

milq – Münchener Internet-Projekt zur Lehrerfortbildung in Quantenmechanik

1. Einleitung

Die Quantenphysik wird allgemein als ein integraler Bestandteil des Physikunterrichts in der Oberstufe angesehen und ist deshalb auch in allen Oberstufen-Lehrplänen vertreten. Sie spielt in der Schulphysik eine besondere Rolle: Sowohl Schüler(innen) als auch Lehrer(innen) müssen sich ihren außerordentlich großen Interpretationsproblemen stellen. Selbst wenn der Unterricht oftmals so gestaltet wird, dass die begrifflichen Fragen in den Hintergrund gedrängt werden – spätestens bei der Behandlung der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation und der Frage, was Δx und Δp bedeuten, kann man ihnen nicht mehr ausweichen.

Um diese Inhalte adäquat vermitteln zu können, müssen Lehrerinnen und Lehrer ein gewisses Hintergrundwissen besitzen (oder sich erarbeiten können). Wie man aus Gesprächen und Diskussionen erfährt, herrscht aber gerade in den heiklen Fragen der Interpretation häufig eine gewisse Unsicherheit und das Gefühl, mit den Inhalten, die man im Unterricht vermittelt, „auf schwankendem Boden zu stehen“. Zum Teil liegt dies in der universitären Ausbildung begründet: Die Vorlesungen über Quantenmechanik beschränken sich meist darauf, den Formalismus zu lehren; kaum jemals wird auf die für die Schule entscheidenden anschaulichen und begrifflichen Fragen eingegangen. Empirische Untersuchungen an Lehramtsstudentinnen und -studenten [1] nach Besuch der Quantenmechanik-Vorlesungen zeigen, dass die Vorstellungen der zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer zur Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation, zum Orts- und Bahnbegriff oder zu Atomen weitgehend die gleichen sind wie sie Schülerinnen und Schüler aufweisen. Mit anderen Worten: Auf die anschaulichen Vorstellungen zur Quantenphysik hat die Lehrerausbildung an der Universität nur einen geringen Einfluss.

Diese Befunde zeigen den Sinn und die Notwendigkeit von Lehrerfortbildung im Bereich der Quantenphysik. Es besteht einerseits das Bedürfnis nach vertieftem Hintergrundwissen und andererseits nach für den Unterricht aufbereiteten Materialien zu lohnenden Themen der Quantenmechanik. Dies ist der Ausgangspunkt für das in Vorbereitung befindliche Projekt milq: das Münchener Internet-Projekt zur Lehrerfortbildung in Quantenmechanik. Unseres Wissens handelt es sich hierbei um den ersten größeren Versuch, Lehrerfortbildung über das neue Medium Internet anzubieten. Die Details dieses Projekts sollen im folgenden näher erläutert werden. Weitere Informationen sowie Beispiellektionen findet man unter: www.physik.uni-muenchen.de/sektion/didaktik/milq.

2. Gestaltung des Lehrerfortbildungs-Projekts

Der Aspekt, der das Projekt von einer herkömmlichen Fortbildung am stärksten unterscheidet ist das Medium: Die Lehrerfortbildung soll über das Internet stattfinden. Die Gründe, die für diese Entscheidung sprechen, sind die folgenden:

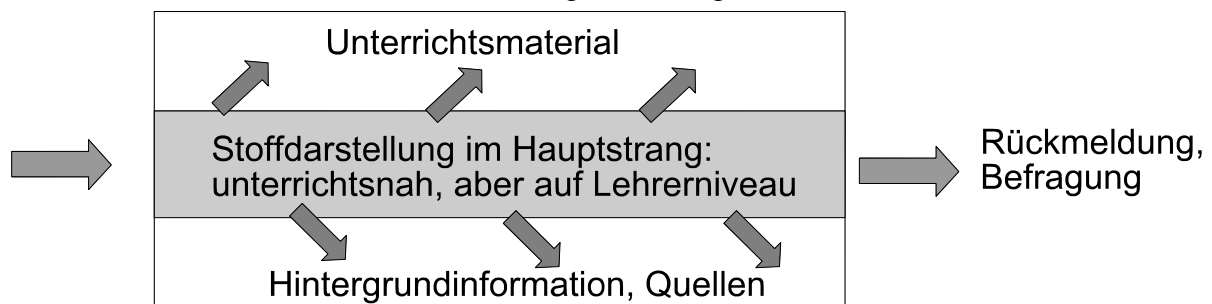
- Mit dem Internet wird ein modernes Medium genutzt, dessen Bedeutung in den letzten Jahren sprunghaft zugenommen hat und in der Zukunft – speziell im Lehr- und Lernbe-

reich – noch zunehmen wird. Mit der Wahl dieses Mediums kann man neue Lehrformen (z. B. die Organisation von Inhalten mit Hypertext) nutzen und auch die sich daraus ergebenden neuen Möglichkeiten erproben.

- Es besteht die Möglichkeit der Integration multimedialer Elemente, z. B. von Simulationsprogrammen. Sie können direkt in die Fortbildung integriert werden.
- Ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist die potentiell größere Reichweite des Projekts. Statt einer einzelnen Gruppe von 20 bis 40 Personen wie bei herkömmlichen Lehrerfortbildungen kann ein sehr viel weiterer Personenkreis angesprochen werden. Das gilt insbesondere, wenn das Material, wie geplant, auch in englischer Sprache zur Verfügung gestellt wird.
- Die Inhalte können stetig erweitert und angepasst werden.

