 10.3 Verlaufspläne

Ergänzend zu Abschnitt 7.1.

### 10.3.1 Testdurchlauf

Zeit	Phase	Inhalt	Sozial	Medien	
10	Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Was ist GeoGebra - kurz</li> <li>- Wir benutzen es zum Modellieren und Visualisieren (physikalischer) Probleme</li> <li>- Nicht im Workshop: GG Classroom, digitale AB, GG Suite,</li> </ul>	LV		
15	Website	kurzer Überblick <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classroom / Einheit beitreten</li> <li>- Materialien</li> <li>- Starte Rechner</li> <li>- Anmelden / Profil erstellen</li> </ul>	LV	GeoGebra	
	Classic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starte Rechner</li> <li>- Zu Classic verändern im Link</li> <li>- Das ist die „Entwickleransicht“</li> </ul>	LV	GeoGebra	
15	Applets bearbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material gemeinsam finden</li> <li>- Öffnen mit App</li> <li>- Bearbeiten</li> <li>- Exportieren</li> <li>- Teilen</li> </ul>	LV	GeoGebra	
30		Arbeitsphase: Applets anpassen	EA	PP	
8	Selbst erstellen	Linse	Demonstration: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classic öffnen,</li> <li>- A-Fenster schließen</li> </ul>	LV	GeoGebra
2			Motivation Linse	LV	
50			Arbeitsphase: Linse Applet erstellen	EA	PP
		Pause			
X			Zeigen: Silizium (3D)	LV	Applet-1 3D-Brillen
3	Schwebung	Demonstration: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D Grafikfenster, Brille</li> <li>- Split View</li> </ul>	LV	GeoGebra	
2			Motivation Interferenz, Schwebung	LV	Stimmgabeln
35			Arbeitsphase: Schwebung Applet erstellen	EA	PP
4	Luftreibung	Demonstration: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schaltfläche</li> </ul>	LV	GeoGebra	
2			Motivation Luftreibung	LV	
50			Arbeitsphase: Luftreibung Applet erstellen	EA	PP
2			Zeigen: Solarzelle	LV	Applet-2
2	Tabelle	Motivation Messwerterfassung	LV		
5		Demonstration (gemeinsam): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messwerterfassung</li> </ul>	Plenum	GeoGebra	
5			Zeigen: Messwerterfassung	LV	Applet-3
2	Abschluss	Rückblick: Was haben wir gelernt?	LV		

insgesamt 242min

**Abb. 10.1:** Verlaufspläne des Testdurchlaufs am 15.08.2024 mit eingetragenen Zeiten.  
„X“ = Weglassen dieses Abschnitts

## 10.3.2 Verlaufsplan (Erste Durchführung)

Zeit	Phase	Inhalt	Sozial	Medien	
11	Einstieg	Inhalt des Workshops vorstellen	LV	PP	
		Checkliste	LV	PP, Checkliste	
		Hilfskarten vorstellen (mündlich)	LV	Hilfskarten	
3	Demonstration	Website (Überblick Materialien, Profil)	LV	GeoGebra	
5	Applets bearbeiten	Demonstration: - Material finden - bearbeiten - exportieren	LV	GeoGebra	
31		Arbeitsphase: Applets anpassen	EA	PP	
10	Selbst erstellen	Linse	Demonstration: - Classic öffnen, - A-Fenster schließen	LV	GeoGebra
2			Motivation Linse	LV	
50			Arbeitsphase: Linse Applet erstellen	EA	PP
(60)		Pause			
2			Zeigen: Silizium (3D)	LV	Applet-1 3D-Brillen
5		Schwebung	Demonstration: - 3D Grafikfenster, Brille - Split View	LV	GeoGebra
1			Motivation Interferenz, Schwebung	LV	Stimmgabeln
35			Arbeitsphase: Schwebung Applet erstellen	EA	PP
3		Luftreibung	Demonstration: - Schaltfläche	LV	GeoGebra
1			Motivation Luftreibung	LV	
53	Arbeitsphase: Luftreibung Applet erstellen		EA	PP	
2	Zeigen: Solarzelle		LV	Applet-2	
1	Tabelle	Motivation Messwerterfassung	LV		
12		Demonstration (gemeinsam): - Messwerterfassung	Plenum	GeoGebra	
3		Zeigen: Messwerterfassung	LV	Applet-3	
2	Abschluss	Rückblick: Was haben wir gelernt?	LV		

