

**Gute wissenschaftliche Praxis
bei wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten
in der Physik**

Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik

www.kfp-physik.de

18. Mai 2016

Vorbemerkung

Seit einigen Jahren wird nicht nur wissenschaftsintern, sondern auch in der breiten Öffentlichkeit verstärkt diskutiert, welchen wissenschaftlichen und wissenschaftsethischen Standards wissenschaftliche Qualifikationsarbeiten genügen müssen.

Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) begrüßt diese Diskussion. Allerdings ist die Frage nach solchen Standards komplexer, als es die meist angeführten Beispiele offensichtlichen wissenschaftlichen Fehlverhaltens suggerieren. Wissenschaftliche und wissenschaftsethische Standards basieren auf allgemeingültigen Grundsätzen. Sie können jedoch von Fach zu Fach verschieden akzentuiert und in ihrer Umsetzung im Lauf der Zeit auch Veränderungen unterworfen sein.

Eine adäquate Beurteilung von Verstößen gegen die gute wissenschaftliche Praxis im Rahmen von Qualifikationsarbeiten erfordert es, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit tatsächlich geübte gute wissenschaftliche Praxis in ihrer fachwissenschaftlichen Ausprägung zu kennen. Fachspezifische Aspekte ergeben sich für die Physik zum Beispiel aus der häufig üblichen und auch gewünschten Zusammenarbeit im Team und der üblichen Praxis der zeitnahen Veröffentlichung von Forschungsergebnissen im Rahmen des laufenden wissenschaftlichen Diskurses.

Die KFP hält es deshalb für wichtig, geltende Standards für die „Gute wissenschaftliche Praxis“ zu dokumentieren. Das vorliegende Papier basiert auf dem gemeinsamen Positionspapier des Allgemeinen Fakultätentags, der Fakultätentage sowie des Deutschen Hochschulverbands¹ und fokussiert dabei auf die Belange des Faches Physik. Es konkretisiert und ergänzt damit die darin enthaltenen Empfehlungen. Berücksichtigung fanden auch die Richtlinien der Deutschen Forschungsgemeinschaft² und die Empfehlung der Hochschulrektorenkonferenz³.

Die durch die KFP erarbeiteten Empfehlungen beziehen sich insbesondere auf Bachelor- und Masterarbeiten sowie Dissertationen und Habilitationsschriften, aber auch auf Berichte während des Studiums wie Praktikumsprotokolle, um bereits in einem möglichst frühen Stadium der wissenschaftlichen Ausbildung eine Orientierung zu bieten und zur Entwicklung eines entsprechenden Problembewusstseins beizutragen. Auch wenn sich die fachlichen Ansprüche an diese Arbeiten erheblich unterscheiden, sind diese im Hinblick auf die gute wissenschaftliche Praxis grundsätzlich einheitlich zu behandeln. Für die Publikation in wissenschaftlichen Journalen und die Durchführung anderer wissenschaftlicher Projekte können abweichende Kriterien gelten.

Das vorliegende Papier beschreibt derzeit allgemein als zutreffend erachtete Standards für die Erarbeitung und das Verfassen wissenschaftlicher Qualifikationsarbeiten in der Physik. Diese entsprechen nicht notwendigerweise schon den anzustrebenden Standards. In manchen Fällen ist auch strittig, welche die anzustrebenden Standards wären.

Qualifikationsarbeiten unterliegen immer den Vorschriften der einschlägigen Prüfungsordnungen, deren Regelungen detaillierter sein können oder im Einzelfall auch im Widerspruch zu den hier niedergelegten Empfehlungen stehen können. Als Beispiel wäre das Verbot der Publikation

von Forschungsergebnissen vor Abgabe der Qualifikationsarbeit zu nennen. Des Weiteren können Vorgaben durch Drittmittelgeber oder im Rahmen der Veröffentlichung von Forschungsergebnissen relevant sein.

Es wird empfohlen, diese Empfehlungen, gegebenenfalls nach Anpassung an lokale Gegebenheiten, den am Qualifikationsverfahren beteiligten Personen zugänglich zu machen. Dies soll es bei Bedarf ermöglichen, auch nach längerer Zeit die zum Zeitpunkt der Abgabe der Arbeit übliche gute wissenschaftliche Praxis belegen zu können. Gleichzeitig erscheint es sinnvoll zu diskutieren, in welcher Weise hier bewusst unscharf gefasste Regeln adäquat präzisiert werden können. So gibt es derzeit speziell für Qualifikationsarbeiten keinen allgemeinen Konsens darüber, wie lange, von wem und in welcher Form experimentelle oder numerische Daten sowie zugehörige Software aufzubewahren sind.

