

Gute wissenschaftliche Praxis bei wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten in der Physik

Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik
www.kfp-physik.de

4. November 2025

Motivation und Zusammenfassung

Es ist genuine Aufgabe der Fakultäten bzw. Fachbereiche, die Rahmenbedingungen für wissenschaftliche Qualifikationsarbeiten festzulegen. Dies geschieht aber fast immer in einem gesamtuniversitären Zusammenhang, der wiederum externen Einflüssen wie einer gestiegenen Sensibilität für wissenschaftliche Integrität oder der Diskussion über KI-Werkzeuge wie generative Large Language Models (LLM) ausgesetzt ist.

Mit der vorgelegten Empfehlung will die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) physikspezifische Aspekte der guten wissenschaftlichen Praxis zusammenstellen. Dies soll den Fachbereichen einerseits helfen, mit Verdachtsfällen wissenschaftlichen Fehlverhaltens umzugehen, ihnen andererseits eine Argumentationshilfe an die Hand geben, wenn Konzepte und Standards aus anderen Fächern auf die Physik übertragen werden, obwohl sie der physikalischen Fachkultur nicht angemessen sind (etwa das Konzept des „Selbstplagiats“). Zudem besteht die Gefahr, dass die aktuelle Diskussion über den Umgang mit im weiteren Sinn ‚künstlicher Intelligenz‘ zu Regelungen führt, die mehr Schaden als Nutzen bringen. Auch diesbezüglich sollen die Empfehlung der KFP die Position der Fachbereiche stärken.

Vor allem aber soll diese Empfehlung dem wissenschaftlichen Nachwuchs, Betreuenden und Gutachtenden im Alltag Hilfestellung sein und als Leitplanke dienen. Sie schreibt damit die Empfehlung der KFP aus dem Jahre 2016 im Licht der neueren Entwicklungen fort.

Allgemein gilt, dass das Einüben guter wissenschaftlicher Praxis ein wichtiges Lernziel von Studium und Promotionszeit ist. Dabei sind fachspezifische Aspekte zu beachten. Für die Physik charakteristisch sind unter anderem (i) die häufige Arbeit in Teams mit intensiver Interaktion und Betreuung, (ii) die frühzeitige Einbindung in die Forschung, die zumindest bei Promotionen regelmäßig zu Publikationen vor Abschluss der Qualifizierungsarbeit führt, und (iii) eine im Vergleich zu anderen, vor allem geisteswissenschaftlichen Disziplinen weniger starke Kopplung des wissenschaftlichen Gehalts einer Arbeit an dessen Darstellung – wobei natürlich auch in der Physik Ergebnisse sorgfältig dargestellt und in angemessener äußerer Form präsentiert werden müssen.

Durch die hier vorgelegte KFP-Empfehlung für Qualifizierungsarbeiten ziehen sich neben der Einhaltung allgemeiner Regeln der physikalischen Forschung die Begriffe ‚Transparenz‘ und ‚Nachvollziehbarkeit‘ als spezifische Forderungen. Das beginnt mit dem ergebnisoffenen Design der Forschung, schließt den Umgang mit experimentell oder numerisch ermittelten Daten und deren Dokumentation ein und betrifft auch die Darstellung der eigenen Beiträge zu Publikationen mit mehreren Autorinnen und Autoren.

„Transparenz“ und „Nachvollziehbarkeit“ sind auch die zentralen Forderungen im Umgang mit KI-unterstützten Werkzeugen und bei der Ausgestaltung von Industriepromotionen und anderen Qualifizierungsprojekten, bei denen Dritte eigene Interessen verfolgen.

Der Verantwortung der Qualifikanten für die Einhaltung guter wissenschaftlicher Praxis steht eine entsprechende Verantwortung der direkt Betreuenden, aber auch des jeweiligen

Fachbereichs gegenüber. Letzterer muss sicherstellen, dass Ansprechpersonen für Konflikt- und Spannungsfälle und eine faire, möglichst objektive Bewertung der Qualifizierungsarbeit bereitstehen.

Da es in der Physik wie in anderen Naturwissenschaften üblich ist, wissenschaftliche Ergebnisse meist als Team mit mehreren Autorinnen und Autoren zunächst in Fachzeitschriften zu veröffentlichen, enthalten Qualifikationsarbeiten oft nicht die erste Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse, sondern eine erweiterte Darstellung bereits anderweitig veröffentlichter Resultate. Daher werden neben der klassischen Monografie kumulative Habilitationsarbeiten und Dissertationen immer beliebter, die allerdings bzgl. Transparenz und Zurechenbarkeit eigene Herausforderungen mit sich bringen.