Ohne Pause 243min

Abb. 10.2: Verlaufsplan der ersten Durchführung am 09.09.2024 mit eingetragenen Zeiten

## 10.3.3 Verlaufsplan (Zweite Durchführung)

Zeit	Phase	Inhalt	Sozial	Medien	
12	Einstieg	Inhalt des Workshops vorstellen	LV	PP	
		Checkliste	LV	PP, Checkliste	
		Hilfskarten und Differenzierung vorstellen	LV	PP, Hilfskarten	
8	Demonstration	- Website (Überblick Materialien, Profil)	LV	GeoGebra	
3	Applets bearbeiten	Demonstration: - Material finden - bearbeiten - exportieren	LV	GeoGebra	
30		Arbeitsphase: Applets anpassen	EA	PP	
3	Selbst erstellen	Linse	Demonstration: - Classic öffnen, - A-Fenster schließen	LV	GeoGebra
2		Motivation Linse	LV		
53		Arbeitsphase: Linse Applet erstellen	EA	PP	
(60)		Pause			
1			Zeigen: Silizium (3D)	LV	Applet-1 3D-Brillen
3		Schwebung	Demonstration: - 3D Grafikfenster, Brille - Split View	LV	GeoGebra
2			Motivation Interferenz, Schwebung	LV	Stimmgabeln
36		Arbeitsphase: Schwebung Applet erstellen	EA	PP	
3	Luftreibung	Demonstration: - Schaltfläche	LV	GeoGebra	
2		Motivation Luftreibung	LV		
50		Arbeitsphase: Luftreibung Applet erstellen	EA	PP	
1		Zeigen: Solarzelle	LV	Applet-2	
1	Tabelle	Motivation Messwerterfassung	LV		
5		Demonstration (gemeinsam): - Messwerterfassung	Plenum	GeoGebra	
4		Zeigen: Messwerterfassung	LV	Applet-3	
2	Abschluss	Rückblick: Was haben wir gelernt?	LV		

Ohne Pause 221min

Abb. 10.3: Verlaufsplan der zweiten Durchführung am 16.09.2024 mit eingetragenen Zeiten

## 10.4 Fragebögen

### 10.4.1 Diagramme

Ergänzend zu Abschnitt 7.2.

## 1. Vor dem Workshop

### 1.1 Bisherige Nutzung von GeoGebra

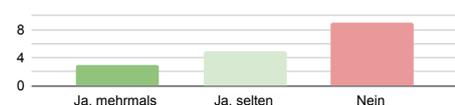
Hast du GeoGebra schonmal selbst genutzt?



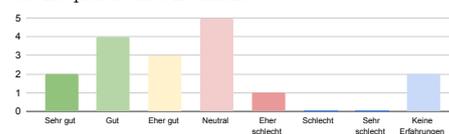
Hast du schonmal Geogebra im eigenen Unterricht (oder einer unterrichtsähnlichen Situation) genutzt?



Hast du schonmal in einem Unterricht oä hospitiert, in dem GeoGebra verwendet wurde?

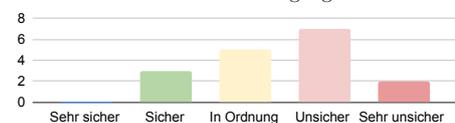


Wie sind deine Erfahrungen mit GeoGebra im eigenen oder hospitierten Unterricht?

