

Umsetzungsbeispiel wissenschaftliche Rechercheumgebungen

Beschreibung des Artefakts

Das Artefakt umfasst wissenschaftliche Rechercheumgebungen zur Suche, Sichtung und Nutzung von Fachliteratur, mit einem klaren Schwerpunkt auf arXiv (xarchive). ArXiv ist ein frei zugängliches, internationales Preprint-Repository, in dem Forschende wissenschaftliche Arbeiten vor der formalen Begutachtung (Peer Review) veröffentlichen. Es wird vor allem in den Bereichen Physik, Mathematik, Informatik, Quantitative Biologie, Statistik und angrenzenden Disziplinen genutzt.

Beschreibung des Szenarios

Das Szenario umfasst 5 Ustd. Im Physik Leistungskurs. Innerhalb einer Woche Leistungskursunterricht wird der Prozess des Nachexperimentierens verfolgt.

Die Lehrkraft demonstriert den Prozess eines wissenschaftlichen Nachexperiments und unterstützt danach Schülerinnen und Schüler bei der Umsetzung ihres eigenen Experiments. In Eigenarbeit verfasst der Lernkörper dann ein Nachprotokoll mit wissenschaftlichen Vorgaben. Ein Exkurs in Messunsicherheiten bietet sich an.

Das Experiment, welches Schülerinnen und Schüler nachexperimentieren wählen sie selbst und schulen dadurch digitalisierungsbezogene Kompetenzen bei der Recherche, problemlöse und physikalische Kompetenzen sowie die Kompetenz zum wissenschaftlichen Arbeiten bei der Umsetzung.

Basisangaben

Fach	Physik	Klassenstufe	12 - Leistungskurs
Schulform	Gymnasium	Lernbereich	3: Praktikum Optik und Schwingungen
Zeitbedarf	5 Stunden	Kompetenzrahmen	[1.1.2] im Fokus [2.5.1] [1.2.1] [2.2.1] [2.2.2] auch bedient

Artefaktsteckbrief wissenschaftliche Rechercheumgebungen

Wofür wird es genutzt?

Wissenschaftliche Rechercheumgebungen sind digitale Plattformen, die das systematische Auffinden, den Zugriff und die Weiterverarbeitung wissenschaftlicher Publikationen ermöglichen. Mit besonderem Fokus auf arXiv handelt es sich um ein digitales Open-Access-Repository, das den Austausch und die Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse beschleunigt und zentral für die digitale Wissenschaftskommunikation ist.

Wie funktioniert es?

ArXiv ermöglicht die gezielte Recherche innerhalb eines umfangreichen digitalen Bestands. Nutzerinnen und Nutzer können nach Autorinnen oder Autoren, Titeln, Abstracts, Schlagwörtern, Fachgebieten oder Veröffentlichungszeiträumen suchen. Beispiel: Eine Suche nach „Wavelengths“ im Fachbereich Physics liefert aktuelle Preprints mit Sortieroptionen nach Relevanz oder Datum.

Alle Dokumente auf arXiv sind frei zugänglich und stehen in der Regel als PDF sowie häufig auch als LaTeX-Quellcode zur Verfügung. Dies unterscheidet arXiv von vielen kommerziellen Datenbanken und macht es zu einem zentralen Werkzeug der digitalen Wissensverbreitung.

ArXiv dient der Erstveröffentlichung von Forschungsergebnissen vor dem Peer Review. Jede Einreichung ist mit einer dauerhaften Identifikationsnummer versehen, frühere Versionen bleiben abrufbar.

Beispiel: Version v1 eines Artikels enthält erste Ergebnisse, v3 ergänzt Korrekturen und neue Daten.

Inhalte werden klar nach wissenschaftlichen Disziplinen und Unterkategorien geordnet. Diese digitale Taxonomie erleichtert die Orientierung und unterstützt fachbezogene Recherche.