Eine Unkenntnis dieser Zusammenhänge führt gelegentlich zum Vorwurf eines ‚Selbstplagiats‘; dass die Beschreibung eigener Ergebnisse im Rahmen einer Qualifikationsarbeit derjenigen in einer zu Grunde liegenden Publikation gleicht oder ähnelt, ist allerdings nur natürlich. Freilich muss die Beschreibung des eigenen und eigenständigen Anteils zur wissenschaftlichen Leistung den Tatsachen entsprechen. Ebenso selbstverständlich ist aber, dass Diskussionen mit und Ratschläge von Betreuenden in die Qualifikationsarbeit eingehen.

Der Einfluss von KI wird sich besonders stark auf die Teile von Qualifikationsarbeiten auswirken, die die Einbettung in den wissenschaftlichen Kontext beschreiben sollen. Schon heute können entsprechende Textabschnitte mit wenig Aufwand und hoher Qualität automatisch generiert werden. Für den Umgang mit solchen rasanten Entwicklungen ist ein Verweis auf die allgemeinen Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis sicher hilfreicher als schnell veraltende Detailregelungen.

Vorbemerkung

Da sich Wissenschaft und Gesellschaft fortlaufend weiterentwickeln, kann auch die Diskussion, welchen wissenschaftlichen und wissenschaftsethischen Standards Qualifikationsarbeiten an Universitäten genügen müssen, nicht zu einem Ende kommen. Entsprechende Fragen werden nicht nur wissenschaftsintern, sondern immer wieder, leider oft auch recht unqualifiziert, in den Medien und der breiteren Öffentlichkeit diskutiert. In jüngster Zeit sind durch so genannte künstliche Intelligenz (KI) und speziell Large Language Models (LLM) eindrucksvolle und sich rasch weiterentwickelnde Werkzeuge zur Erstellung von Texten und Abbildungen, aber beispielsweise auch von Computercode und statistischen Auswertungen hinzugekommen, die auch missbräuchlich verwendet werden können, jedenfalls aber einen veränderten Arbeitsstil nahelegen. Möglicherweise wird das Konzept von Publikationen im Allgemeinen und von Qualifikationsarbeiten im Speziellen künftig deshalb grundlegend zu überdenken sein.

Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) begrüßt und begleitet diese Diskussion. Dabei ist die Frage nach wissenschaftlichen und wissenschaftsethischen Standards weit komplexer, als es die meist angeführten Beispiele offensichtlichen wissenschaftlichen Fehlverhaltens suggerieren. Standards guter wissenschaftlicher Praxis 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 und gemeinsamen 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 und ältere Empfehlungen ggf. anzupassen. Die vorliegende Empfehlung erweitert und modifiziert die entsprechende Empfehlung der KFP aus dem Jahr 2016 [KFP2016] und berücksichtigt allgemeine Empfehlungen wie [DFG], [AFT12], [HRK22] und [WR23]. Speziell das sich derzeit rasch ändernde Publikationswesen und das Vordringen von KI in den Forschungsalltag lassen eine Neufassung der Empfehlung der KFP sinnvoll erscheinen.

Die durch die KFP erarbeitete Empfehlung bezieht sich insbesondere auf Bachelor- und Masterarbeiten sowie Dissertationen und Habilitationsarbeiten, 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 sie im Hinblick auf die gute

wissenschaftliche Praxis grundsätzlich einheitlich zu behandeln. Für die Publikation in wissenschaftlichen Journals und die Durchführung anderer wissenschaftlicher Projekte können abweichende Kriterien gelten, die aber durchaus direkte Auswirkungen auf z.B. kumulative Qualifikationsarbeiten haben können. In diesem Zusammenhang sei auch die zunehmende Anzahl von Veröffentlichungen mit mehreren, manchmal sogar zahlreichen ‚Erstautoren‘ erwähnt sowie die von vielen Zeitschriften verlangte Spezifizierung der Beiträge der einzelnen Autorinnen und Autoren etwa im Rahmen der CRediT-Taxonomie.

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 - in der Physik absolut unübliche - Verbot der Publikation von Forschungsergebnissen vor Abgabe der Qualifikationsarbeit zu nennen. Des Weiteren können Vorgaben durch Drittmittelgeber, internationale Kollaborationsabkommen, Industriepartner oder Verlage für die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen relevant sein.

Die KFP empfiehlt, das vorliegende Dokument, gegebenenfalls mit Hinweisen zu lokalen Gegebenheiten, den an Qualifikationsverfahren beteiligten Personen zugänglich zu machen. Dadurch kann bei Bedarf auch nach längerer Zeit die zum Zeitpunkt der Abgabe der Arbeit übliche gute wissenschaftliche Praxis belegt werden. Gleichzeitig erscheint es sinnvoll zu diskutieren, in welcher Weise hier bewusst unscharf gefasste Regeln adäquat präzisiert werden können. So gibt es immer noch (wie bereits 2016 festgestellt) für Qualifikationsarbeiten keinen allgemeinen Konsens darüber, wie lange, von wem und in welcher Form experimentelle oder numerische Daten sowie zugehörige Software aufzubewahren oder gar zugänglich zu machen sind. Allgemein steigen aber derzeit die Anforderungen an Aufbewahrung und Zugänglichkeit, nicht zuletzt initiiert durch Visionen von FAIR data und Open Science.

