

## Interessenförderung zur Quantenphysik in einem Nebenfachpraktikum Physik

Sebastian Nell\*, Heidrun Heinke\*

\*RWTH Aachen University  
nell@physik.rwth-aachen.de, heinke@physik.rwth-aachen.de

### Kurzfassung

Das Inhaltsfeld der Quantentechnologie wird in den nächsten Jahrzehnten zentraler Bestandteil physikalischer Forschung weltweit sowie in Deutschland sein und damit auch in den Fokus der Nachwuchsförderung rücken. Vor diesem Hintergrund entwickelt das Schülerlabor Physik der RWTH Aachen SCIphyLAB gemeinsam mit dem Exzellenzcluster ML4Q (Matter and Light for Quantum Computing) Versuche zu grundlegenden quantenphysikalischen Phänomenen und bereitet diese so auf, dass sie sowohl von Schüler:innen als auch von Studierenden verschiedener nicht-physikalischer Studiengänge bearbeitet werden können. In den physikalischen Nebenfachpraktika können interessierte Studierende der Chemie, der Informatik und der Materialwissenschaften die entwickelten Versuche im Rahmen eines individuellen Förderangebots durchführen und ergänzend Forschungslabore zu dem Thema besuchen. Ziel ist es, das Interesse der Studierenden am Thema Quantentechnologien als zukunftssträftigem interdisziplinären Forschungsfeld zu wecken. Der Beitrag stellt neben dem Grundkonzept des Angebots auch Ergebnisse aus den ersten drei Durchläufen vor.

### 1. Motivation

In der heutigen Zeit gehört das Themengebiet der Quantenphänomene und ihrer technischen Nutzung zu den größten interdisziplinären Forschungsfeldern. Grundlagenforschung zum Quantencomputer oder anderen Quantentechnologien, ihre Weiterentwicklung und technische Nutzung sind zentrale Bestandteile aktueller Forschung, zu der u.a. Physikerinnen und Physiker wichtige Beiträge leisten. Die Breite der Forschungsaktivitäten und ihre Bedeutung werden auch daran ersichtlich, dass die Europäische Union im Rahmen ihres Flagship-Programms (vgl. Europäische Kommission 2023) im Oktober 2018 die Initiative Quantum Flagship unter anderem mit dem Ziel gestartet hat, „Europa zu einer dynamischen und attraktiven Region für innovative Forschung, Unternehmen und Investitionen in diesem Bereich zu machen“ (übersetzt nach Quantum Flagship). Gefördert wird die Initiative mit ca. 1 Mrd. € in einem Zeitraum von 10 Jahren (vgl. ebd.).

Die Finanzierung der Forschung an Quantentechnologien ist somit über lange Zeit gesichert. Um aber tatsächlich erfolgreich forschen zu können, müssen Menschen gewonnen werden, die die Forschung durchführen möchten und können. Daher ist es sehr wichtig, eine angemessene Ausbildung und Förderung im Bereich der Quantenphänomene und -technologien sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für Studierende anzubieten. Dabei sollten aufgrund der Interdisziplinarität des Forschungsfeldes Studierende nicht nur der Physik, sondern auch anderer MINT-Disziplinen angesprochen werden.

Vor diesem Hintergrund entwickelt das Schülerlabor Physik der RWTH Aachen, SCIphyLAB, aufbauend auf Vorarbeiten aus dem SFB 917 Nanoswitches und gemeinsam mit dem Exzellenzcluster Matter and Light for Quantum Computing, ML4Q, Versuche zu grundlegenden und weiterführenden quantenphysikalischen Phänomenen. Diese sollen sowohl mit Schülerinnen und Schülern mit Leistungskurs Physik als auch mit Studierenden nicht-physikalischer Studiengänge durchgeführt werden.

In diesem Beitrag wird ein Konzept für ein Angebot einer gezielten Interessenförderung vorgestellt, mit der das Interesse von Studierenden der Chemie, der Informatik und der Materialwissenschaften an Quantenphysik gefördert werden soll. Hierzu führen die Studierenden im Rahmen eines physikalischen Nebenfachpraktikums freiwillig quantenphysikalische Versuche durch und gewinnen außerdem erste Einblicke in Aspekte der aktuellen Forschung in dem Themengebiet. Im Beitrag werden das Grundkonzept des Angebots erläutert, die durchgeführten Experimente benannt und ausgewählte Ergebnisse aus den ersten drei Durchläufen vorgestellt.

### 2. Pädagogische Interessentheorie

Im Rahmen der Interessenförderung soll untersucht werden, inwiefern sich das Interesse der teilnehmenden Studierenden entwickelt (siehe Abschnitt 4). Eine zentrale Theorie im Bereich der Interessenforschung ist das Modell der Person-Gegenstands-Beziehung nach Prenzel, Krapp und Schiefele (vgl. Prenzel, Krapp & Schiefele 1986). Schiefele beschreibt diese als „eine Beziehung, in der [die Person] versucht,

erkennend, die Eigenart des Gegenstands verstehend, ihn sich zu erschließen und dabei selbst Bereicherung zu erfahren“ (vgl. Schiefele 1986, S. 156).