Beispiel: Physikbeiträge sind kategorisiert beispielsweise in Angewandte, Atom- und Molekülphysik, Optik uvm.

arXiv-Artikel können zitiert, geteilt und über stabile URLs referenziert werden. Häufig sind Verlinkungen zu späteren journalveröffentlichten Versionen vorhanden. Beispiel: Ein Preprint verweist auf die finale Version in einer Fachzeitschrift.

Nutzerinnen und Nutzer können sich über RSS-Feeds oder E-Mail-Alerts über neue Veröffentlichungen in bestimmten Fachgebieten informieren lassen. Dadurch wird arXiv zu einem Werkzeug der kontinuierlichen digitalen Informationsbeobachtung.

Im Vergleich zu Google Scholar, das als digitale Suchmaschine verschiedenste Publikationsformen indexiert, bietet arXiv einen thematisch fokussierten, nicht-kommerziellen und communitybasierten Datenbestand. Google Scholar eignet sich eher zur breiten Literatursuche, arXiv zur gezielten Arbeit mit aktuellen Primärquellen.

Umsetzung im Unterricht

Technisch-/ infrastrukturelle Voraussetzungen

Notwendig:

- Ein digitales Endgerät, geeignet für Recherche und Dateimanagement mit installiertem Browser.
- Eine Internetverbindung.
- Eine Datenaustauschplattform (Lernsax).

Empfehlenswert:

- Tablets für Schülerinnen und Schüler, damit recherchierte Informationen auch im Physikkabinett Unterlagenlos zur Verfügung stehen. Alternativ ein Drucker.

Abgesehen vom Datenaustausch ist keine Accountgebundene Anmeldung oder Registrierung nötig.

Curriculare Analyse

Fachlehrplan

Lernbereich 3: Praktikum Optik und Schwingungen		12 Ustd.
Problemlösen durch Experimentieren		Entwickeln von Versuchsanordnungen und Planung von Versuchsabläufen
Aufgaben aus den Bereichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Optik auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge zur Erfassung und Auswertung von Messwerten		⇒ Medienbildung ⇒ informatische Bildung
Beherrschen der Analyse von Messunsicherheiten		⇒ Methodenbewusstsein: Messen
- Unterscheidung von systematischen und zufälligen Messunsicherheiten - qualitative und quantitative Diskussion		
Addition der absoluten Messunsicherheiten bei Summen und Differenzen bzw. Addition der relativen Messunsicherheiten bei Produkten und Quotienten		

Die Unterrichtseinheit ist im Lernbereich „Praktikum Optik und Schwingungen“ verortet und knüpft unmittelbar an die experimentell-praktische Arbeitsweise der Physik an. Zentrale fachliche Inhalte sind die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, die quantitative Erfassung physikalischer Größen sowie die kritische Bewertung von Messergebnissen unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten. Der Fachlehrplan fordert auf der Sach- und Methodenebene insbesondere das selbstständige Anwenden physikalischer Modelle, den kompetenten Umgang mit Messverfahren, die mathematische Auswertung von Daten sowie die strukturierte Dokumentation in Form eines wissenschaftsnahen Protokolls.

Lernende sollen Experimente eigenständig planen, Hypothesen formulieren, Versuchsaufbauten begründen und Ergebnisse mit theoretischen Erwartungen vergleichen. Das Nachexperimentieren realer Forschungsarbeiten greift diese Zielstellungen authentisch auf, da Schülerinnen und Schüler fremde Versuchsdesigns analysieren, deren Durchführbarkeit prüfen und an schulische Rahmenbedingungen anpassen müssen. Dadurch werden Transferleistungen zwischen Theorie, Experiment und Auswertung gefordert. Die Einbindung von Messunsicherheiten unterstützt die im Lehrplan verankerte Kompetenz, Daten kritisch zu interpretieren und die Aussagekraft von Ergebnissen realistisch einzuschätzen.