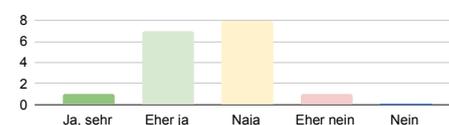


### 1.2 Umgang mit GeoGebra

Wie sicher fühlst du dich im Umgang mit GeoGebra?

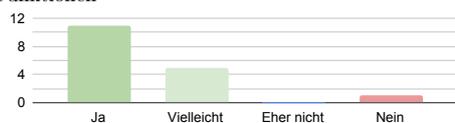


Hast du Spaß daran, GeoGebra zu nutzen?

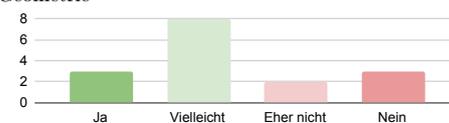


Kannst du einfache Veranschaulichungen in GeoGebra zu den jeweiligen Themen erstellen?

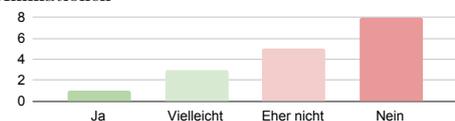
Funktionen



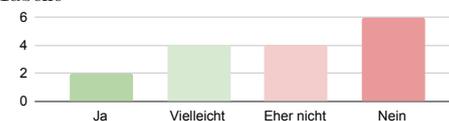
Geometrie



Animationen

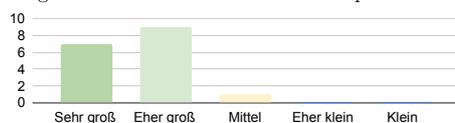


Tabelle



### 1.3 Interesse

Wie groß ist dein Interesse am Workshop?

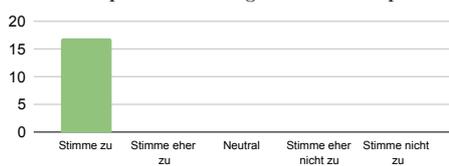


## 2. Nach dem Workshop:

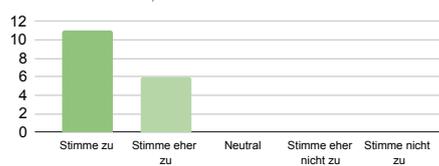
### 2.1 Feedback zum Workshop

#### 2.1.1 Allgemeines

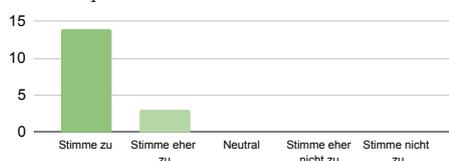
Der Workshop hatte eine angenehme Atmosphäre