Dabei ist hier relevant, dass der Interessenbegriff auf zwei verschiedene Arten verstanden werden kann. Krapp beschreibt konkret die Unterscheidung zwischen Interesse als „persönlichkeitsspezifisches Merkmal des Lerner“ und Interesse als „einmaligen, situationspezifischen, motivationalen Zustand“ (vgl. Krapp 1992, S. 748). Zudem erläutert Krapp folgende Unterscheidung:

- Individuelles Interesse bzw. aktualisiertes Interesse bezeichnen ein persönlichkeitspezifisches Merkmal. Sie „beeinflussen das Handeln“ vor allem in der Freizeit einer Person und sorgen dafür, dass sich eine Person „ohne äußere Veranlassung“ mit einem (Lern-)Gegenstand beschäftigt (vgl. ebd., S. 748 – 749).

- Interessantheit bzw. situationales Interesse beschreiben hingegen eine Art des Interesses, welches „durch die interessante Aufbereitung des Lernstoffs ange-regt“ (Krapp 1998, S. 191) werden kann. Interessantheit beschreibt dementsprechend ein Merkmal des Lernstoffes (vgl. ebd., S. 749).

Nach Krapp stehen diese Merkmale in Relation zueinander, die Merkmale der Person (individuelles Interesse) bzw. der Lernumgebung (Interessantheit) können den motivationalen Zustand auslösen. Dies stellt Krapp wie in Abbildung 1 abgebildet dar (vgl. Krapp 1992, S. 749 f.).

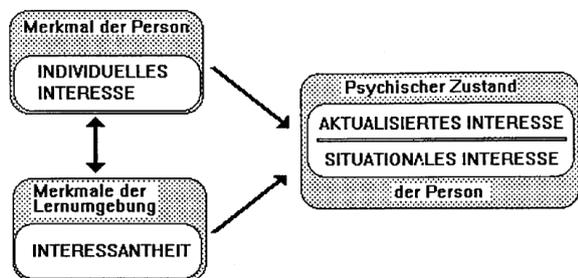


Abb.1: Darstellung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Merkmalen und Zuständen von Interesse (Krapp 1992, S. 750).

### 3. Rahmenbedingungen der Interessenförderung

Die Interessenförderung findet im Rahmen des physikalischen Nebenfachpraktikums statt. Das Praktikum selbst ist Teil des Moduls „Physik für Naturwissenschaftler, Mathematiker und Ingenieure“, welches verschiedene Studienfächer mit Nebenfach Physik abdeckt (vgl. z.B. Modulhandbücher der Fächer Chemie und Materialwissenschaften in RWTH Online). Ein typischer Ablauf des Moduls ist in Abbildung 2 dargestellt. Demnach hören die Studierenden zunächst zwei Semester lang Vorlesungen zur Physik, worauf ein physikalisches Nebenfachpraktikum folgt.



Abb.2: Darstellung des Ablaufs des Moduls „Physik für Naturwissenschaftler, Mathematiker und Ingenieure“ an der RWTH Aachen (vgl. Modulhandbücher der Fächer Chemie und Materialwissenschaften in RWTH Online).

### 3.1 Aufbau des physikalischen Nebenfachpraktikums an der RWTH Aachen

Die physikalischen Nebenfachpraktika an der RWTH Aachen sind in den Fächern Chemie, Materialwissenschaften und Informatik in Anlehnung an das traditionelle Praktikumskonzept nach Westphal aufgebaut (vgl. Westphal 1970). Die Studierenden werden in (je nach Teilnehmerzahl unterschiedlich viele) Kleingruppen von max. 8 Studierenden aufgeteilt. In diesen führen sie dann zunächst einen einführenden Versuch zu wesentlichen methodischen Lernzielen des physikalischen Praktikums durch. Je nach Praktikum schließen sich daran zwischen 10 und 12 Termine mit Versuchen zu verschiedenen Inhaltsfeldern (und teilweise speziellen Tutorien) an. Die Versuche betreffen hauptsächlich Themengebiete der klassischen Physik (z.B. Schwingkreis, Spektroskopie), gehen teilweise aber auch darüber hinaus (z.B. Michelson-Interferometrie, Röntgenanalysen).

Die Lernziele im physikalischen Praktikum liegen sowohl auf inhaltlicher als auch auf methodischer Ebene:

- Die Studierenden sollen die ausgewählten Inhalte der einzelnen Versuche verstehen, vertiefen und ihr Fachwissen durch die Beobachtung der Effekte und Phänomene sowie die Auswertung der erhobenen Daten festigen.

- Die Studierenden sollen lernen, wie die Durchführung und Auswertung von Versuchen in der Physik prototypisch ablaufen. Hierzu beschreiben sie Messunsicherheiten sowohl qualitativ als auch formal-mathematisch. Sie schätzen Messunsicherheiten ab, nutzen die Verfahren der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung sowie der linearen Regression und können so aus erhobenen Daten Ergebnisse ableiten und deuten.