Da im Bereich des Internet-Lehrens und -Lernens noch relativ wenige Erfahrungen vorliegen, müssen hier Lösungen bezüglich der Gestaltung der Fortbildung gefunden werden. Unser Projekt soll aus kleinen überschaubaren Lektionen zu eng umrissenen Themenkreisen bestehen. Damit soll einerseits der Tatsache Rechnung getragen werden, dass zu umfangreiche Lerneinheiten am Bildschirm leicht zu Überforderungen führen und andererseits dem „lost in hyperspace“-Phänomen (dem Verlieren der Übersicht in zu komplexen Multimedia-Umgebungen) vorgebeugt werden.

Die Struktur einer Lektion wird aus dem folgenden Diagramm deutlich:



Im Hauptstrang, der sequentiell durchlaufen werden soll, erfolgt die eigentliche Präsentation des Stoffes. Die Stoffdarstellung ist an den Bedürfnissen des Unterrichts orientiert, aber zunächst auf Lehrerniveau, d. h. es wird ein gewisses Hintergrundwissen vorausgesetzt. Vom Hauptstrang zweigen andere Arten von Seiten ab: Konkrete Umsetzungsvorschläge für den Unterricht werden in Seiten gegeben, die über mit einem **U**-Zeichen (wie Unterricht) gekennzeichnete Links erreicht werden können. Hier finden sich auch zusätzliche unterrichtspraktische Hinweise und Materialien, z. B. Arbeitsblätter. Eine andere Art von Seiten zweigt an den mit **i** (wie Information) gekennzeichnete Links ab. Hier haben Hintergrundinformationen, mathematische Ableitungen und tiefergehende Begründungen ihren Platz, deren Erörterung im Haupttext den Darstellungsfluss zu sehr unterbrechen würde. Zusätzlich werden zu wichtigen Themen mit **Basis** gekennzeichnete Seiten eingerichtet, die in kurzer Form Basiswissen für nachfolgende Bezüge bereitstellen. Die verschiedenen Stränge sind auch optisch gekennzeichnet um eine leichte Identifizierung zu erlauben: Der Hintergrund von Seiten im Hauptstrang ist sandfarbenen, der von **i**-Seiten blau, von **U**-Seiten grün.

3. Inhalte und Vorgehensweise

Wie bereits oben erwähnt soll der Schwerpunkt der Lehrerfortbildung auf den begrifflichen Fragen der Quantenmechanik liegen. Um eine Orientierungsgrundlage aufzubauen, durchlaufen die Teilnehmer zunächst einen Basiskurs, der aus ca. 20 Lektionen besteht. Die Inhalte in diesem Basiskurs orientieren sich weitgehend am Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik [2], in dem die begrifflichen Aspekte der Quantenmechanik eine zentrale Rolle spielen. Beispiele für Themen sind: Wahrscheinlichkeiten in der Quantenmechanik, dynamische Eigenschaften und ihre Präparation, Doppelspaltexperiment, Messungen in der Quantenmechanik, Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation im Unterricht, Auseinandersetzung mit dem Bohrschen Atommodell.

Darauf aufbauend werden Lektionen angeboten, die sich mit Aspekten beschäftigen, die für den Schulunterricht relevant sein können und die aus den folgenden Kategorien stammen:

- Hintergrundinformationen zu typischen Lehrplanthemen
Beispiele: In welchem Sinne „beweist“ der Photoeffekt die Photonenhypothese, Probleme bei der Einzelspaltableitung der Unbestimmtheitsrelation. Was bedeutet die Energie-Zeit-Unbestimmtheitsrelation? Kann man Photonen eine relativistische Masse zuordnen? Wie weist man eigentlich Photonen, Atome, Neutronen nach?
- Themen aus der aktuellen Diskussion
Beispiele: Was sind Rydberg-Atome? Quantum Eraser, Was sind Greenberger-Horne-Zeilinger-Korrelationen, Quantencomputer, Quanten-Teleportation.
- Deutungsfragen
Beispiele: Kopenhagener Interpretation, Bohr-Einstein-Debatte, Statistische Deutung, EPR-Paradoxon, Bellsche Ungleichung, Verborgene Parameter (Bohmsche Mechanik), Viele-Welten-Interpretation
- Überblick über Unterrichtsvorschläge aus der physikdidaktischen Literatur

Im Vergleich zur herkömmlichen Lehrerfortbildung besteht ein Problem beim Lernen übers Internet darin, dass das Lernen isoliert erfolgt. Die wichtige soziale Komponente droht dabei verloren zu gehen. Um dem wenigstens teilweise abzuhelfen sollen (jedenfalls in der Anfangsphase des Projekts) Lerngruppen gebildet werden. Nach einer persönlichen Zusammenkunft am Anfang bearbeiten die Mitglieder der Gruppe die einzelnen Lektionen synchron. Sie können über eine e-mail-Diskussionsgruppe untereinander kommunizieren und diskutieren.

Darüber hinaus soll in dem Projekt der Nutzen des Mediums Internet für Lehrerfortbildungen empirisch untersucht werden. Über Befragungen an den Teilnehmern sollen Effizienz und Interessantheit dieser Fortbildungsform erforscht und die organisatorischen und inhaltlichen Bedürfnisse der Nutzer erhoben werden.

[1] R. Müller, H. Wiesner, *Vorstellungen von Lehramtsstudenten zu begrifflichen Problemen der Quantenmechanik*, in: *Didaktik der Physik*, Beiträge zur 62. Physikertagung, Regensburg (1998), S. 458.

[2] R. Müller, H. Wiesner, *Ein neuer Unterrichtsvorschlag zur Quantenphysik*, in: R. Brechel (Hrsg): *Zur Didaktik der Physik und Chemie*, Alsbach (1999), S. 313.