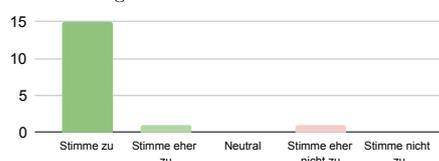
Ich wusste immer, was zu tun ist



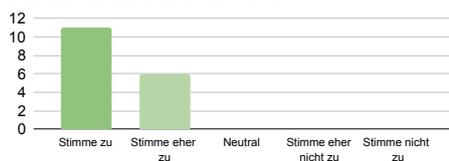
Ich hatte Spaß



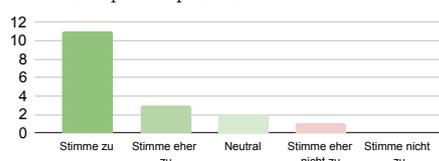
Ich habe viel gelernt



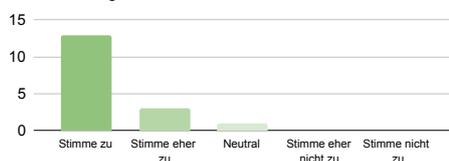
Ich konnte konzentriert arbeiten



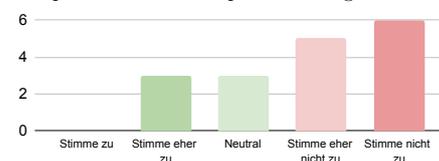
Der Workshop war spannend



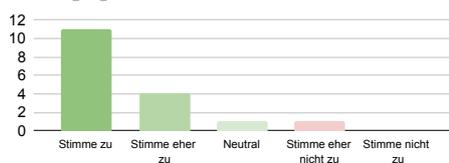
Der Workshop war bereichernd



Ich empfand den Workshop als anstrengend



Die Zeit ging schnell vorbei



### 2.1.2 Zeitliche Einschätzung

1: Einführung



2: Applets anpassen



3.1: Linse/ Geometrie



3.2: Schwebung/ Funktionen



3.3: Luftreibung/ Animation



Pausen



Erklärungen/ Demonstrationen zwischendurch

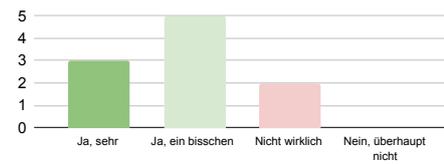


Zeit für den gesamten Workshop

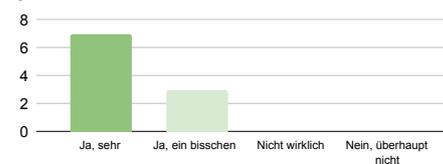


### 2.1.3 Physik-Studierende (N = 10)

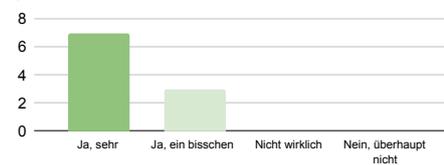
Empfindest du den physikalischen Inhalt als bereichernd?



Empfindest du die Applets als sinnvoll für den Physikunterricht?

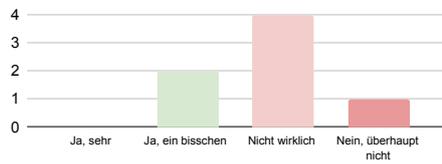


Empfindest du GeoGebra als gutes Werkzeug für den Physikunterricht?

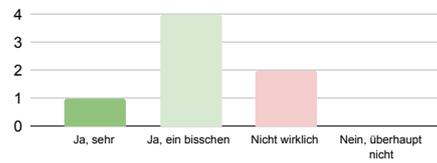


### 2.1.4 Nicht-Physik-Studierende ( $N = 7$ )

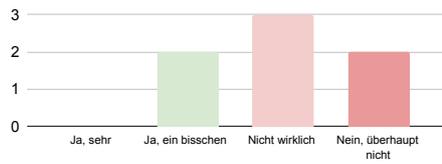
Empfandest du den physikalischen Inhalt als störend?



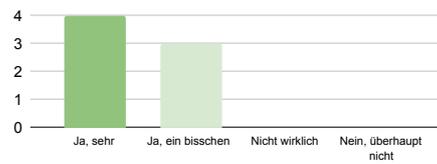
Waren die physikalischen Inhalte spannend?



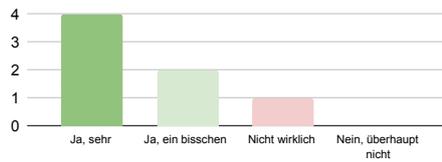
Hattest du Probleme im Workshop aufgrund des physikalischen Teils?



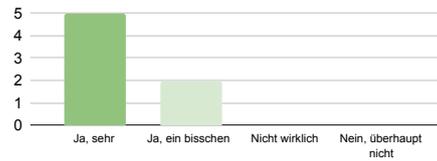
Gab es genug Hilfsmittel (bezogen auf den physikalischen Teil)?



Hattest du das Gefühl, „genug Mathematik“ in GeoGebra zu lernen?