### 3.2 Aufbau des Angebots zur Interessenförderung

Die Lernziele in Physikpraktika und der teils limitierte Erfolg beim Erreichen dieser Ziele ist Gegenstand jahrzehntelanger Diskussionen sowohl unter Lehrenden als auch unter Vertreter:innen der Fachdidaktik (siehe z.B. Neumann 2004, Schwarz et. al. 2013, Rehfeldt 2017, Fricke 2018). In physikalischen Nebenfachpraktika sehen sich die Lehrenden bei den teilnehmenden Studierenden zusätzlich mit einer hohen Heterogenität bzgl. des physikalischen und experimentellen Vorwissens sowie der Motivation für die Aufgaben im Praktikum konfrontiert. Manche Studierende hatten in der Schule Physik im Leistungskurs und haben demnach sowohl eine tendenziell höhere physikalische Grundbildung als

auch ein stärkeres individuelles Interesse an Physik. Andere Studierende haben dagegen nach der Mittelstufe Physik abgewählt oder wurden (zum Teil mangels Lehrkräften) fast gar nicht in Physik unterrichtet. Da die Praktikumsaufgaben so konzipiert sind, dass auch Studierende ohne ausgeprägtes physikalisches Vorwissen diese bewältigen können, kann damit eine Unterforderung besonders leistungsfähiger und/oder motivierter Studierender einhergehen, die im Verlauf des Praktikums zumindest bezüglich der methodischen Lernziele zunehmen kann.

Vor diesem Hintergrund setzt die Interessenförderung von geeigneten Studierenden zu quantenphysikalischen Themen an. Sie adressiert Studierende, die die methodischen Lernziele des Praktikums bereits früh im Semester erreichen und die Interesse an einer Beschäftigung mit dem Thema Quantenphysik haben. Letzteres ist Voraussetzung, weil sich die Studierenden nach wenigen Praktikumsterminen freiwillig zur Teilnahme an dem Angebot anmelden und dabei ihren Wunsch an einer Teilnahme auch kurz motivieren müssen. Durch die Sichtung der von den interessierten Studierenden bereits erstellten Versuchsberichte und ein sogenanntes Kompetenzgespräch wird sichergestellt, dass die betroffenen Studierenden wichtige methodische Lernziele des Praktikums früh in dessen Verlauf bereits erreicht haben. Ist dies der Fall, werden für die Studierenden die zu diesem Zeitpunkt noch verbleibenden sechs Termine des Praktikums modifiziert. Hierbei werden einerseits die typischen Praktikumsversuche durch vier spezielle Versuche ersetzt, die grundlegende Phänomene der Quantenphysik behandeln. Das Angebot wurde unter der wichtigen Maßgabe entwickelt, dass der gesamte Zeitaufwand für den modifizierten Teil des Praktikums den typischen Aufwand für die ersetzten Versuche nicht wesentlich übersteigen soll. Konkret werden dabei die folgenden Themen behandelt:

**Eindimensionaler Potentialtopf:** Die Studierenden führen einen Analogieversuch zum eindimensionalen Potentialtopf unter Nutzung von Schallwellen durch.

**Tunneleffekt:** Die Studierenden lernen eine Anwendung des Tunneleffektes, die Rastertunnelmikroskopie, kennen. Sie bestimmen eine Gitterkonstante von Graphit.

**Welle-Teilchen-Dualismus:** Die Studierenden führen ein Doppelspaltexperiment mit wenigen Photonen durch und beobachten den Welle-Teilchen-Dualismus und die Wahrscheinlichkeitsverteilung dieser Quantenobjekte.

**Hong-Ou-Mandel Effekt:** Die Studierenden führen ein Einzelphotonen-Experiment zur Ununterscheidbarkeit von Photonen durch. In diesem Versuch wird neben dem namensgebenden Effekt auch die (Polarisations-)Verschränkung von Photonen behandelt und durch die Studierenden exemplarisch vermessen.

**Kurz-Workshop zur Programmierung von Quantencomputern (nur für Studierende der Informatik):** Die Studierenden lernen wesentliche Aspekte des Arbeitens mit Quantencomputern kennen. Sie erarbeiten grundlegende Operationen mit Qubits wie UND, ODER, Addition und weitere. Das Ganze wird ergänzt durch Einblicke in den Aufbau und die Funktionsweise von Quantencomputern.

**Laborführungen:** Die Studierenden erhalten Einblicke in aktuelle Forschung an der Entwicklung von Quantencomputern. Die genaue Thematik der Führungen wird kurz vorher durch die beteiligten Arbeitsgruppen festgelegt.

#### 4. Forschungsfragen und Testinstrumente

Die Entwicklung der Interessenförderung zu quantenphysikalischen Phänomenen und ihre Evaluierung stehen insbesondere unter zwei Leitfragen für die Forschung:

1. Wie gelingt es, unter den Rahmenbedingungen eines Physik-Nebenfachpraktikums Studierende an Themen der modernen interdisziplinären physiknahen Forschung im Themenfeld von Quantenphänomenen heranzuführen?

2. Inwiefern entwickelt sich durch die Förderung das Interesse von Studierenden mit Nebenfach Physik an Quantenphänomenen und -technologien?