Wichtigstes Ziel dieser Empfehlung ist es, allen, die an der Erarbeitung und Bewertung einer wissenschaftlichen Qualifikationsarbeit im Fach Physik beteiligt sind, eine Orientierung zu geben. Sie sollen aber auch Gremien, die Verantwortung für Studien- und Promotionsordnungen tragen, helfen, diese so zu verfassen, dass die fachspezifische Praxis gelebt und gegen unangemessene externe Forderungen verteidigt werden kann. Darüber hinaus soll das Papier einen Beitrag zur Debatte über die weitere Entwicklung wissenschaftlicher und wissenschaftsethischer Standards leisten.

Der besseren Lesbarkeit zu Liebe wird in diesem Dokument für Personen- und Funktionsbezeichnungen wie ‚Plagiatsjäger‘ vielfach das generische Maskulinum verwendet. Selbstverständlich sind dabei immer Personen jeglicher Geschlechtsidentität in gleicher Weise gemeint.

Empfehlung zur guten wissenschaftlichen 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 Kommunikation und Darstellung der Ergebnisse. Anders als beispielsweise in der Philosophie, bei der eine neue Idee oder eine erzielte Erkenntnis aufs Engste mit ihrer sprachlichen Darstellung verwoben ist, und sich der Prozess des Erkenntnisgewinns deshalb oft kaum von dessen sprachlicher Ausgestaltung trennen lässt, sind in der Physik die Prozesse der Erzielung neuer Erkenntnisse und deren Aufbereitung für eine Veröffentlichung meist relativ klar voneinander zu unterscheiden. Wichtigstes Qualifikationsziel ist in der Physik die Kompetenz zur Gewinnung neuer Erkenntnisse; dennoch ist auch auf die Darstellung dieser Erkenntnisse Sorgfalt zu verwenden, und es müssen an die äußere Form einer Qualifikationsarbeit hohe Ansprüche gestellt werden. Auch die Kompetenz zur angemessenen Präsentation und Weitergabe der Ergebnisse an die Fachcommunity muss mit der Qualifikationsarbeit nachgewiesen werden. Hierzu dienen die klassischen, als Monografien gestalteten Dissertationen und Habilitationsarbeiten sowie die studentischen Abschlussarbeiten. Auch wenn die Darstellung der eigenen Ergebnisse durch Zulassung kumulativer Arbeiten und den Verzicht auf eine Habilitationsarbeit im Rahmen von z.B. Juniorprofessuren an Bedeutung verloren hat, werden Qualifikationsarbeiten auf absehbare Zeit eine wichtige Rolle spielen. Das gilt insbesondere für Großprojekte, beispielsweise in der Teilchenphysik, innerhalb derer Promovierende oft sehr lange warten müssen, bis die Ergebnisse veröffentlicht werden. Die Dissertationarbeit ist hier häufig der einzige Weg, die eigene Leistung zu präsentieren.

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 Verfasserinnen und Verfasser von Qualifikationsarbeiten verantwortlich. Sie werden dabei arbeitsbegleitend von den verantwortlichen Betreuenden unterstützt, die darauf hinwirken, dass die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis eingehalten werden.

1. Allgemeines

Wissenschaft lebt von Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit. Auf dem Level der Qualifikationsarbeiten tragen hierzu vor allem die präzise Formulierung der Forschungsfragen, eine angemessene Methodik, die Einbettung in den durch den Stand der Wissenschaft gegebenen Kontext und der Verweis auf relevante Literatur wesentlich bei. Diese Aufgaben werden heutzutage durch online-Ressourcen und KI-Werkzeuge teilweise bis zu einer scheinbar trivialen Herausforderung erleichtert. Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer müssen daher Erfahrung und Kriterien für die Unterscheidung zwischen einer guten Darstellung und wahrem Verständnis gewinnen und entwickeln.

Wissenschaft setzt, wie schon der Name sagt, im Regelfall Veröffentlichung voraus: Es wird (allgemeines) Wissen geschaffen. Bachelor- oder Masterarbeiten sind allerdings primär Prüfungsleistungen und als solche zunächst nicht öffentlich. Da sie aber Nachweis der Fähigkeit zu (angeleiteter) wissenschaftlichen Arbeit sind, sind auch an diese die Maßstäbe guter wissenschaftlicher Praxis anzulegen.

2. Gewinnung wissenschaftlicher Ergebnisse

Die Voraussetzung für den Erwerb einer wissenschaftlichen Qualifikation ist der Nachweis der Befähigung zum wissenschaftlichen Arbeiten auf dem jeweiligen Niveau. 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.

2.1. 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 Experiments 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.

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, deren Nutzung unter den Aspekten der Transparenz und Nachvollziehbarkeit dargestellt werden muss. Wenn Datenpunkte oder Datensätze verschieden gewichtet oder gar ganz verworfen werden, darf dies nur aus wissenschaftlich begründeten Gesichtspunkten geschehen und muss dokumentiert werden.