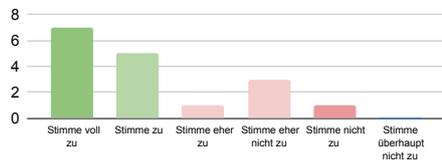


Lohnt sich der Workshop auch für Nicht-Physiker?



### 2.1.5 Bunte Hilfskarten

Die Karten waren hilfreich.



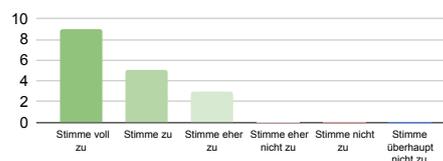
Die Informationen auf den Karten waren ausreichend zum Erstellen der Applets.



Die Karten sind auch nach dem Workshop ein gutes Hilfsmittel.



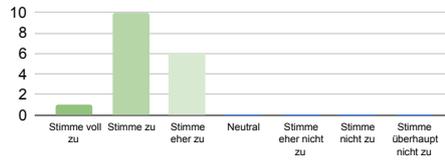
Ich werde die Karten auch nach dem Workshop noch nutzen, wenn/ falls ich GeoGebra verwende.



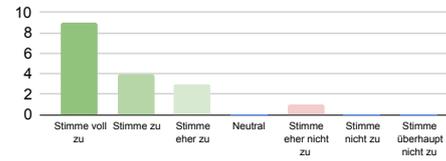
## 2.2 Lernerfolg und Motivation

### 2.2.1 Selbsteinschätzung: Ich fühle mich kompetent...

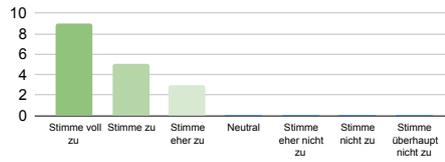
... im Umgang mit GeoGebra



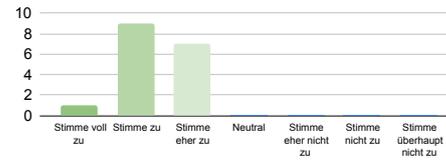
... passende Applets in GeoGebra zu finden



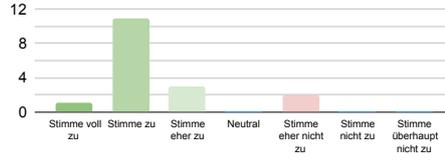
... vorhandene Applets leicht abzuändern



... selbst Applets zu erstellen

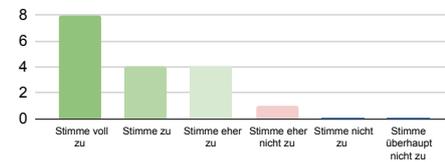


... GeoGebra im Unterricht einzusetzen



### 2.2.2 Nutzung

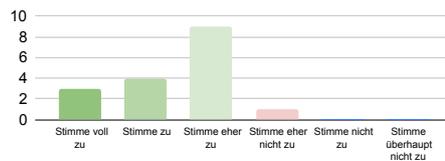
Bei Problemen weiß ich, wo ich nachgucken kann



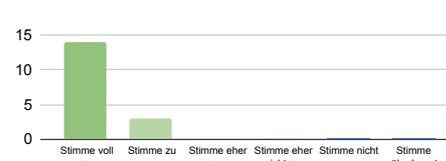
Ich werde (wahrscheinlich) GeoGebra im Unterricht benutzen



Ich werde (wahrscheinlich) selbst Applets erstellen



Der Aufbau des Workshops war sinnvoll



## 2.3 Freitext

Was nimmst du für dich mit aus dem Workshop?