Zur Beantwortung dieser Fragen können verschiedene Daten herangezogen werden, die im Rahmen der Interessenförderung entstehen. Dies sind:

Kurze Motivationsschreiben der Teilnehmenden (vor Beginn der Intervention): Nach der Vorstellung des Projekts zu Beginn des Semesters melden sich die Studierenden freiwillig zum Projekt an. Im Rahmen der Interessenbekundung schreiben sie maximal eine halbe Seite über ihre Motivation zur Teilnahme am Projekt.

Das Kompetenzgespräch dient in seinem Kern dazu, mit den Studierenden über das physikalische Grundverständnis der Studierenden insbesondere bzgl. des Vorgehens beim Experimentieren sowie des Umgangs mit Messunsicherheiten zu sprechen, betrifft aber am Rande auch die Motivation der Studierenden zur Teilnahme an dem Angebot.

Zu jedem der vier oben genannten Praktikumsversuche formulieren die Studierenden Antworten auf Vor- und Nachbereitungsfragen, welche die Erwartungen der Studierenden zum jeweiligen Thema sowie die wahrgenommene Relevanz des Themas erfassen sollen. Konkret werden folgende Fragen gestellt:

Vor dem Versuch:

1. Was erwarte ich vom heutigen Versuch?
2. Was verbinde ich an diesem Versuch mit Quantentechnologien?

Nach dem Versuch:

3. Inwiefern wurden meine Erwartungen zum heutigen Versuch erfüllt?

4. Inwiefern wurde durch diesen Versuch mein Wissen / Verständnis von Quantentechnologien vertieft?

Nach Ende des Projekts nehmen die Studierenden an einem Interview teil, in dem sie über ihre Motivation zur Teilnahme an dem Angebot, ihre Wahrnehmung des Projekts während der Durchführung und nach seinem Abschluss berichten sowie erläutern, inwiefern sie eine weitere Beschäftigung mit dem Inhaltsfeld quantenphysikalischer Phänomene und deren technologischer Nutzung in der Zukunft für sich in Betracht ziehen.

Während der Durchführung des Projekts wird ein Fragebogen an Praktikusteilnehmer:innen der adressierten Studiengänge ausgegeben, die nicht am Projekt teilgenommen haben. Diese Studierenden beantworten zwei Freitextfragen:

1. Inwiefern hat die Vorstellung des Projektes zur Quantenphysik Ihr Interesse geweckt?
2. Wieso haben Sie sich gegen eine Teilnahme entschieden?

In dieser Veröffentlichung liegt der Fokus auf den Untersuchungen zur Forschungsfrage 1, die nachfolgend genauer betrachtet wird. Sie thematisiert die Rahmenbedingungen der praktischen Umsetzung der Interessensförderung ebenso wie ihre Umsetzbarkeit. Dabei muss zu einer vollumfänglichen Beantwortung dieser Frage eine Betrachtung der Interessensförderung sowohl aus Sicht der Dozierenden als auch aus der Perspektive der Studierenden erfolgen. Diese Betrachtung

umfasst dabei die folgenden Teilaspekte:

**Praxistauglichkeit:** Dieser Aspekt ist aus beiden Perspektiven zu betrachten. Die Interessensförderung muss sowohl im Arbeitsalltag der Anbieter wie auch im Studienalltag der Adressaten routinemäßig durchführbar sein. Im vorliegenden Fall muss das Angebot zu den Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung des physikalischen Nebenfachpraktikums passen und darf den Ablauf des Praktikums nicht beeinträchtigen.

**Nachhaltigkeit:** Aus Sicht der Dozierenden muss die Interessensförderung im Rahmen des physikalischen Nebenfachpraktikums bei moderatem zeitlichen Aufwand von Betreuenden durchführbar sein, damit das Angebot nachhaltig gestaltet werden kann.

**Interessantheit:** Aus Sicht der Studierenden muss die Interessensförderung hinreichend attraktiv sein, da das Angebot aufgrund seiner Freiwilligkeit nur so zustande kommt. Die Attraktivität betrifft dabei sowohl Aspekte der inhaltlichen Ausrichtung der Förderung, den (wahrgenommenen) Schwierigkeitsgrad als auch den zu erwartenden Zeitaufwand im Vergleich zum regulären physikalischen Nebenfachpraktikum.

**Relevanz des Angebots und speziell der Versuche für das Inhaltsfeld und ggfs. berufliche Perspektiven der Teilnehmenden:** Aus Sicht der teilnehmenden Studierenden sollten die angebotenen Versuche

wahrnehmbar mit dem Gebiet der Quantenphysik bzw. Quantentechnologien verbunden sein. Die Studierenden sollten also eine Relevanz der Versuche für dieses Inhaltsfeld und ggfs. auch ihre eigenen beruflichen Perspektiven erkennen.

### 5. Rahmendaten der Untersuchung

Wichtige Meilensteine im zeitlichen Ablauf der Entwicklung der Interessensförderung zu quantenphysikalischen Phänomenen und ihrer Evaluation waren:

WS 21/22: Erste Durchführung der Interessensförderung zur Erprobung des grundlegenden Konzeptes. Die Förderung wurde im physikalischen Nebenfachpraktikum Chemie durchgeführt, wobei 16 Plätze zur Verfügung standen.