Vorausgesetzt werden grundlegende Kenntnisse zu optischen Phänomenen und Schwingungen, Erfahrungen im Umgang mit Messgeräten, Protokollführung sowie mathematische Fertigkeiten zur Auswertung von Messreihen. An diese Vorkenntnisse knüpft die Stunde an, indem sie die bisher eher angeleiteten Praktikumsformen zu einem stärker selbstgesteuerten, wissenschaftsorientierten Arbeiten erweitert. Gleichzeitig wird das Verständnis für reale Forschungsprozesse vertieft und der Fachunterricht in einen authentischen wissenschaftlichen Kontext eingebettet.

digitalisierungsbezogene Lernziele

#	MIA	K#	Qualifikationsebene Kompetenzrahmen	Handlungsebene
D1	M	1.1.2	Schülerinnen und Schüler nutzen und entwickeln indem sie Suchstrategien weiter,	ihnen bekannte Suchstrategien in einer unbekannten und wissenschaftlich fokussierten Umgebung anwenden, reflektieren und angeleitet anpassen.
D2	M	2.5.1	Schülerinnen und Schüler nutzen öffentliche und private Dienste,	in einem öffentlichem Forum iterierend Materialien filtern.
D3	A	1.2.1	Schülerinnen und Schüler analysieren, interpretieren und bewerten Informationen und Daten kritisch, indem sie	digitale Materialien kriteriengeleitet auswählen.
D4	I	2.2.1	Schülerinnen und Schüler teilen Dateien, Informationen und Links, indem sie	auf einem Protokoll ein Musterprotokoll referenzieren und zitieren.
D5	A	2.2.2	Schülerinnen und Schüler beherrschen Verweise und Quellenangaben, indem sie	ein vorgegebenes Zitiersystem anwenden (Bsp. Harvard).

Unterrichtsverlaufsplanung – 1 Einzelstunde – 2 Doppelstunden

Legende Unterrichtsmedium Unterrichtswerkzeug Unterrichtsgegenstand

Zeit	Phase	Inhalt	SF/M ¹	Medien/Material	LZ Nr.
10'	Motivation	Darstellung der Relevanz des Nachexperimentierens. Vorlage der Bewertungskriterien für ein Schülergeleitetes Nachexperiment mit arXiv als Quelle.	UG	Computer und Beamer	
5'	Einführung	Einstudierte Suche von einem Experiment auf arXiv. Iteration über 2 Experimente und deren Nicht-Eignung für die Durchführung mit Schulmaterialien. „Das geht nicht. 1000 Volt hab ich nich.“ Sonstige Kriterien ähnlich der Schülerkriterien in Stunde 2. Darstellung der Anpassung der Suchinteraktion. Iteration über vorbereitetes Experiment, Begründung der Eignung.	FU/LV	Computer und Beamer, arxiv.org	D1, D3
20'	Erarbeitung	Durchführung des recherchierten Experiments. Vorbereitung bereits vor Unterrichtseinheit. Protokollführung betonen.	FU	Computer und Beamer, digitales Protokoll	
10'	Abschluss	Erster Vergleich der aufgenommenen Werte mit Ergebnissen aus dem Vorlageexperiment. Erste Bewertung des Prozesses.	UG	Computer und Beamer, Protokoll, arxiv-Protokoll	D3

¹SF – Sozialform (SA: Schülerarbeit; FU: Frontalunterricht; LV: Lehrervortrag); M - Methode