- Größeres Verständnis für GeoGebra
- Viele unbekannte Funktionen neu gelernt. Es gibt sehr viele Möglichkeiten
- Wie man Animationen erstellen kann und dass man nicht immer ausversehen die Grafik verschiebt
- Datenerfassung, Animationen, Vektoren erstellen
- Bereitschaft mehr dinge in geogebra zu visualisieren
- Erstes GeoGebra KnowHow
- Ich habe sehr viel gelernt. Alles, was ich wissen wollte, wurde erklärt.
- Grundlagen auf denen ich aufbauen kann
- Ein besseres GeoGebra Verständnis
- Wie man Applets verändert bzw. selbst erstellt
- Wie man leicht Dinge in GeoGebra umsetzen kann.
- Man kann gute Dinge mit Geogebra machen aber z. B. Lichtbrechung an einer Linse kann man auch gut mit einem Lichtstrahl und einer echten Linse darstellen, falls die Schule solche Gerätschaften (noch) hat
- GeoGebra hat coole Funktionen, aber auch einige massive Macken einige für mich neue Möglichkeiten von GeoGebra
- GeoGebra hat coole Funktionen, wünschte mir manchmal mehr Stabilität der Applets.
- Experimentierlust im Erstellen von Applets und Hoffnung, diese auch gut in Tuts oder Mathe-/Physikunterricht zu verwenden

Wenn ich etwas ändern könnte:

- Demonstrationen etwas schneller (vor allem bei einfacheren Inhalten)
- Würde ich zu Beginn des Workshops (Applet 1) etwas detailliertere Anweisungen geben
- Schwierig etwas zu finden, fand es einen wirklich super guten Workshop
- Aktuell kein Vorschlag
- Exporteinstellungen der Applets :D
- Genauere Beschreibung der Befehle
- Ein Beispiel aus dem Matheunterricht (muss aber nicht sein)
- Überblick über alle (viele) Möglichkeiten die man mit Geogebra hat
- Vllt. mehr und dafür zeitlich kürzere Aufgaben.
- Nichts
- Größere Tische im Raum.
- Nichts
- mehr Zeit insgesamt
- Hilfekärtchen gerne digital, noch eine Zwischenpause
- Eventuell zu spezifisches Interesse, aber Applet zu 3d-Funktionen statt zu Schwebung.

Das war gut:

- Binnendifferenzierung
- Design, Anweisungen, Karten, viele Details
- Die farbigen Kärtchen sind eine super Idee
- Super entspannt, gute Inputs, individuelle Gestaltung mit Freiheiten möglich
- Das Experiment mit der Schwebung.
- Das du viel Zeit für Fragen hattest.
- Die Schritt für Schritt Anleitung.
- Die Karten, die Erklärungen, der Workshop insgesamt.
- Lockere Atmosphäre
- Fand den WS gesamt sehr gut ;)
- Alles
- Die Beispiele an bearbeiteten Applets.
- Hat gepasst
- Angenehme Teamarbeitsphasen und Stimmung.
- Struktur, gute Erklärungen, Karten als Hilfestellung
- Angenehme Selbstarbeitsphasen, gute Demonstrationen, kein Druck
- Letztes Applet kam als gute Zusammenfassung aller Skills rüber.
- Gute Abwechslung zwischen Selbstarbeiten und Demonstrationen/Erklärungen

### 10.4.2 Individuelle Antworten

Individuelle Antworten vor und nach dem Workshop zur Wirksamkeit des Workshops.