Wichtigstes Ziel dieser Empfehlungen ist es, allen, die an der Erarbeitung und Bewertung einer wissenschaftlichen Qualifikationsarbeit im Fach Physik beteiligt sind, eine Orientierung zu geben. Darüber hinaus soll das Papier einen Beitrag zur Debatte über die weitere Entwicklung wissenschaftlicher und wissenschaftsethischer Standards leisten.

Referenzen:

1. *Gute wissenschaftliche Praxis für das Verfassen wissenschaftlicher Qualifikationsarbeiten*, Gemeinsames Positionspapier des Allgemeinen Fakultätentags (AFT), der Fakultätentage und des Deutschen Hochschulverbands (DHV) vom 9. Juli 2012.
(www.hochschulverband.de/cms1/uploads/media/Gute_wiss._Praxis_Fakultaetentage_01.pdf)
2. *Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis*, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Wiley-VCH, Weinheim, 2013.
(www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/download/empfehlung_wiss_praxis_1310.pdf)
3. *Gute wissenschaftliche Praxis an deutschen Hochschulen*, Empfehlung der 14. Mitgliederversammlung der Hochschulrektorenkonferenz am 14. Mai 2013.
(www.hrk.de/uploads/tx_szconvention/Empfehlung_GutewissenschaftlichePraxis_14052013_02.pdf)

Gute wissenschaftliche Praxis bei wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten in der Physik

Die hier aufgeführten Kriterien für gute wissenschaftliche Praxis im Zusammenhang mit Qualifikationsarbeiten beziehen sich auf zwei Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens, nämlich den Prozess der Gewinnung neuer physikalischer Erkenntnisse sowie die Darstellung der Ergebnisse. Das Einüben guter wissenschaftlicher Praxis stellt ein wichtiges Lernziel im Studium dar, insbesondere bei Bachelor- und Masterarbeiten, aber zum Beispiel auch schon im Anfängerpraktikum. Für die Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis sind die Autoren¹ von Qualifikationsarbeiten verantwortlich. Sie werden dabei arbeitsbegleitend von den verantwortlichen Betreuern unterstützt, die darauf hinwirken, dass die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis eingehalten werden.

1. Gewinnung wissenschaftlicher Ergebnisse

Die Voraussetzung für den Erwerb einer wissenschaftlichen Qualifikation ist der Nachweis der Befähigung zu wissenschaftlichem Arbeiten. In der Physik wird dieser in der Regel durch Mitarbeit an einem Forschungsprojekt erbracht oder, spätestens ab der Doktorarbeit, in der eigenverantwortlichen Durchführung eines Forschungsprojekts.

Vor der Frage nach den Standards bei der *Darstellung* wissenschaftlicher Ergebnisse steht deshalb in der Physik immer die Frage nach den Standards, die bei der *Durchführung* eines wissenschaftlichen Forschungsprojekts einzuhalten sind.

1.1. Umgang mit Daten

Physikalische Erkenntnisse beruhen oft auf experimentell oder numerisch ermittelten Daten. Das Zustandekommen solcher Daten und der weitere Umgang mit ihnen sind deshalb von zentraler Bedeutung. Gute wissenschaftliche Praxis beginnt dabei schon beim Design eines Experimentes oder einer numerischen Berechnung. Diese müssen so angelegt sein, dass sie „unerwünschte“ Ergebnisse nicht von vornherein ausschließen oder unterdrücken.

Wissenschaftliches Arbeiten beinhaltet die nachvollziehbare Beschreibung der angewendeten Methoden und Ergebnisse. Dabei muss die Bereitschaft zum konsequenten Zweifeln an eigenen Ergebnissen eine Selbstverständlichkeit sein. Fakten und wissenschaftliche Argumente, die die eigene Arbeitshypothese in Zweifel ziehen, dürfen nicht unterdrückt werden.

In jedem Fall ist es unstatthaft, Daten zu verfälschen, das heißt, sie in betrügerischer Absicht so zu manipulieren oder in einen anderen Zusammenhang zu stellen, dass sie für ein erwünschtes Ergebnis passend gemacht werden. Eine besonders grobe Fälschung stellt es dar, Daten zu erfinden oder relevante Daten zu unterdrücken.

¹ Wegen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden für Personen- und Funktionsbezeichnungen meist das generische Maskulinum verwendet. Selbstverständlich sind dabei weibliche und männliche Personen in gleicher Weise gemeint.