2.2. 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 Qualifikationsarbeit 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 (Verfasser, verantwortlicher Betreuer, Institution) über die Praxis der Dokumentation und der langfristigen Archivierung herzustellen.

Die Erwartungen und Anforderungen an die Beschreibung, Speicherung und Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten sind in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Dies wurde nicht zuletzt angetrieben durch Vorgaben aus dem politischen Raum und großzügige Finanzierung beispielsweise von der Initiative zur Schaffung einer Nationalen Forschungsdaten Infrastruktur (NFDI) sowie viel politischer und öffentlicher Zustimmung zu den so genannten ‚FAIR-Prinzipien‘ (Akronym: findable | auffindbar, accessible | zugänglich, interoperabel, reusable | wiederverwendbar), die über die Grundsätze der Reproduzierbarkeit und Transparenz deutlich hinausgehen. Im Rahmen von Qualifikationsarbeiten sollten Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler die FAIR-Prinzipien kennen lernen und, wo sinnvoll, auch umsetzen, zumal Universitäten, Publikationsorgane und Drittmittelgeber vielfach explizite Vorgaben zur Datendokumentation machen. Erfreulicherweise wachsen mit den Anforderungen typischerweise auch die bereitgestellten Archivierungsmöglichkeiten und in Folge vermutlich auch der Zugang zu Daten Dritter.

2.3. Gemeinsames Arbeiten im Team

Physikalische Forschungsprojekte werden häufig in Teams durchgeführt; in manchen Bereichen der Physik sind auch sehr große Forschungsteams unvermeidbar und sachlich angemessen. 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 ist es oft schwierig, 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.

Spätestens in der Qualifikationsarbeit selbst muss der Leistungsbeitrag des Verfassers oder der Verfasserin möglichst klar abgegrenzt werden. Dass die entsprechende Darstellung den Tatsachen entspricht, nicht übertrieben ist und nicht den Darstellungen der Beiträge weiterer

an der Forschung beteiligten Personen in deren Qualifikationsarbeiten widerspricht, können die direkten Betreuerinnen und Betreuer der Arbeit am besten, unter Umständen sogar ausschließlich beurteilen. Diese Tatsache steht in einem gewissen Spannungsverhältnis zur manchmal geforderten Trennung von Betreuung und Bewertung.

2.4. Betreuungsaspekte

Sieht man von Habilitationsarbeiten ab, werden physikalische Qualifikationsarbeiten in aller Regel unter Beteiligung einer betreuenden Person oder eines Betreuungsteams durchgeführt. Bei Arbeiten, die im Rahmen des Studiums angefertigt werden, haben Betreuende unter anderem die Aufgabe, Inhalte und Fähigkeiten zu vermitteln, aber auch eine Qualitätssicherungspflicht. Spätestens bei einer Doktorarbeit verschiebt sich die Rolle der Betreuenden 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 Betreuende später als Prüfende fungieren und die fertige Arbeit bewerten. Dabei sind die Forschungsfragen der Qualifikationsarbeit oft Teil eines übergeordneten Forschungsprojekts der Betreuenden. In den meisten Fällen funktioniert dies reibungslos, aber nicht immer. Daher sind Qualitätssicherung und Fürsorgepflicht der Fachbereiche speziell bei der Ausgestaltung der Promotion mitzudenken.

Mit Blick auf die Qualitätsansprüchen fordert der Wissenschaftsrat [WR23]: „*Wenn die erstbetreuende Person ein Gutachten erstellt, dann muss die Unabhängigkeit der Begutachtung durch ein Zweitgutachten gewährleistet werden, das ohne Kenntnis des Erstgutachtens verfasst wird. Gemeinsame Veröffentlichungen der zweitbegutachtenden Person mit der Doktorandin bzw. dem Doktoranden sind auszuschließen. Die Einholung eines hochschulexternen Gutachtens ist insbesondere dann wünschenswert, wenn die Bestnote vorgeschlagen wird.*“ Dieser Einschätzung schließt sich die KFP an.

Eine Mindestanforderung bezüglich der Fürsorgepflicht des Fachbereichs für Studierende, Promovierende, Habilitierende und den gesamten wissenschaftlichen Nachwuchs ist, dass diese Personen wissen, an wen oder an welches Gremium sie sich im Konfliktfall oder auch schon im Vorfeld bei Spannungen oder gefühlter Belastung für Beratung, Vermittlung oder Abhilfe wenden können. Diesbezüglich sind verschiedene Lösungen möglich und üblich: von Ombudspersonen bis zu regelmäßigen Aussprachen in einem Thesis|PhD Advisory Committee (T|PAC) oder Mentorinnen und Mentoren mit einem gewissen fachlichen Abstand. In der Regel werden hierüber nicht Physik-Fachbereiche entscheiden, sondern Universitätsgremien oder in der Praxis auch Drittmittelgeber wie DFG oder BMBF.

