



RUB

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

SEMINAR ZUR DIDAKTISCHEN REKONSTRUKTION

WiSe 25/26 - Quantenmechanik - Larissa Schaper - 19.12.2025

Fahrplan für die heutige Sitzung

- Was ist ein Photon? – Assoziationen und Lernendenvorstellungen
- Zugänge zur Quantenmechanik - Allgemein
- Zugänge zur Quantenmechanik – Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen
- Reaktion auf Assoziationen der Lernendenvorstellung

Was ist ein Photon?

Notiert eure Assoziationen auf den Moderationskarten. 

Clustert anschließend gemeinsam eure Karten.  

Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff Photonen?

Notiert eure Assoziationen auf den Moderationskarten. 

Clustert anschließend gemeinsam eure Karten.  

Zugänge zur Quantenmechanik

	Münchener Unterrichtskonzept (Müller/Wiesner)
Ziel	Begriffs- und Deutungsverständnis (qualitativ), Anschließend Einblick in Formalismus (quantitativ)
Zugang	Konzeptionell-theoretisch, mit klarer Begriffssprache (qualitativer Basiskurs); später formal (quantitativer Aufbaukurs).
Zentrale Inhalte	Dynamische Eigenschaften, Born-Interpretation, Ensemble, Messprozess, Unbestimmtheit, Wellenfunktion, Operator, Potentialtopf, Atommodell
Umgang mit Mathematik	Hoch im Aufbaukurs: Einführung von Wellenfunktion, Operatoren, Eigenwertgleichungen; Kompromisse bei komplexen Zahlen
Experimente	Schlüsselsequenzen vor allem als Simulationen (Mach-Zehnder, Doppelspalt, Elektronenbeugung)
Lernschwierigkeiten	Explizite Analyse typischer Fehlvorstellungen (Bohr-Bild, permanente Lokalisierung, falsche Unbestimmtheitsdeutung) und Einbau in Kursstruktur

Zugänge zur Quantenmechanik

	Erfahrungsbasiertes Lernen (Seiter et al.)
Ziel	Erfahrungsaufbau via Realexperimente; Reflexion von Kausalität/Zufall.
Zugang	Phänomenologisch, erfahrungsbasiert, wenig Mathematik.
Zentrale Inhalte	Einzelphoton-Strahlteiler, Polarisierung, Mach-Zehnder, Quantenradierer, Verschränkung; Fokus auf Komplementarität und stochastisches Verhalten.
Umgang mit Mathematik	Minimal: qualitativ, keine formale QM, Schwerpunkt auf Zählraten und Wahrscheinlichkeitsaussagen.
Experimente	Reale quantenoptische Aufbauten (Quantenkoffer).
Lernschwierigkeiten	Aufgreifen von Alltagsvorstellungen zu Determinismus/Zufall und Welle/Teilchen über Konfrontation von Erwartungen mit Beobachtungen.

Zugänge zur Quantenmechanik

	Kriterien nach Rode/Barth (Basisartikel NiU 162)
Ziel	Auswahl und Bewertung von Unterrichtskonzepten; Klärung fachlicher Kernideen für die Schule.
Zugang	Kein direkter Zugang / Kursvorschlag, sondern Raster und Kriterien zur Kursgestaltung mit Empfehlungen.
Zentrale Inhalte	Wesenszüge von Quantenobjekten, unterschiedliche Konzepte (historisch, Zeiger, Berliner, Münchener etc.), Kriterienkatalog, Glossar.
Umgang mit Mathematik	Betonung, dass Mathematik nur elementar einsetzbar ist; Empfehlung von Zeigermodell als Brücke.
Experimente	Breite Palette: Schulversuche, Filme, Simulationen; Warnung vor „falscher Anschaulichkeit“.
Lernschwierigkeiten	Systematische Warnung vor „falschen Freunden“ und Kriterien, um genau solche Fallen zu vermeiden.

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus – Auszüge aus der Literatur Arbeitsaufträge

1. Lest den von euch gewählten Auszug aus der Literatur im Hinblick auf die Formulierungen, in denen
 - von Photonen (auch mit anderen Begrifflichkeiten) und über den Welle-Teilchen-Dualismus gesprochen wird.
 - der Weg / Ort in Verbindung mit Eigenschaften, Messungen und Lernendenvorstellungen thematisiert wird.
 - einzelnen Photonen und ein Ensemble von Photonen thematisiert werden.
2. Füllt die Tabelle in der PowerPoint-Präsentation stichpunktartig aus. Diese PowerPoint dient im Anschluss dazu, deinen Ansatz den anderen vorzustellen.
3. a) Formuliert eine Sprachregel, wie ihr über Photonen und den Welle-Teilchen-Dualismus gemäß dem Ansatz sprechen könntet, um Lernendenvorstellungen entgegenzuwirken/abzubauen/zu thematisieren.
b) Wendet eure Sprachregel an, indem ihr einen Beispielsatz zum Verhalten von Photonen am Doppelspalt formuliert.
Eure Sprachregeln und Beispielsätze werden in der anschließenden Plenumsrunde gesammelt.

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen
in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus

	Münchener Unterrichtskonzept (Müller/Wiesner)
Begrifflichkeit für Photonen	$E=h \cdot f$
Einstieg in den Photonenbegriff	Einführung über den Photoeffekt: Das Wellenbild von Licht versagt an der Stelle
Wellenartige Aspekte	Der Photoeffekt lässt sich nicht mit der klassischen Wellenvorstellung erklären (Photon ist keine Welle)
Teilchenartige Aspekte	Ein Photon ist keine Welle, aber auch kein lokalisiertes Objekt.