Hiervon abzugrenzen ist die Prozessierung von Daten wie Aufbereitung, Auswertung und Interpretation, um aus experimentell oder numerisch erhaltenen Primärdaten physikalische Aussagen abzuleiten. Hierbei können verschiedene Techniken wie Filterung und Glätten zur Anwendung kommen. Wenn Datenpunkte oder Datensätze verschieden gewichtet oder gar ganz verworfen werden, darf dies nur aus wissenschaftlich begründeten Gesichtspunkten geschehen und muss dokumentiert werden.

1.2. Dokumentation

Die wissenschaftlichen Primärdaten sowie die Umstände und Verfahren (also z.B. Parameter des Versuchsaufbaus oder Computerprogramme), mittels derer diese erzeugt oder weiterverarbeitet wurden, müssen so dokumentiert und archiviert werden, dass nachvollzogen werden kann, wie daraus die wissenschaftlichen Ergebnisse abgeleitet wurden, die in der Qualifikationschrift präsentiert werden. In welcher Form dies jeweils zu geschehen hat, ist aber nicht überall klar geregelt und wohl auch nicht für alle Bereiche der Physik pauschal zu regeln; Aspekte, die hier eine Rolle spielen, sind etwa der teilweise extrem große Umfang anfallender Daten oder die bei Großkollaborationen geltenden Regeln. Es empfiehlt sich, zu Beginn einer Qualifikationsarbeit Einvernehmen der Beteiligten (Autor, verantwortlicher Betreuer, Institution) über die Praxis der Dokumentation und der langfristigen Archivierung herzustellen.

1.3. Gemeinsames Arbeiten im Team

Physikalische Forschungsprojekte werden häufig in Teams durchgeführt, und in manchen Bereichen der Physik sind große Forschungsteams unvermeidbar. Im Rahmen einer physikalischen Qualifikationsarbeit muss daher oft auch Teamfähigkeit unter Beweis gestellt werden. Gleichzeitig muss eine Qualifikationsarbeit als eigene Arbeit vorgestellt werden. Hierin liegt eine Spannung, die im Einzelfall unter Umständen nur schwer aufgelöst werden kann.

Bei komplexeren Projekten wie Doktorarbeiten wird es nicht immer möglich sein, die von verschiedenen Beteiligten erarbeiteten Beiträge eindeutig voneinander abzugrenzen. Es ist empfehlenswert, die einzelnen Beiträge zum Projektfortschritt regelmäßig zu dokumentieren. Hier stehen alle Beteiligten in der Verantwortung.

1.4. Betreuungsaspekte

Sieht man von Habilitationsarbeiten ab, werden physikalische Qualifikationsarbeiten in aller Regel unter Beteiligung eines Betreuers oder eines Betreuungsteams durchgeführt. Bei Arbeiten, die im Rahmen des Studiums angefertigt werden, haben Betreuer unter anderem die Aufgabe, Inhalte und Fähigkeiten zu vermitteln. Spätestens bei einer Doktorarbeit verschiebt sich die Rolle der Betreuer dann zunehmend hin zu der von Mentoren, die als kundige Gesprächspartner zur Verfügung stehen, um auf Probleme hinzuweisen und mögliche Perspektiven aufzuzeigen.

In Deutschland ist es üblich, dass der Betreuer einer Arbeit später als Prüfer fungiert und die fertige Arbeit auch selbst bewertet. Oft arbeiten Studierende oder Doktoranden außerdem in ihren Forschungsprojekten nicht nur eng mit ihren Betreuern zusammen, sondern bearbeiten auch

Aspekte eines übergeordneten Forschungsprojekts ihres Betreuers. In den meisten Fällen funktioniert dies reibungslos.

Im Einzelfall kann es aber problematisch sein, dass der Betreuer gleichzeitig Diskussionspartner, Vorgesetzter und später Gutachter und Prüfer ist. Vor diesem Hintergrund ist es empfehlenswert, einen Ansprechpartner zu benennen oder ein Gremium einzurichten, das im Konfliktfall vermitteln kann. Allerdings ist eine solche Stelle derzeit noch nicht überall strukturell verankert.

1.5. Externe Einflüsse²

Qualifikationsarbeiten werden in der Physik gelegentlich in Zusammenarbeit mit Unternehmen durchgeführt, die ein wirtschaftlich begründetes Interesse an den Ergebnissen eines Forschungsprojekts haben. Oft unterliegen diese Ergebnisse, gegebenenfalls aber auch bereits das Forschungsprojekt selbst, dann bestimmten Vertraulichkeits- oder Geheimhaltungsbestimmungen, deren juristische Bewertung im Einzelfall komplex sein kann.