SS 22: Die Interessensförderung wurde zum zweiten Mal durchgeführt und dabei in wenigen organisatorischen Punkten verändert. Zudem wurden die oben beschriebenen Datenerhebungen erprobt. Die Förderung wurde in den physikalischen Nebenfachpraktika für Studierende der Informatik und Materialwissenschaften durchgeführt, wobei jeweils 8 Plätze zur Verfügung standen.

WS 22/23: Die Instrumente für die Datenerhebungen wurden in überarbeiteter Version erprobt. Weiterhin wurde die Information der Studierenden über das Angebot zur Interessensförderung am Anfang des Praktikums verändert. Die Durchführung fand aber wie bei den vorigen Kohorten statt (in diesem Semester erneut im physikalischen Nebenfachpraktikum für Chemie-Studierende mit 16 verfügbaren Plätzen).

Tabelle 1 zeigt die Anzahl an Teilnehmenden in den benannten Semestern und Praktika. Weitere Durchführungen der Interessensförderung sind für die Semester SS 23, WS 23/24 und SS 24 geplant.

**Tab.1:** Auflistung der Semester und der physikalischen Nebenfachpraktika, in denen die Interessensförderung stattgefunden hat. Angegeben sind die Gesamtzahl an Studierenden im Praktikum sowie die Anzahl an Teilnehmenden an dem Förderangebot.

	Studierende im Praktikum	Davon im Förderangebot
WS 21/22 Chemie	80	7
SS 22 Informatik Materialwiss.	32 16	2 4
WS 22/23 Chemie	99	14

### 6. Ergebnisse zu Forschungsfrage 1

Im Folgenden werden die zu Forschungsfrage 1 erzielten Ergebnisse auf der Basis der Daten aus den bisher durchlaufenen drei Semestern vorgestellt. Hierbei erfolgt zunächst kurz die Beschreibung, wie

die Durchläufe aus Sicht der Dozierenden erfolgt sind. Im Anschluss wird ausführlich auf die Rückmeldungen von Studierenden eingegangen.

### 6.1 Teilaspekte aus Sicht der Dozierenden

Aus Sicht der Dozierenden sind zwei Teilaspekte zu betrachten:

Die Praxistauglichkeit der Förderung ist nach den bisherigen Erfahrungen gegeben. Das Förderangebot ist bereits drei Semester lang erfolgreich durchgeführt worden, wobei die Organisation der einzelnen Termine im Laufe dieser Zeit mit geringer werdendem Zeitaufwand verbunden war.

Die Nachhaltigkeit des entwickelten Förderangebots kann derzeit noch nicht abschließend bewertet werden, da die Durchführung zurzeit noch im Rahmen einer befristeten Projektstelle organisiert wird. Es wird in Kürze erprobt werden, ob die Organisation der Förderung durch eine studentische Hilfskraft gelingt.

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass die Rate der Teilnehmenden an der Förderung je nach Semester stark schwankt. Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit ist daher die Frage zu stellen, ob bei zukünftigen Durchführungen eine Mindestteilnehmerzahl vorgegeben wird, um ineffiziente Betreuungsverhältnisse zu vermeiden.

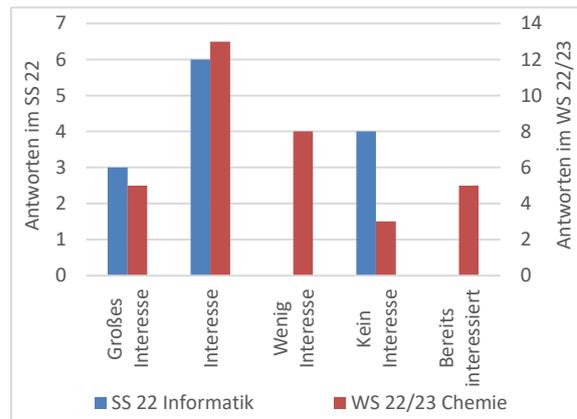
### 6.2 Interessantheit und Praxistauglichkeit aus Sicht der Studierenden

Die Tabelle 1 mit den Teilnehmerzahlen liefert auch erste Indizien zur Bewertung der Praxistauglichkeit sowie der Interessantheit des Angebots aus Sicht der Studierenden. Zum Beispiel haben im SS 22 nur 2 von 32 Studierenden der Informatik an dem Angebot teilgenommen. Als daraufhin der Workshop zur Programmierung von Quantencomputern für alle Praktikumsteilnehmer geöffnet wurde, haben an diesem Einzeltermin 20 Studierende teilgenommen.

Um die Beurteilung der Attraktivität des Angebots aus Studierendensicht besser verstehen zu können, wurde in den physikalischen Nebenfachpraktika für Studierende der Informatik im SS 22 sowie für Chemie-Studierende im WS 22/23 der in Abschnitt 4 beschriebene Fragebogen zur Erfassung von Interessantheit und Praxistauglichkeit des Förderangebots an alle Studierenden der jeweiligen physikalischen Nebenfachpraktika ausgegeben, die nicht an der Interessensförderung teilgenommen haben. Im SS 22 haben 22 Studierende den Fragebogen ausgefüllt, im WS 22/23 40 Studierende.