2.5. KI-Werkzeuge

Auf die Rolle von KI-Werkzeugen und ähnlichen Ressourcen für die Darstellung von Ergebnissen wird weiter unten ausführlich eingegangen. Für die eigentliche Gewinnung wissenschaftlicher Ergebnisse ist jede Form der Nutzung solcher Ressourcen legitim und sinnvoll: Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler sollen –

beispielsweise – bei der Literatursuche auf die besten, gegebenenfalls KI-gestützten Hilfsmittel zurückgreifen, einfachen Computer-Code automatisch generieren oder analytische Integrationen durch Computer-Algebra-Systeme unterstützen lassen. Allerdings verbleibt die letztendliche Verantwortung für Korrektheit und Relevanz der Ergebnisse selbstverständlich bei der einzelnen Wissenschaftlerin oder dem individuellen Wissenschaftler. Die Verantwortung steigt sogar noch in dem Maß, wie KI-Werkzeuge u.a. Texte produzieren können, die fehlerhaft sind, aber ohne intensive Überprüfung sehr überzeugend erscheinen. Unter den Aspekten der Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit sollte abgesehen von der Literatursuche das Vorgehen nachvollziehbar dargestellt werden, so wie in der Regel auch genutzte Messinstrumente explizit aufgezählt werden. Eine Besonderheit vieler KI-Werkzeuge ist, dass sie nicht vorhersehbare und nicht eindeutig reproduzierbare Ergebnisse liefern können, was die Forderung nach Transparenz der Wissensgewinnung noch verstärkt.

2.6. Externe Einflüsse

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 (siehe auch [DHV16], [HRK17]).

Mit Blick auf die Durchführung von wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten muss als Mindestanforderung gewährleistet sein, dass die seitens der Universität betreuenden Personen einer Arbeit über deren Konzept umfassend unterrichtet sind und sich ständig über ihren Fortschritt ins Bild setzen können, und zwar in einer Detailtiefe, die ihnen einen umfänglichen Einblick in den Stand des Projekts und eine fundierte Bewertung des Beitrags des oder der Studierenden oder Promovierenden ermöglicht. Auch weitere Gutachterinnen und Gutachter müssen die der Qualifikationsarbeit zu Grunde liegende wissenschaftliche Leistung beurteilen können. Projekte, bei denen die berechtigten Interessen der außeruniversitären Partner dies nicht zulassen, sind für Qualifikationsarbeiten ungeeignet.

3. Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse

Für jedes Qualifikationsniveau gilt, dass die Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse zwar wichtig, aber dem Prozess der Erkenntnisgewinnung nach- und untergeordnet ist.

Die Darstellung der Ergebnisse von Bachelor- und Master-Arbeiten ist in Prüfungsordnungen geregelt und im Allgemeinen unproblematisch. Die Kenntnis und Einhaltung derselben wird meist im Rahmen der typischerweise engen Betreuung sichergestellt.

Dagegen ist die Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse im Rahmen von Dissertations- und Habilitationsarbeiten komplexer. So ist es in den Naturwissenschaften und speziell in der

Physik üblich, wissenschaftliche Ergebnisse zunächst in Fachzeitschriften zu veröffentlichen. Die Qualifikationsarbeiten enthalten deshalb oft nicht die erste Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse, sondern eine erweiterte Darstellung bereits anderweitig veröffentlichter Resultate.

Neben der klassischen Monografie werden kumulative Habilitationsarbeiten und Dissertationen sowie Mischformen immer beliebter [VW]. Beide Formen werden voraussichtlich auf absehbare Zeiten nebeneinander existieren. Befürworter der Monografie betonen die notwendige Gesamtsicht des Themas und die leichtere Zurechenbarkeit der Ergebnisse, während Befürworter kumulativer Qualifikationsarbeiten darauf verweisen, dass auch dort die Artikel in den gesamtwissenschaftlichen Kontext eingeordnet werden müssen und ergänzende Anhänge hinzugefügt werden können. Auch müsse der eigene Beitrag zu den Veröffentlichungen in der Regel genau dargestellt werden.

Auf jeden Fall ist neben dem bei der Ermittlung der Ergebnisse an den Tag gelegten Geschick und den in Verteidigung sowie ggfs. in Prüfungen bewiesenen allgemeinen physikalischen Kenntnissen die Qualität der Darstellung der Ergebnisse in dieser schriftlichen Arbeit ein wesentliches Bewertungskriterium für die Vergabe eines entsprechenden akademischen Grades. Eine Qualifikationsarbeit muss dabei ebenfalls Standards guter wissenschaftlicher Praxis entsprechen, die in einzelnen Fächern durchaus unterschiedlich sind. Die nachfolgenden Ausführungen sind somit primär auf die Physik bezogen.