Mit Blick auf die Durchführung von wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten muss allerdings zumindest gewährleistet sein, dass der universitäre Betreuer einer Arbeit über deren Konzept umfassend unterrichtet ist und sich ständig über ihren Fortschritt unterrichten kann, und zwar in einer Detailtiefe, die ihm einen umfänglichen Einblick in den Stand des Projekts und eine fundierte Bewertung des Beitrags des Studenten oder Doktoranden ermöglicht.

2. Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse

In der Physik ist es üblich, wissenschaftliche Ergebnisse zunächst in Fachzeitschriften zu veröffentlichen. Wissenschaftliche Qualifikationsschriften enthalten deshalb oft nicht die erste Veröffentlichung wissenschaftlicher Ergebnisse, sondern eine erweiterte Darstellung bereits anderweitig veröffentlichter Resultate. Für die Veröffentlichung in wissenschaftlichen Fachzeitschriften gibt es meist eigene Regelwerke.

In bestimmten Fällen, insbesondere bei Habilitationsarbeiten, kann auf die Erstellung einer eigenen Qualifikationsschrift verzichtet werden, wenn die Ergebnisse bereits in Fachzeitschriften veröffentlicht sind (kumulative Qualifikationsarbeit). In der Regel müssen die wesentlichen Ergebnisse aus der Qualifizierungsphase aber – auch wenn sie schon in Fachzeitschriften veröffentlicht wurden – nochmals in einer eigenen Qualifikationsschrift zusammengestellt werden.

Neben dem bei der Ermittlung der Ergebnisse an den Tag gelegten Geschick und den in einer Prüfung bewiesenen allgemeinen physikalischen Kenntnissen ist die Qualität der Darstellung der Ergebnisse in dieser schriftlichen Arbeit ein wesentliches Bewertungskriterium für die Vergabe eines entsprechenden akademischen Grades. Eine Qualifikationsschrift muss dabei ebenfalls Standards guter wissenschaftlicher Praxis entsprechen, die in einzelnen Fächern durchaus unterschiedlich sind. Die nachfolgenden Ausführungen sind somit ausschließlich auf die Physik bezogen.

² Vgl. hierzu auch die Resolution zu Industriepromotionen des Deutschen Hochschulverbands vom 20. 1. 2016, www.hochschulverband.de/cms1/fileadmin/redaktion/download/pdf/resolutionen/Industriepromotion.pdf

2.1. Eigenständigkeit

Eine wissenschaftliche Qualifikationsarbeit muss eine eigenständige intellektuelle Leistung des Autors darstellen. Dies schließt aus, dass die Arbeit oder Teile davon von einer anderen Person verfasst und als eigene Leistung ausgegeben werden, selbst wenn die andere Person hiermit einverstanden ist (*Ghostwriting*).

Gleichzeitig wird es in der Physik als Bestandteil des wissenschaftlichen Diskurses betrachtet, Teile einer Qualifikationsschrift vorab anderen Personen, etwa auch dem verantwortlichen Betreuer, zur kritischen Kommentierung vorzulegen. Dabei können auch die Interpretation der wissenschaftlichen Ergebnisse selbst oder der inhaltliche Aufbau und die argumentative Struktur einer Arbeit von Korrekturhinweisen betroffen sein. Bei Doktorarbeiten sollten Kommentare allerdings eher den Charakter eines kollegialen Feedbacks haben. Bei Arbeiten während des Studiums bis hin zur Masterarbeit gehört es hingegen auch zu den Aufgaben eines Betreuers, die Studierenden bei der Entwicklung der für die Abfassung der Arbeit erforderlichen Kompetenzen zu unterstützen. Im Verlauf des Studiums wird dieser Aspekt zunehmend zurücktreten.

Vor allem in Fällen, wo Qualifikationsarbeiten auf Projekten aufbauen, an denen mehrere Personen beteiligt sind und die womöglich bereits zu gemeinsamen Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften geführt haben, wird es sogar die Regel sein, dass die Interpretation der wissenschaftlichen Ergebnisse und auch die Frage ihrer adäquaten Darstellung von den Projektbeteiligten gemeinsam diskutiert wurden, bevor sie Eingang in eine Qualifikationsschrift finden. Es ist daher schwierig, eine abstrakte Grenze zu definieren, ab der eine solche Schrift dann nicht mehr als eigenständige Leistung ihres Autors gelten kann. Bei Arbeiten im Rahmen von Kollaborationen sollte daher gut kenntlich gemacht werden, worin der besondere eigene Beitrag liegt.

Der Autor einer Qualifikationsschrift kann gleichzeitig an der Betreuung einer anderen Qualifikationsarbeit beteiligt sein. Hierbei erhaltene Ergebnisse können vom Autor verwendet werden, wenn er einen maßgeblichen Beitrag zu ihrer Gewinnung geleistet hat. Dabei ist auf die betreute Qualifikationsarbeit Bezug zu nehmen und der Beitrag der betreuten Person deutlich zu machen.