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus

	Münchener Unterrichtskonzept (Müller/Wiesner)
Umgang mit dem Dualismus-Begriff	Das Interferenzmuster beim Mach-Zehnder-Versuch kann man nur mit beiden Modellen (Welle und Teilchen) deuten. Beide Modelle müssen sich vereinigen um die Beobachtung zu deuten
Aussage zu Weg/Ort des Photons	Versuch als Simulation: Einstellung von Polarisationsfiltern in Mach-Zehnder: Ein Photon ist kein lokalisiertes Gebilde, sonst müsste das Photon wissen wie Polarisationsfilter eingestellt sind. Wenn die Photonen eine Ortseigenschaft hätten, würde kein Interferenzmuster auftauchen
Sprachliche Leitlinie	Photonen sind keine lokalisierten Gebilde. Klassisch wohldefinierte Eigenschaften können Quantenobjekten nicht zugeschrieben werden
Umgang mit Lernendenvorstellungen	„Ein Photon könnte sich am halbdurchlässigen Spiegel aufteilen“. Experimentell widerlegen, indem man Detektoren in beide Wege einstellt. Es wird immer nur ein Photon detektiert.

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen
in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus

	Erfahrungsbasiertes Lernen (Seiter et al.)
Begrifflichkeit für Photonen	Energieportionen
Einstieg in den Photonenbegriff	Energieportionen des Lichts. Quantelung des Lichts. Zählrate statt Intensität.
Wellenartige Aspekte	Strahlteiler, Polarisation, Reflexion, Interferenz
Teilchenartige Aspekte	Einzelne Teilchen, zählbar, Unteilbarkeit

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen
in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus

	Erfahrungsbasiertes Lernen (Seiter et al.)
Umgang mit dem Dualismus-Begriff	Es wird untersucht wie die Aspekte von Welle und Teilchen für Photonen zusammenpassen.
Aussage zu Weg/Ort des Photons	Überlagerung der Lichtwege, Detektoren,
Sprachliche Leitlinie	„das Energieportionen verhält sich so als....“
Umgang mit Lernendenvorstellungen	Die Hypothesen der Lernenden werden mithilfe der Durchführung der Experimente bestätigt, angepasst oder verworfen. Es werden Erfahrungen gemacht und gemeinsam reflektiert. Alles was über die Beobachtung hinausgeht sollte vermieden werden.

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen
in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus

	Kriterien nach Rode/Barth (Basisartikel NiU 162)
Begrifflichkeit für Photonen	Quantenobjekt
Einstieg in den Photonenbegriff	Einzelne, unteilbare Objekte, die im einzelnen zur Interferenz gebracht werden können. Viele erzeugen Muster.
Wellenartige Aspekte	Beugungsbild -> Wellenlänge
Teilchenartige Aspekte	die im einzelnen zur Interferenz gebracht werden können. Viele erzeugen Muster. Muster definiert sich mit der Versuchsanordnung. Objekte nur im Detektor nachweisbar, abstrakte Objekte die eine Veranschaulichung zulassen.

Zugänge zur Quantenmechanik

Fokus auf Photonen und sprachliche Repräsentationsformen in Bezug auf den Welle-Teilchen-Dualismus

	Kriterien nach Rode/Barth (Basisartikel NiU 162)
Umgang mit dem Dualismus-Begriff	zeigen wellenartiges und teilchenartiges Verhalten. Wird als etwas drittes beschrieben, also weder Welle noch Teilchen Quantenobjekte interferieren mit sich selbst, verstanden als Interferenz von Möglichkeiten
Aussage zu Weg/Ort des Photons	Superposition: Wenn es mehr als eine Verbindung von Quelle und Detektor gibt, keine Aussagen der klassischen Physik möglich Mach-Zehnder Interferometer
Sprachliche Leitlinie	Das Interferenzmuster ist durch den gesamten Versuchsaufbau festgelegt; die Quantenphysik ist nicht anschaulich im klassischen Wellen- oder Teilchenbild zu verstehen, sondern erfordert abstrakte Modelle „Interferenzmuster“, „Nachweiswahrscheinlichkeit“, „komplementäre Größen“, „Nicht-Lokalität“, „Superposition“ -> QUANTENOBJEKT
Umgang mit Lernendenvorstellungen	Würfelexperiment, =Zufall

Zugänge zur Quantenmechanik

Sprachregel aus dem Münchener Unterrichtskonzept (Müller/Wiesner)

Um Experimente mit Licht (z. B. Photoeffekt, Mach-Zehnder-Interferometer) deuten zu können, müssen dem Licht zwei zentrale Eigenschaften zugeordnet werden. Einige Beobachtungen lassen sich mit dem klassischen Wellenansatz interpretieren, bei anderen Beobachtungen muss Licht als Photon, also als nicht lokalisierbares Objekt angenommen werden.

Sprachregel aus dem erfahrungsbasierten Lernen (Seiter et al.)

Die Eigenschaften von Teilchen und Wellen werden nur indirekt für die Photonen genutzt. Dabei verhält sich das Photon nur so, wie ein Teilchen/wie eine Welle.

Zugänge zur Quantenmechanik

Sprachregel aus den Kriterien nach Rode/Barth

Die Fachbegriffe werden korrekt verwendet oder gezielt vermieden, aber auch nicht tiefgründig sondern nur SuS freundlich definiert. Der Welle-Teilchen Dualismus wird eher vermieden.

Beispiel:

Schickt man einzelne Photonen nacheinander durch einen Doppelspalt, so treffen sie jeweils als punktförmige Ereignisse auf dem Schirm auf, bilden aber nach vielen Wiederholungen ein Interferenzmuster, das ihrer Wahrscheinlichkeitsverteilung entspricht.

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB