

Schweizerische Koordinationsstelle
für Bildungsforschung

Centre suisse de coordination pour
la recherche en éducation

Centro svizzero di coordinamento
della ricerca educativa

Swiss Coordination Centre for
Research in Education

Information Bildungsforschung
Permanente Erhebung über Projekte der schweizerischen Bildungsforschung

Information sur la recherche éducationnelle
Enquête permanente sur la recherche éducationnelle en Suisse

Informazione sulla ricerca educativa
Inchiesta permanente sulla ricerca educativa in Svizzera

Information about research in education
Permanent inquiry into educational research in Switzerland

ISSN 1013-6258

25:012

Laufzeit des Projekts: 2018–2023

Thema des Projekts:

Quantenphysik als Teil gymnasialer Bildung – Entwicklung und Evaluierung einer didaktisch rekonstruierten Lernumgebung

Durée de la recherche: 2018–2023

Thématique de la recherche:

La physique quantique comme partie de l'éducation gymnasiale: conception et évaluation d'un environnement d'apprentissage reconstruit de manière didactique

Institution: Universität Zürich UZH), Institut für Erziehungswissenschaft (IfE), Zürich

Bearbeitung | Mise en œuvre: Hans Peter Dreyer, Dr.; Betreuung der Dissertation: Kai Niebert, Prof. Dr.;
Franz Eberle, Prof. Dr.; Christof Aegerter, Prof. Dr. (UZH, Physik-Institut)

Kontaktperson | Personne à contacter: Hans Peter Dreyer (hp.dreyer@thurweb.ch)

Kurzbeschreibung: Quantenphysik (QP) gehört zur grundlegenden gymnasialen Bildung. Die QP liefert auch die Grundlagen für viele Technologien, vom Handy bis zum MRI. Der in dieser Dissertation erarbeitete Zugang richtet sich an die oft wenig MINT-affine Mehrheit im obligatorischen Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Mithilfe Didaktischer Rekonstruktion erarbeitete der Autor die Lernumgebung FACETTEN DER QUANTENPHYSIK, bestehend aus 3 Modulen, und erprobte diese mit über 500 Schülerinnen und Schülern sowie 10 Lehrpersonen. Modul 1 fragt nach dem Wesen des Lichts, macht die Schülerschaft mit dem Strahlungsgesetz und dem Photoeffekt bekannt und führt neben dem Wellen- auch den Teilchenaspekt elektromagnetischer Strahlung ein. Der Konzeptwechsel vom «Entweder-oder» zum «Sowohl-als-auch» fällt beim Licht leichter als beim Elektron, das im Zentrum von Modul 2 steht. Dieses führt bis zur Zustandsfunktion im Wasserstoff-Atom und im Potenzialtopf, zu Borns Wahrscheinlichkeitsinterpretation und zu Schrödingers Katze. Die historische Entwicklung der Forschung entspricht oft Schwierigkeiten im Lernprozess; in diesen Fällen folgt der Lernweg der Geschichte. Er bezieht aber auch Anwendungen wie den Treibhauseffekt oder das Tunnelmikroskop mit ein und ermöglicht exemplarische Einsichten in das Wesen der Physik (Nature of Science, NOS). Die Evaluierung (N = 90) mit Fragebogen und Zeichnungen bestätigt nach einer Unterrichtssequenz von 10 bis 15 Lektionen Dauer eine beachtliche Entwicklung der Konstrukte «Licht», «Atom», «Elektron» und «Zufall» in Richtung fachwissenschaftlichen Verständnisses. Eine qualitative Inhaltsanalyse strukturierter Lerntagebücher (N = 60) zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler gerne mit FACETTEN arbeiten, dass ihnen die Welle-Teilchen-Dualität beim Sprechen über Quantenobjekte hilft und dass sie die meisten Einblicke in NOS schätzen. Modul 3 geht vertieft auf die Quantenmechanik ein, ist jedoch noch nicht erprobt. Die Unterrichtsmaterialien sind [im Internet verfügbar](#). Zusatzangebote zur Binnendifferenzierung in Richtung MINT und NOS gibt es unter demselben Link als Testversionen.