3.1. Eigenständigkeit

Eine wissenschaftliche Qualifikationsarbeit muss eine eigenständige intellektuelle Leistung des Verfassers oder der Verfasserin 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 Qualifikationsarbeit vorab anderen Personen, etwa auch dem verantwortlichen Betreuer oder der Betreuerin, zur kritischen Kommentierung vorzulegen. Dabei können und werden oft 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 der Betreuenden, 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 Qualifikationsarbeit finden. Es ist daher schwierig, eine abstrakte Grenze zu definieren, ab der eine Qualifikationsarbeit dann nicht mehr als eigenständige Leistung ihrer Verfasserin oder ihres Verfassers gelten kann. Bei Arbeiten im Rahmen von Kollaborationen sollte daher gut kenntlich gemacht werden, worin der besondere eigene Beitrag liegt. Hierbei geht es nicht um quantitative Zuweisungen, sondern mehr um Beschreibungen im Rahmen beispielsweise einer Contributor Roles Taxonomy [CRediT] mit definierten Rollen, die typischerweise von Mitwirkenden an Forschungsergebnissen eingenommen werden. Zusätzliche Sicherheit für die Promovierenden kann geschaffen werden, wenn das Promotionsgremium die Eigenanteilsdarstellung vor Abgabe der Arbeit oder im Rahmen der Begutachtung als hinreichend bestätigt.

Bei der Beurteilung einer Arbeit unter dem Aspekt einer möglicherweise unzulässigen Übernahme fremden geistigen Eigentums stellen Herleitungen und Gleichungen einen Sonderfall dar, da die Formulierung und Darstellung von Gleichungen naturgemäß wenig Spielraum bieten. Daher stellt die Verwendung bereits bekannter Gleichungen in der Qualifikationsarbeit keine Unzulässigkeit dar, sofern diese dem allgemeinen Fachwissen zuzuordnen sind oder die Quellenangabe transparent erfolgt und verwendete, bereits veröffentlichte Herleitungen angemessen gekennzeichnet sind.

Der Verfasser oder die Verfasserin einer Qualifikationsarbeit kann an der Betreuung einer anderen Qualifikationsarbeit beteiligt sein, wenn etwa Promovierende Studierende anleiten. Hierbei erhaltene Ergebnisse können selbstverständlich verwendet werden, wenn der Verfasser oder die Verfasserin einen maßgeblichen Beitrag zur Erkenntnisgewinnung geleistet hat. Dabei ist auf die betreute Qualifikationsarbeit Bezug zu nehmen und der Beitrag der betreuten Person deutlich zu machen.

3.2. Einbettung in den wissenschaftlichen Kontext

In einer Qualifikationsarbeit muss klar erkennbar sein, worin der originäre Beitrag des Verfassers besteht und wo auf Gedanken und Ergebnisse anderer zurückgegriffen oder fachspezifisches Allgemeinwissen referiert wurde. Wo Passagen anderer Personen 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 zuvor getan haben. Die Verfasserin oder der Verfasser einer Qualifikationsarbeit aber auch betreuende Personen müssen sich aber in angemessener Weise mit dem wissenschaftlichen Umfeld seines/ihres 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 Qualifikationsarbeiten 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 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem fachlichen Umfeld der Qualifikationsarbeit.

3.3. Eigene Arbeiten und Texte

Nicht selten haben die Verfasser physikalischer Qualifikationsarbeiten wesentliche Inhalte ihrer Arbeit bereits vorab in wissenschaftlichen Fachzeitschriften oder an anderer Stelle veröffentlicht; manchmal wird dies sogar verlangt. Regelmäßig sind dabei auch Koautoren beteiligt. Sind Ergebnisse vorab publiziert worden, müssen in der Qualifikationsarbeit die Erstpublikationen 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. So können Textpassagen, Formulierungen, Abbildungen oder Gleichungen aus den eigenen, bereits veröffentlichten Arbeiten zulässig übernommen werden, sofern diese Nutzung transparent und der Eigenanteil deutlich gemacht wird. So kann es unter Umständen ausreichen, zu Beginn der jeweiligen Kapitel bzw. bei den entsprechenden Textstellen die Verwendung eigener Veröffentlichungen, aus welchen Textstellen und Abbildungen mehr oder weniger direkt übernommen wurden, zu benennen und den Eigenanteil zu spezifizieren. Bei Publikationen mit mehreren Autoren gilt dies allerdings nur mit Blick auf Ergebnisse oder Passagen, an denen der Verfasser oder die Verfasserin der Qualifikationsarbeit maßgeblichen Anteil hatte, und die eigenen Beiträge eindeutig gekennzeichnet sind.