DAVOR	Kürzel	MAJE13	FRFR86	ANGE96	ILMI37	SAMA23	ESSE31	BIBE03
	Teilgenommen am Fach	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 2 nicht Physik	Workshop 2 nicht Physik	Workshop 2 nicht Physik
	Welche drei Gefühle verbindest du mit GeoGebra?	Verwirrung Ungewissheit Anstrengung	Verwirrung Interesse Eintauschung	interessant herausfordernd spannend	Neugierde Nachdenklichkeit Angst		Frustr. Ärger Ärger	Frustr Überraschung Erstaunen
Nutzung	Hast du GeoGebra schonmal selbst genutzt? Hast du schonmal GeoGebra im eigenen Unterricht (oder einer unterrichtsähnlichen Situation) genutzt? Hast du schonmal in einem Unterricht oä hospitiert, in dem GeoGebra verwendet wurde? Wie sind deine Erfahrungen mit GeoGebra im eigenen oder hospitierten Unterricht?	Ja Nein Nein Neutral	Ja Ja, mehrmals Ja, selten Sehr gut	Ja Nein Ja, selten Neutral	Ja Ja, selten Nein Eher schlecht	Ja Ja, mehrmals Ja, mehrmals Neutral	Ja Ja, mehrmals Ja, mehrmals Gut	Ja Nein Nein Keine Erfahrungen
Sicherheit und Spaß	Wie sicher fühlst du dich im Umgang mit GeoGebra? Hast du Spaß daran, GeoGebra zu nutzen?	In Ordnung Naja	Unsicher Naja	Sehr unsicher Naja	Sehr unsicher Eher ja	Sicher Naja	Sicher Naja	In Ordnung Eher nein
Kannst du einfache Veranschaulichungen in GeoGebra zu den jeweiligen Themen erstellen?	Funktionen mit Parametern Geometrische Konstruktion Bewegtes Objekt Tabellen	Ja Vielleicht Vielleicht Ja	Ja Nein Nein Nein	Vielleicht Eher nicht Eher nicht Eher nicht	Vielleicht Nein Nein Nein	Ja Ja Ja Vielleicht	Ja Ja Vielleicht Eher nicht	Ja Vielleicht Eher nicht Nein
Interesse	Wie groß ist dein Interesse am GeoGebra-Workshop?	Eher groß	Sehr groß	Eher groß	Sehr groß	Mittel	Eher groß	Eher groß
DANACH	Kürzel	MAJE13	FRFR86	ANGE96	ILMI37	SAMA23	ESSE31	BIBE03
	Teilgenommen am Fach	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 1 nicht Physik	Workshop 2 nicht Physik	Workshop 2 nicht Physik	Workshop 2 nicht Physik
Selbsteinschätzung	Ich fühle mich kompetent... ... im Umgang mit GeoGebra ... passende Applets in GeoGebra zu finden ... vorhandene Applets leicht abzuändern ... selbst Applets zu erstellen ... GeoGebra im Unterricht einzusetzen	Stimme zu Stimme eher zu Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme zu	Stimme zu Stimme zu Stimme voll zu Stimme zu Stimme zu	Stimme zu Stimme zu Stimme voll zu Stimme zu Stimme zu	Stimme zu Stimme zu Stimme zu Stimme zu	Stimme zu Stimme eher nicht zu Stimme eher zu Stimme eher nicht zu Stimme zu	Stimme eher zu Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme eher zu Stimme zu	Stimme eher zu Stimme zu Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme zu
Nutzung	Bei Problemen weiß ich, wo ich nachgucken kann Ich werde (wahrscheinlich) GeoGebra im Unterricht ben Ich werde (wahrscheinlich) selbst Applets erstellen	Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme eher zu	Stimme voll zu Stimme zu Stimme zu	Stimme zu Stimme voll zu Stimme voll zu Stimme zu	Stimme zu Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme eher zu	Stimme eher zu Stimme eher zu Stimme eher zu Stimme voll zu	Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme eher zu Stimme voll zu	Stimme eher zu Stimme zu Stimme eher zu Stimme eher zu