2.2. Einbettung in den wissenschaftlichen Kontext

In einer Qualifikationsschrift muss klar erkennbar sein, worin der originäre Beitrag des Autors besteht und wo er auf Gedanken und Ergebnisse anderer zurückgreift oder fachspezifisches Allgemeinwissen referiert. Wo Passagen anderer Autoren wörtlich oder sinngemäß übernommen werden, aber auch wo fremde Gedanken, Konzepte oder Resultate aufgegriffen werden, muss dies offengelegt und belegt werden. Dies gilt für die gesamte Qualifikationsarbeit, einschließlich möglicher einleitender oder hinführender Teile.

Es kann vorkommen, dass jemand bestimmte wissenschaftliche Untersuchungen durchführt oder bestimmte Ergebnisse erzielt und veröffentlicht, ohne zu bemerken, dass andere dies bereits vor ihm getan haben. Der Autor einer Qualifikationsschrift muss sich aber in angemessener Weise mit dem wissenschaftlichen Umfeld seines Projektes vertraut machen und entsprechende Recherchen betreiben, um solche Fälle nach Möglichkeit zu vermeiden.

Um die eigene Arbeit in den wissenschaftlichen Kontext einzubetten, enthalten physikalische Qualifikationsschriften häufig Teile, in denen im Wesentlichen fachspezifisches Allgemeinwissen einschließlich der fachüblichen Beschreibung von Formeln oder etablierter experimenteller oder theoretischer Techniken referiert wird. Hierfür müssen in der Regel keine Quellen angegeben werden, sofern nicht besonders originelle Darstellungen aufgegriffen oder spezifische Passagen wörtlich von anderen übernommen werden. Was als fachspezifisches Allgemeinwissen zu werten ist, richtet sich nach dem mutmaßlichen Wissen von Wissenschaftlern aus dem wissenschaftlichen Umfeld der Qualifikationsschrift.

2.3. Eigene Arbeiten und Texte

Nicht selten haben die Autoren physikalischer Qualifikationsschriften wesentliche Inhalte ihrer Arbeit bereits vorab in wissenschaftlichen Fachzeitschriften oder an anderer Stelle veröffentlicht. Wenn dies zutrifft, muss darauf in der Qualifikationsschrift deutlich hingewiesen und die Referenz der Erstpublikation genannt werden.

Gleichzeitig ist es dann aber in der Regel nicht erforderlich, bei jeder wichtigen Aussage oder jedem Ergebnis erneut auf diese Erstpublikation zu verweisen, selbst wenn kleinere Textabschnitte auch wörtlich übernommen werden. Bei Publikationen mit mehreren Autoren gilt dies allerdings nur mit Blick auf Ergebnisse oder Passagen, an denen der Autor der Qualifikationsschrift maßgeblichen Anteil hatte. Bei der Übernahme von Abbildungen aus eigenen Publikationen, sofern dies die Copyright-Regelungen der ursprünglichen Publikation zulassen, muss die ursprüngliche Arbeit in der Bildunterschrift zitiert werden.

2.4. Externe Einflüsse

Zu einer adäquaten Darstellung gehört, dass in einer Qualifikationsarbeit alle externen Faktoren offengelegt werden, die aus der Sicht eines objektiven Dritten dazu geeignet sind, Zweifel am Zustandekommen eines vollständig unabhängigen wissenschaftlichen Urteils zu nähren. Daher ist insbesondere die Förderung einer Qualifikationsarbeit durch Unternehmen oder andere Interessenträger kenntlich zu machen.

Für Qualifikationsarbeiten, die in Zusammenarbeit mit Unternehmen durchgeführt werden, muss den Personen, die diese Arbeit begutachten sollen, in alle relevanten Daten so weit Einblick gewährt werden, dass sie sich ein eigenes und vollständiges Bild von der wissenschaftlichen Qualität der Arbeit machen können. Entsprechende Regelungen sind vor Beginn der Arbeit zu treffen, wobei gegebenenfalls die Rechtsabteilung der Hochschule einzubeziehen sein wird. Hierbei muss auch bedacht werden, dass Doktorarbeiten öffentlich zugänglich gemacht werden müssen.

Die vorliegende Empfehlung wurde nach eingehender Diskussion am 18. Mai 2016 von der Plenarversammlung der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) verabschiedet. Sie gibt den Stand der Diskussion zu diesem Zeitpunkt wieder und wird bei Bedarf aktualisiert.