Die Übernahme von Abbildungen aus eigenen Publikationen ist sinnvoll und zulässig, wobei in der Bildunterschrift auf die Erstpublikation Bezug zu nehmen ist. Ferner sind die Copyright-Regelungen der ursprünglichen Publikation zu prüfen und einzuhalten. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Urheberrecht, Nutzungsrechten und guter wissenschaftlicher Praxis. So sind beispielsweise Plagiate grundsätzlich Verstöße gegen die wissenschaftliche Redlichkeit und können zusätzlich auch Urheber- und Nutzungsrechtsverletzungen darstellen. Auf diese Aspekte wird hier nicht weiter eingegangen, da sie in der Praxis selten strittig sind, und Fragen ggf. durch die Rechtsabteilungen der Universitäten geklärt werden können.

Bei der Beurteilung des Umgangs mit eigenen Publikationen ist immer der Gesamtzusammenhang der Qualifikationsarbeit und die Wirkung auf einen fachkundigen Leser zu sehen. Speziell ist der Begriff des ‚Selbst-Plagiats‘ als solcher in der Physik, in der Erkenntnisgewinn vor Darstellung geht und Vorabveröffentlichungen und Teamarbeit eher die Regel als die Ausnahme sind, nicht hilfreich: Wer einen Zusammenhang im Rahmen einer Veröffentlichung bestmöglich selbst formuliert hat, wird zu Recht diese Formulierung wieder so nutzen wollen. Dagegen ist die wörtliche oder nur leicht abgewandelte Übernahme aus

eigenen Publikationen von Textteilen, die man aber nicht maßgeblich selbst verfasst hat, ohne Anführungszeichen oder entsprechende Hinweise unzulässig.

Die meisten Doktorarbeiten in der Physik sind gegenwärtig monographisch verfasst, bauen aber klar auf Vorveröffentlichungen mit mehreren Koautoren auf. Häufig kann bei solchen Veröffentlichungen nicht sinnvoll unterschieden werden, welche Passagen oder welche Leistungen und Ergebnisse welchem Autor oder welcher Autorin zuzuordnen sind. Oft ist deshalb bei gemeinsamen Veröffentlichungen von einer Teamleistung auszugehen, an der alle Beteiligten maßgeblichen Anteil hatten.

3.4. KI-Werkzeuge und Umgang mit Quellen

Angesichts der dramatischen Entwicklungen im Bereich der KI, speziell der generativen Modelle zur Text- und Bilderstellung, kann eine Darstellung guter wissenschaftlicher Praxis nur eine Momentaufnahme sein und Richtlinien-Charakter haben (vgl. z.B. [FAQ24]). Es ist durchaus möglich, dass sich unter dem Einfluss von KI speziell die allgemeinen und einleitenden Passagen von Qualifizierungsarbeiten schnell ändern werden. Eine gute Einleitung kann eine wesentliche Hilfe für den Einstieg in die Lektüre sowie zum Verständnis und zur Einordnung der nachfolgend präsentierten Ergebnisse sein. Da schon heute KI-Werkzeuge schnell einen allgemeinen Überblick über ein Forschungsfeld geben und durch Quellen belegen können, dürfte der „Nachweis breiter Kenntnis“ aber im Vergleich zur „konkreten Einordnung der eigenen Ergebnisse in einen Forschungszusammenhang“ an Bedeutung verlieren.

In Anlehnung an Richtlinien der DFG ist es als gute wissenschaftliche Praxis anzusehen, dass, sofern KI-gestützte Programme in Form generativer Modelle zur Text- und Bilderstellung oder zur Generierung inhaltlicher Bestandteile verwendet werden, transparent zu machen ist, welche Software verwendet wurde und zu welchem Zweck, an welchen Stellen und in welchem Umfang. Dagegen muss eingesetzte KI, die sich nicht auf den wissenschaftlichen Inhalt der Arbeit auswirkt (bspw. Grammatik-, Stil-, Rechtschreibprüfung, Übersetzungsprogramme), nicht angegeben werden. Selbstverständlich bleibt die wissenschaftliche Verantwortung für z.B. ‚halluzinierende‘ Sprachmodelle oder auch für KI-erstellte Übersetzungen bei der Verfasserin oder dem Verfasser der Qualifizierungsarbeit, welche sich auch der Gefahr potentieller Copyrightverletzungen durch generative Modelle bewusst sein müssen.

Noch nicht absehbar ist, in welchem Maß professionelles und kreatives Prompting von generativen Sprachmodellen das Formulieren eigener Texte als Leistung ersetzen wird. Auf absehbare Zeit werden hier Graubereiche bleiben.

Der Verweis auf die verwendete Software oder die Zitation von Sekundärliteratur entbindet nicht von der grundsätzlichen Verpflichtung, die Originalquellen wichtiger Aussagen zu verifizieren. Fachspezifisches Allgemeinwissen darf aber vorausgesetzt und braucht nicht durch Zitate belegt werden.

In dem Maß, wie automatische Übersetzungen zuverlässiger und selbstverständlicher werden, stellt sich die Frage nach dem Umgang mit fremdsprachlichen Originalquellen. Im Sinn der Transparenz sollte ein Hinweis auf eine automatische Übersetzung ebenso Selbstverständlichkeit werden, wie etwa die Angabe des Zugriffsdatums bei veränderlichen Internetquellen.