Abb. 10.4: Individuelle Antworten von Studierenden ohne Fach Physik

DAVOR	Kürzel	DAMA23	ALANS6	BAUM18	HIEU21	ANGU18	ANSE49	TTTT00	SIED33	BAHE16	MAAL08
	Teilgenommen am	Workshop 1	Workshop 1	Workshop 1	Workshop 1	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2
	Fach	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik
	Welche drei Gefühle verbindest du mit GeoGebra?	Spaß	Zufriedenheit (wenn es funktioniert)	Neugierde		Manchmal frustriert	Überforderung	Interesse	Neugierde	Freude	Entdeckungslust
		Unwohl	Neugierig	Freude		Manchmal inspiriert	Nützlichkeit	Unsicherheit	Interesse		Spaß
		Nützlich	...hoffentlich positive Überraschung nach dem Seminar...)	Spannung		Manchmal hoffnungsvoll	Verwirrung	Hoffnung	Motivation		Notwendigkeit, es zu beherrschen
Nutzung	Hast du GeoGebra schonmal selbst genutzt?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Hast du schonmal GeoGebra in eigenen Unterricht (oder einer unterrichtsähnlichen Situation) genutzt?	Ja, selten	Ja, mehrmals	Ja, selten	Nein	Ja, selten	Nein	Ja, selten	Nein	Ja, selten	Nein
	Hast du schonmal in einem Unterricht oä hospitiert, in dem GeoGebra verwendet wurde?	Nein	Nein	Ja, selten	Nein	Nein	Ja, selten	Ja, mehrmals	Nein	Ja, selten	Nein
	Wie sind deine Erfahrungen mit GeoGebra im eigenen oder hospitierten Unterricht?	Gut	Sehr gut	Neutral	Eher gut	Eher gut	Eher gut	Gut	Neutral	Gut	Keine Erfahrungen
Sicherheit und Spaß	Wie sicher fühlst du dich im Umgang mit GeoGebra?	In Ordnung	In Ordnung	Unsicher	Unsicher	Sicher	Unsicher	Unsicher	Unsicher	In Ordnung	Unsicher
	Hast du Spaß daran, GeoGebra zu nutzen?	Ja, sehr	Eher ja	Naja	Eher ja	Naja	Naja	Eher ja	Eher ja	Eher ja	Eher ja
Kannst du einfache Verschaulichungen in GeoGebra zu den jeweiligen Themen erstellen?	Funktionen mit Parametern	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Vielleicht	Vielleicht	Vielleicht	Nein	Ja
	Geometrische Konstruktion	Ja	Vielleicht	Vielleicht	Vielleicht	Vielleicht	Vielleicht	Eher nicht	Vielleicht	Nein	Nein
	Bewegtes Objekt	Nein	Nein	Vielleicht	Eher nicht	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Eher nicht
	Tabellen	Vielleicht	Nein	Nein	Vielleicht	Nein	Eher nicht	Vielleicht	Ja	Nein	Eher nicht
Interesse	Wie groß ist dein Interesse am GeoGebra-Workshop?	Sehr groß	Sehr groß	Eher groß	Eher groß	Eher groß	Eher groß	Sehr groß	Sehr groß	Eher groß	Sehr groß
DANACH	Kürzel	DAMA23	ALANS6	BAUM18	HIEU21	ANGU18	ANSE49	TTTT00	SIED33	BAHE16	MAAL08
	Teilgenommen am	Workshop 1	Workshop 1	Workshop 1	Workshop 1	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2	Workshop 2
	Fach	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik	Physik
Selbsteinschätzung	Ich fühle mich kompetent...										
	... im Umgang mit GeoGebra	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme eher zu
	... passende Applets in GeoGebra zu finden	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu
	... vorhandene Applets leicht abzuhändern	Stimme voll zu	Stimme zu	Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme zu
	... selbst Applets zu erstellen	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme zu
	... GeoGebra im Unterricht einzusetzen	Stimme voll zu	Stimme zu	Stimme zu	Stimme eher nicht zu	Stimme zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme zu	Stimme eher zu
Nutzung	Bei Problemen weiß ich, wo ich nachgucken kann	Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Stimme eher nicht zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme voll zu
	Ich werde (wahrscheinlich) GeoGebra im Unterricht benutzen	Stimme voll zu	Stimme voll zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme zu	Stimme voll zu	Stimme zu	Stimme zu	Stimme voll zu
	Ich werde (wahrscheinlich) selbst Applets erstellen	Stimme zu	Stimme zu	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu

Abb. 10.5: Individuelle Antworten von Studierenden mit Fach Physik