Zunächst wurden die Studierenden in einer offenen Fragestellung gefragt, inwiefern nach der Vorstellung des Förderangebots Interesse an einer Teilnahme bestand. Die Freitext-Antworten der Studierenden wurden mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse nach Mayring (vgl. Mayring 1991) analysiert. Im WS 22/23 beinhalten 34 von 40 Antworten Formulierungen wie „großes Interesse“ oder „wenig Interesse“ und können daher entsprechenden

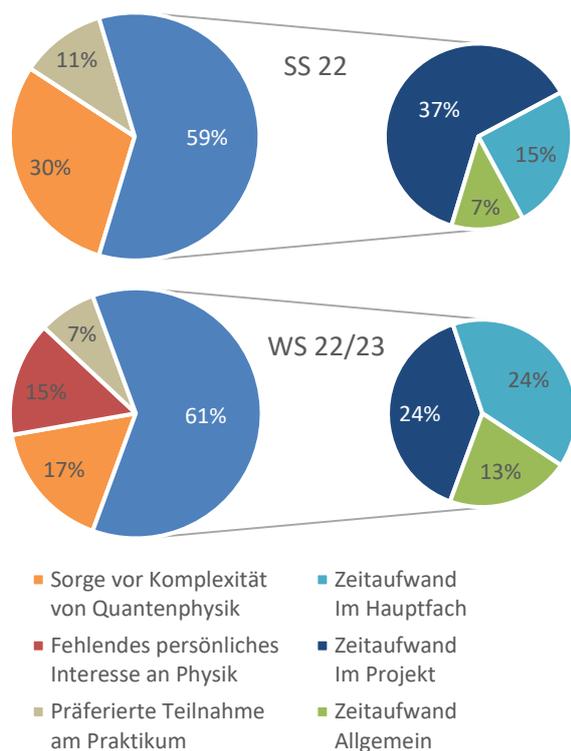
Kategorien zugeordnet werden. Im SS 22 beinhalten 13 von 22 Antworten Formulierungen dieser Art. Die Zuordnung aller Antworten ist in Abbildung 3 dargestellt.



**Abb.3:** Darstellung der Kategorisierung von Antworten zur Freitextfrage „Inwiefern hat die Vorstellung des Projektes zur Quantenphysik Ihr Interesse geweckt?“ von Studierenden der Informatik im SS 22 (linke Achse) sowie Studierenden der Chemie im WS 22/23 (rechte Achse).

Wie aus der Abbildung hervorgeht, haben 18 Studierende der Chemie geäußert, dass Interesse oder großes Interesse an dem Projekt geweckt wurde. Dies entspricht einem Anteil von über 50% aller Antworten. Zusammen mit den Studierenden, die bereits vorher Interesse an dem Thema des Projekts hatten (Kategorie: Bereits interessiert), ergibt sich eine Zahl von 23 Studierenden und damit ein Anteil von über zwei Drittel derjenigen Studierenden, die den Fragebogen ausgefüllt haben, als prinzipielle weitere Adressaten des Angebots. Die Teilnehmenden am Projekt sind hier noch nicht enthalten.

Bezüglich der Interessantheit ist also festzuhalten, dass ein großer Anteil der Studierenden im physikalischen Nebenfachpraktikum Chemie im WS 22/23 eine Teilnahme erwogen hat. Für das Nebenfachpraktikum Informatik im SS 22 ergeben sich vergleichbare Zahlen aus der Fragebogenerhebung. Die Diskrepanz zu den tatsächlichen Teilnehmerzahlen lässt vermuten, dass die Praxistauglichkeit des Angebots zur Interessensförderung durch die Studierenden als problematisch wahrgenommen wurde. Um dies differenziert betrachten zu können, wurden die Studierenden nach den Gründen gefragt, weshalb sie sich gegen eine Teilnahme entschieden haben. Auch hier wurden Freitextantworten mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse nach Mayring (vgl. Mayring 1991) analysiert, wobei die Antworten einzelner Studierender in mehreren Kategorien erfasst sein können. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 4 für das Praktikum Informatik im SS 22 und für das Praktikum Chemie im WS 22/23 dargestellt.



**Abb.4:** Darstellung der Kategorisierung von Antworten zur Freitextfrage „Wieso haben Sie sich gegen eine Teilnahme [am Projekt] entschieden?“, die Studierenden im physikalischen Nebenfachpraktikum Informatik im SS 22 sowie Studierenden im physikalischen Nebenfachpraktikum Chemie im WS 22/23 gestellt worden ist. Das blaue Segment in den linken Kreisen stellt die Oberkategorie „Zeitaufwand“ dar, die im rechten Kreis jeweils weiter aufgeschlüsselt wird.

Bemerkenswert sind die teilweise großen Ähnlichkeiten in den Antworten der Studierenden der beiden Semester. In beiden Fällen geben ca. 60% einen Grund an, welcher der Oberkategorie „Zeitaufwand“ zugeordnet werden kann. Weitere häufig genannte Gründe, sich nicht zur Teilnahme zu melden, wurden in der Kategorie „Sorge vor Komplexität von Quantenphysik“ zusammengefasst. Hier finden sich Antworten wie die Sorge, die Versuchsinhalte nicht verstehen zu können, oder die Befürchtung, nicht mit den anderen Teilnehmenden mithalten zu können.