3.5. 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.

Grundsätzlich müssen Doktorarbeiten und Habilitationsarbeiten, da sie Wissen schaffen und nicht nur Kompetenzen nachweisen sollen, öffentlich zugänglich gemacht werden. Dem stehen kommerzielle Interessen wie das an der Verwertung durch Patente oder der Publikation in renommierten Journalen manchmal entgegen. In diesen Fällen spricht aus Sicht guter wissenschaftlicher Praxis in der Physik nichts gegen eine angemessene Verzögerung der Veröffentlichung, auch wenn das ggfs. den weiteren Erkenntnisfortschritt verzögert.

Abschließende Bemerkungen und Dank

Die vorliegende Empfehlung wurde bei den beiden Plenarversammlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) am 4. November 2024 und am 13. Juni 2025 eingehend diskutiert und in der Plenarversammlung am 3. November 2025 verabschiedet. Sie tritt an die Stelle der KFP-Empfehlung von 2016 [KFP16], gibt den Stand der Diskussion Ende 2025 wieder und wird bei Bedarf aktualisiert.

Die KFP dankt den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, die die Diskussionen textlich/redaktionell zusammengefasst haben: Frank Bertoldi (Bonn), Markus Domschke und Enno Giese (Darmstadt), Georg Düchs (Bad Honnef), Gert-Ludwig Ingold (Augsburg), Sandra Klevansky und Björn Malte Schäfer (Heidelberg), Erich Runge (Ilmenau) und Jörg Schnauß (Leipzig).

Quellen und ausgewählte online Ressourcen (Stand Juni 2025)

- [KFP16] Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik: „Gute wissenschaftliche Praxis bei wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten in der Physik“,
https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP_Gute_wissenschaftliche_Praxis_160603.pdf
- [DFG] Dokumente der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG),
<https://www.dfg.de/de/grundlagen-themen/grundlagen-und-prinzipien-der-foerderung/gwp>
- [AFT12] Gemeinsames Positionspapier des Allgemeinen Fakultätentags (AFT), der Fakultätentage und des Deutschen Hochschulverbands (DHV) vom 9. Juli 2012: „Gute wissenschaftliche Praxis bei wissenschaftlichen Qualifikationsarbeiten“,
<https://allgemeiner-fakultaettag.de/2012/07/09/gute-wissenschaftliche-praxis-bei-wissenschaftlichen-qualifikationsarbeiten/>
- [HRK22] Entschließung der 33. Mitgliederversammlung der HRK vom 10.5.2022: „Mustersatzung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit Verdachtsfällen wissenschaftlichen Fehlverhaltens“,
<https://www.hrk.de/positionen/beschluss/detail/mustersatzung-zur-sicherung-guter-wissenschaftlicher-praxis-und-zum-umgang-mit-verdachtsfaellen-wisse/>
- [WR23] Positionspapier des Wissenschaftsrat: „Ausgestaltung der Promotion im deutschen Wissenschaftssystem“, Drucksache 1196-23, April 2023
<https://www.wissenschaftsrat.de/download/2023/1196-23>
- [NFDI] Web-Präsentation des Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) e.V.,
<https://www.nfdi.de/>
- [DHV16] Resolution zu Industriepromotionen des Deutschen Hochschulverbands vom 20. 1. 2016: „Die Industriepromotion – Regeln guter wissenschaftlicher Praxis“,
www.hochschulverband.de/cms1/fileadmin/redaktion/download/pdf/resolutionen/Industriepromotion.pdf
- [HRK17] Hochschulrektoren-Konferenz: „Eckpunkte zur Qualitätssicherung der Promotion mit externem Arbeitsvertrag“, 14. November 2017,
https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-01-Beschluesse/Eckpunkte_Promotion_mit_externem_Vertrag_14112017.pdf
- [VW] Zur Vermeidung von möglichen Problemen mit den Verwertungsrechten der Verlage bei kumulativen Qualifikationsarbeiten werden oft die Publikationen im Anhang aufgeführt aber später bei der Veröffentlichung der Arbeit durch z.B. die jeweilige Universitätsbibliothek durch einen DOI ersetzt. Der Haupttext enthält dann z.B. noch eine Zusammenfassung (etwa 4000 Zeichen) der ausgegliederten Publikation „unter Hervorhebung der individuellen Leistungsbeiträge der Doktorandin/des Doktoranden“.
- [CrediT] CrediT, Contributor Roles Taxonomy, ANSI/NISO Z39.104-2022 (American National Standards Institute, 2022), <https://doi.org/10.3789/ansi.niso.z39.104-2022>
- [FAQ24] Katrin Frisch: “FAQ Künstliche Intelligenz und gute wissenschaftliche Praxis” bzw. „FAQ Artificial Intelligence And Research Integrity“, <https://zenodo.org/records/14045172>