Zeit	Phase	Inhalt	SF/M ¹	Medien/Material	LZ Nr.
15'	Sicherung	Vorstellung des Verschriftlichten Protokolls mit Experimentierdaten aus letzter Stunde. Verbreitung dieses Vorbildprotokolls.	FU/LV	Computer und Beamer	D5
15'	Erarbeiten	Einführung Messunsicherheiten.			
40'	Erarbeiten, Anwenden	Schülerinnen und Schüler suchen und finden ein Experiment auf arXiv. Zu beachten sind die Kriterien: • Umsetzbarkeit mit Schulmaterialien • Angemessener Anspruch für die SEK II • Durchführungszeit unter 40 Minuten (Keine auf Zeit angewiesenen Messdaten) • Quantitative Messgrößen Angemessene Themen könnten sein: Interferenz, Wellenlängenbestimmung, Resonanzphänomene von Licht, Polarisation von Licht Ein gefundenes PDF wird mit der Lehrkraft geteilt, welche dieses abnicken kann oder ablehnt, falls das Experiment nicht zum Nachexperimentieren geeignet ist. Die Lehrkraft gibt dann Hilfestellung auf mögliche Sucheinschränkungen explizit in wissenschaftlichen Foren.	UG	Digitales Endgerät, arxiv.org, Experimentier- materialien	D1, D2, D3, D4
20'	Erarbeiten	Schülerinnen und Schüler planen das eigene Experiment und bereiten das Protokoll für den eigenen Versuch vor.		Digitales Endgerät, Protokollvorlage	

Zeit	Phase	Inhalt	SF/M ¹	Medien/Material	LZ Nr.
60'	Durchführen	Schülerinnen und Schüler führen ihr Experiment durch.	SA	Digitales Endgerät, Experimentier- materialien	
20'	Abbau, Reflexion	Abbau und erster Vergleich mit Daten aus Ursprungsexperimenten.	SA		
10'	Abschluss, Sicherung	Im Plenum wird erörtert, welche Differenzen zwischen der Suchfunktion von nutzerorientierten Anbietern und wissenschaftlich orientierten Foren existieren. Ein mündliches Fazit zum Nachexperimentieren wird gebildet.	UG		D1
Heimarbeit		Schülerinnen und Schüler erstellen ein qualitativ hochwertiges Protokoll, welches in der nächsten Woche abzugeben ist.		Protokollvorlage, Vorbildprotokoll	D4, D5

Für die Umsetzung empfohlene Arbeitsmaterialien

1 Bewertungsmatrix

Eine von der Fachschaft festgelegte oder den Schülerinnen und Schülern bereits bekannte Bewertungsmatrix angepasst an den Fokus der Unterrichtsreihe.

- Anhebung der Bewertungseinheiten auf Versuchsaufbau
- Anhebung der Bewertungseinheiten auf Auswertung
- Anhebung der Bewertungseinheiten auf die abschließende Diskussion inklusive Hinweis auf Verarbeitung des Themas „Nachexperiment“
- Senkung der Bewertungseinheiten bei physikalischen Grundlagen, verwendeten Formeln und Messungen.

2 Musterprotokoll

Eine Protokollvorlage für Schülerinnen und Schüler empfiehlt sich didaktisch. Am geeignetsten wäre hier diejenige Vorlage, welche der Lernkörper in vergangenen Experimenten nutzte, spiralcurricular in Richtung Wissenschaftlichkeit zu ergänzen. Alternativ kann auch mit einer Protokollanleitung einer Universität Authentizität hergestellt werden.

Musterprotokoll (Anleitung) der TU Dresden:

<https://tu-dresden.de/mn/physik/studium/lehrveranstaltungen/praktika/hidden/musterprotokoll> [Zugriff am 02.02.2026]

3 Vorbildprotokoll

Ein nach dem Musterprotokoll erstelltes Vorbildprotokoll zum in Stunde 1 gezeigten Versuch mit den dementsprechenden Messwerten und vollständiger Fehlerrechnung. Für den Versuch empfiehlt sich beispielsweise Youngs Doppelspalt Experiment mit einzelnen Photonen.

Young's Double-Slit Interference Demonstration with Single Photons:

<https://arxiv.org/abs/2401.02351> [Zugriff am 01.06.2026]

4 Harvard Zitation

Als Handreichung für Schülerinnen und Schüler ein Merkzettel zur Harvard Zitation. Kurzfassung Harvard Methode von der Charité Medizinfakultät der Universität Berlin:

https://www.charite.de/fileadmin/user_upload/portal/forschung/gute-wiss-praxis/Harvard-Methode_Kurzfassung.pdf [Zugriff am 07.02.2026]