Brève description de la recherche: La physique quantique fait partie des bases de l'éducation gymnasiale. Elle sert également de fondement à une multitude de technologies, du téléphone portable à l'IRM. L'accès à cette discipline qui a été élaboré dans cette thèse de doctorat s'adresse à la majorité des élèves en cours de physique obligatoire au gymnase, qui a souvent peu d'affinités avec les matières MINT. En s'appuyant sur la méthode de la reconstruction didactique, l'auteur a conçu l'environnement d'apprentissage FACETTES DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE, composé de 3 modules, qu'il a testé avec plus de 500 élèves et 10 enseignant-e-s. Le premier module, consacré à la nature de la lumière, fait découvrir aux élèves la loi du rayonnement et l'effet photoélectrique et aborde les aspects ondulatoire et particulaire du rayonnement électromagnétique. Le passage du concept «soit l'un, soit l'autre» au concept «les deux» est plus facile pour la lumière que pour l'électron, qui est le thème du second module. Celui-ci englobe la fonction d'état dans un atome d'hydrogène et dans la cuvette de potentiel, l'interprétation probabiliste de Born et le chat de Schrödinger. Le développement historique de la recherche correspond souvent à des difficultés rencontrées dans le processus d'apprentissage. Dans ces cas, le chemin d'apprentissage suit l'Histoire. Cependant, il prend aussi en considération des domaines d'utilisation tels que l'effet de serre ou le microscope à effet tunnel et propose des exemples offrant un aperçu de la nature de la physique (Nature of Science, NOS). L'évaluation (N = 90), effectuée à l'aide d'un questionnaire et de dessins, confirme après une séquence de 10 à 15 leçons un développement considérable des concepts «lumière», «atome», «électron» et «hasard» vers une compréhension scientifique. Une analyse qualitative des contenus de journaux d'apprentissage structurés (N = 60) montre que les élèves aiment travailler avec FACETTES, que la dualité onde-particule les aide à parler des objets quantiques et qu'ils et elles apprécient la plupart des aperçus qu'ils ont pu avoir de la nature de la physique. Le troisième module traite en profondeur de la mécanique quantique, mais n'a pas encore été testé. Les supports pédagogiques sont [disponibles sur Internet](#). Des offres supplémentaires pour la différenciation interne dans les disciplines MINT et NOS, sont disponibles sous le même lien. Il s'agit de versions d'essai.

Veröffentlichungen | Publications: Dreyer, H. P. (2023). *Quantenphysik als Teil gymnasialer Bildung – Entwicklung und Evaluierung einer didaktisch rekonstruierten Lernumgebung* (Dissertation, Universität Zürich).

<https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/233601/>

Dreyer, H. P. (2024). Facetten der Quantenphysik für das Nicht-MINT-Gymnasium – Entwicklung und Evaluierung einer didaktisch rekonstruierten Lernumgebung. *Progress in Science Education (PriSE)* 7(2), 78–110.

<https://doi.org/10.25321/prise.2024.1501>

Hier erwähnte Publikationen sind über den Buchhandel oder die durchführende Institution bzw. die Kontaktperson zu beziehen, nicht bei der SKBF.

Les publications mentionnées dans l'Information sur la recherche éducationnelle ne sont pas disponibles au CSRE; veuillez vous adresser à votre libraire ou à l'institution de recherche ou à la personne de contact mentionnée.

Methoden | Méthodes de recherche: *design-based research*, Befragung, Lerntagebücher, Didaktische Rekonstruktion, Inhaltsanalyse

Geografischer Raum | Délimitation géographique: Deutschschweiz

Art des Projekts | Type de recherche: Eigenprojekt im Rahmen einer Dissertation

Auftrag | Mandat de la recherche: ohne Auftrag

Finanzierung | Financement: Eigenfinanzierung

Schlüsselbegriffe: Gymnasium, Sekundarstufe II, didaktische Rekonstruktion, Welle-Teilchen-Dualität, Quantenphysik, Naturwissenschaften, *Nature of Science*

Mots-clés: gymnase, degré secondaire II, reconstruction didactique, dualité onde-particule, physique quantique, *Sciences de la nature, Nature of Science*