An zwei Stellen unterscheidet sich das Antwortverhalten der Studierenden zwischen den beiden Semestern und damit auch den Studienfächern der Studierenden:

- Von den Studierenden der Informatik hat niemand „Fehlendes persönliches Interesse an Physik“ angegeben, dagegen 15% der Studierenden der Chemie. Hintergrund dieser Beobachtung ist, dass das Nebenfachpraktikum Physik im Chemie-Studium für alle Studierenden eine Pflichtveranstaltung ist, während sich die Studierenden der Informatik im

Rahmen des Wahlpflichtbereichs freiwillig für die Teilnahme am Praktikum entschieden haben.

- Der Anteil der Studierenden, die explizit einen zu hohen „Zeitaufwand im Hauptfach“ angeben, ist bei den Studierenden der Chemie deutlich höher als bei den Studierenden der Informatik. Dies liegt vermutlich auch daran, dass parallel zum physikalischen Nebenfachpraktikum im selben Semester verschiedene Praktika in der Chemie wie das Praktikum zur anorganischen Chemie durchgeführt werden. Darauf lassen typische Antworten wie „Ich habe nicht teilgenommen, da das aktuelle Hauptpraktikum zu viel Zeit beansprucht hat [...]“ schließen.

### 6.3 Folgerungen aus den Fragebogenerhebungen

Aus den Antworten der Studierenden kann geschlossen werden, dass das Angebot zur Interessenförderung im Bereich der Quantenphysik seinen Adressaten offenbar Interessantheit bietet. Allerdings scheinen auch prinzipiell interessierte Studierende insbesondere aufgrund des befürchteten Zeitaufwandes im Projekt oder aufgrund des benötigten Zeitaufwandes im Hauptfach vor einer Teilnahme zurückzuschrecken. Weiterhin wird die Quantenphysik als komplexes Thema wahrgenommen, was ebenfalls als Grund für die Nicht-Teilnahme genannt wurde.

Es gilt also daran zu arbeiten, dass die Praxistauglichkeit des Angebots zur Interessenförderung aus Sicht der Studierenden zum Zeitpunkt der Entscheidung für oder gegen eine Teilnahme an dem Angebot positiver bewertet wird. Zentrale Bedeutung kommt hierbei der Präsentation des Förderangebots vor den Studierenden am Anfang des Semesters zu. Das Angebot zur Interessenförderung ist so konzipiert, dass Studierende auch ohne Vorwissen und -erfahrungen zur Quantenphysik teilnehmen können. Die Teilnahme soll zudem mit keinem erhöhten Zeitaufwand im Vergleich zum regulären physikalischen Nebenfachpraktikum verbunden sein. Tatsächlich haben die Studierenden, die in den ersten drei Durchläufen an der Interessenförderung teilgenommen haben, jeweils in Feedbackrunden zu den einzelnen Versuchen bestätigt, dass der Schwierigkeitsgrad der Versuche aus ihrer Sicht angemessen ist und keine zusätzliche Zeit zur Vorbereitung nötig war. Hieraus ist zu schließen, dass die angestrebte Praxistauglichkeit aus der Studierendenperspektive zwar gegeben ist. Allerdings scheinen die Informationen der Studierenden im Vorfeld der Interessenförderung die Sorgen der Studierenden noch nicht hinreichend zu berücksichtigen, weshalb die Studierenden die Praxistauglichkeit als problematisch wahrgenommen haben.

Deshalb wurde die Präsentation des Angebots zur Interessenförderung insofern überarbeitet, dass die von den Studierenden in den Fragebogenerhebungen geäußerten Sorgen bereits bei der Vorabinformation zum Angebot direkt thematisiert werden. Einige

Aspekte in den Informationen der Studierenden zum Angebot sind zwischen dem Sommersemester 22 und dem Wintersemester 22/23 bereits geändert worden. Dass in diesem Wintersemester die Rate der teilnehmenden Studierenden gegenüber dem Vorjahr gestiegen ist (siehe Tab. 1), kann mit diesen Änderungen zusammenhängen.

Die Teilnehmerzahlen und Begründungen für eine Nicht-Teilnahme werden mithilfe des skizzierten Fragebogens auch in den weiteren Durchläufen erfasst, um zu evaluieren, inwiefern eine Verbesserung in der Wahrnehmung der Praxistauglichkeit erreicht werden konnte.

### 7. Zusammenfassung und Ausblick

Seit dem WS 21/22 wird in den physikalischen Nebenfachpraktika für Studierende der Chemie, der Informatik und der Materialwissenschaften eine Interessenförderung zur Quantenphysik angeboten. Die Studierenden, die am physikalischen Praktikum teilnehmen, können dabei freiwillig an alternativen Versuchen zu grundlegenden Phänomenen der Quantenphysik sowie an einer Führung durch Forschungslabore im Bereich der Entwicklung von Quantencomputern teilnehmen.

Das Angebot zur Interessenförderung ist hierbei so konzipiert, dass gegenüber der regulären Ausbildung im Nebenfach Physik kein zusätzlicher zeitlicher Aufwand entsteht. Zudem werden die Versuche so gewählt bzw. ausgestaltet, dass die Studierenden für die Teilnahme kein Vorwissen benötigen und der Schwierigkeitsgrad für das physikalische Nebenfachpraktikum angemessen ist.

Im Rahmen der Entwicklung und Evaluation des Angebots werden zwei Leitfragen bearbeitet, wobei die erste auf praktische Aspekte der Entwicklung und Durchführung der Interessenförderung eingeht und die zweite Leitfrage didaktische Forschung zur Förderung von Interesse (hier am Themenfeld der Quantentechnologien) in den Mittelpunkt stellt.

In diesem Beitrag werden Ergebnisse hinsichtlich der ersten Forschungsfrage aus den ersten drei Durchläufen der Interessenförderung vorgestellt, wobei die Perspektiven sowohl der Dozierenden als auch der Studierenden berücksichtigt werden.

Aus Sicht der Dozierenden hat sich das Angebot zur Interessenförderung als praxistauglich erwiesen, da eine weitestgehend reibungslose Durchführung des Förderangebots gelingt. Dies gilt zumindest unter den Rahmenbedingungen eines moderaten Einsatzes zusätzlicher Personalressourcen im Rahmen einer Projektförderung. Inwiefern das Angebot auch im laufenden Betrieb des Praktikums langfristig und damit nachhaltig gestaltet werden kann, ist noch zu prüfen.

Aus Sicht der Studierenden bietet das Angebot zur Interessenförderung Interessantheit, sodass sich viele eine Teilnahme aus inhaltlicher Sicht vorstellen können. Allerdings äußern viele Studierende unter den

Randbedingungen einer Nebenfachausbildung Physik auch Bedenken hinsichtlich des befürchteten Zeitaufwandes für das Förderangebot, benennen einen zu hohen Zeitaufwand in ihrem Hauptfach als Hinderungsgrund für eine Teilnahme oder trauen sich die Teilnahme aufgrund eines wahrgenommenen hohen Schwierigkeitsgrades nicht zu.

Aus Sicht der Teilnehmenden an der Interessenförderung bleibt der Zeitaufwand auf einem Niveau mit dem im regulären physikalischen Nebenfachpraktikum benötigten Zeitaufwand und erscheint somit angemessen. Zudem bewerteten die Teilnehmenden auch den Schwierigkeitsgrad der durchgeführten Versuche als angemessen.

Hieraus folgt, dass die Praxistauglichkeit des Angebots aktuell differenziert bewertet werden muss: Teilnehmende Studierende beurteilen sie positiv, aber viele potentielle weitere Adressaten fühlen sich durch einen falschen Erwartungshorizont bezüglich des Zeitaufwands und des fachlichen Niveaus abgeschreckt.

Ausblickend muss daher die Information der Studierenden zur Interessenförderung dahingehend weiter überarbeitet werden, dass die Studierenden einen realistischen Einblick in den zeitlichen Aufwand und das erwartbare fachliche Niveau des Angebots erhalten. Neben der Weiterentwicklung der eingesetzten Versuchsaufbauten und -anleitungen wird in zukünftigen Durchführungen zudem die Untersuchung der Relevanz der Versuche aus Studierendensicht sowie die tatsächlich erzielte Entwicklung des Interesses an dem Themenfeld der Quantenphysik und -technologie in den Fokus rücken.

### 8. Literatur

- Europäische Kommission (29.03.23): <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/flagships> Stand (05/2023)
- Fricke, A. (2018). Interaktive Skripte im Physikalischen Praktikum. Entwicklung und Evaluation von Hypermedien für die Nebenfachausbildung. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 38 (1992) 5, S. 747 – 770.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht (PEU) 44 (1998) 3, S. 185 – 201.
- Mayring, P. (1991). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Flick, U., v. Kardoff, E., Keupp, H., van Rosentiel, L., & Wolff, S. (Hrsg.). Handbuch qualitative Forschung: Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen (S.209 – 213). München: Beltz.

Neumann, K. (2004): Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In Niedderer, Fischler (Hrsg.): Studien zum Physiklernen, Bd. 38, Logos Verlag Berlin.

Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986) 2, S. 163 – 173.

Quantum Flagship:

<https://qt.eu/about-quantum-flagship/>

Stand (05/2023)

Rehfeldt, D. (2017). Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika. Berlin: Logos Verlag Berlin.

Schiefele, H. (1986). Interesse. Neue Antworten auf ein altes Problem. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986) 2, S. 153 – 162.

Schwarz, I., Effertz, C., & Heinke, H. (2013). Entwicklung eines Physikpraktikums für Biologie-studierende -der Umgang mit Messunsicherheiten. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Abgerufen von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/479>

Westphal, W. H. (1970). Physikalisches Praktikum (13. Aufl.). Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.

### **Danksagung**

Wir bedanken uns bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung wichtiger Vorarbeiten im Rahmen des SFB 917 sowie die fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Exzellenzcluster Matter and Light for Quantum Computing (ML4Q).