

## Entwicklung der Modellkompetenz mit dem Zeigermodell am Doppelspalt

### Theoretischer Hintergrund

Die Anwendung von Modellen zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Phänomene und die Reflexion ihrer Bedeutung für den Erkenntnisprozess sind Bestandteile eines Lernens über die Natur der Naturwissenschaften. Als Modellkompetenz wird daher ein System aus Kenntnissen und Fähigkeiten zur Bewältigung von Anforderungen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen bezeichnet (Leisner, 2005). Zur weiteren Strukturierung der Modellkompetenz sind fünf Teilkompetenzen und drei Niveaustufen für den Biologieunterricht entwickelt und empirisch untersucht worden (Krell, 2013; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010). Allerdings darf in der Diskussion um den Modellbegriff die begründete Kritik an reduktionistischen Erklärungen durch vorzeitige Modellorientierung nicht ungeachtet bleiben (Westphal, 2014). Die Forderung nach einem reflektierten Umgang mit Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht, der sich am wissenschaftlichen Erkenntnisprozess orientiert, ist naheliegend. Die Arbeit mit Modellen ist deshalb auch ein fester Bestandteil von Kompetenzmodellen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung für Chemie und Physik (Gehlen, 2016; Straube, 2016).

Eine Möglichkeit aktiv mit Modellen zu arbeiten ohne eine umfangreiche mathematische Vorarbeit betreiben zu müssen, stellen virtuelle Experimente in der Optik dar. In einer dynamischen Geometrie-Software können einzelne Variablen beeinflusst und die Ergebnisse mit der Realität verglichen werden (Erb, 2017). Daran schließt sich die allgemeine Forschungsfrage an, wie sich ein solcher Einsatz von Modellen zur Erkenntnisgewinnung in der Modellkompetenz widerspiegelt.

In der hier vorgestellten Vorarbeit wurde im Rahmen des physikalischen Praktikums untersucht, wie sich der Einsatz von Zeigermodellen unterschiedlicher Komplexität zur Behandlung der Interferenz am Doppelspalt auf die Modellkompetenz auswirkt. Eine Kontrollgruppe bearbeitete den Versuch im herkömmlichen Wechsel vom Strahlen- zum Wellenmodell.

### Modellvorstellungen als Ausprägungen der Modellkompetenz

Zur Strukturierung der Modellkompetenz wurden die fünf Teilkompetenzen nach Upmeyer zu Belzen und Krüger (2010) verwendet. Die dazugehörigen drei Niveaustufen differenzieren hauptsächlich die Ansichten: Modelle seien direkte Kopien der realen Welt, Modelle dienen der idealisierten Beschreibung von etwas, Modelle würden zur Anwendung für etwas eingesetzt (Erkenntnisgewinnung).

Im Physikunterricht ist der Fokus auf gegenständliche Modelle, die als direkte Kopien wahrgenommen werden könnten, nicht so groß wie im Biologieunterricht, sodass von uns als erste Stufe die naive Vorstellung formuliert wurde: Modelle seien Erklärungen, die das Wesen und die Ursachen der Vorgänge in der Welt vollständig und alternativlos wiedergeben. Damit nehmen Modelle und abstrakte Begriffe eine verständnisbildende Funktion ein, die Wagenschein als ontologisches Missverständnis der Physik bezeichnet (Wagenschein, 1976). Dieser Modellvorstellung würde zum Beispiel die Ansicht entsprechen, Licht könne nicht bloß mathematisch als Welle beschrieben werden, sondern Licht *sei* eine Welle mit all den materiellen Eigenschaften einer Welle. Die anderen zwei Arten von Vorstellungen zu Modellen entsprechen der ursprünglichen Einstufung.

In Tabelle 1 sind Beispielaussagen zu jeder Teilkompetenz und Modellvorstellung eingetragen, die als Grundlage für eine Operationalisierung der Modellkompetenz genommen wurden.

<b>Modellvorstellungen (Niveaustufen)</b>				
	Modelle als Erklärung	Modelle als Beschreibung	Modelle zur Erkenntnisgewinnung	
<b>Teilkompetenzen</b>	Eigenschaften von Modellen eines Phänomens	... sagen, wie ein Phä- nomen zu verstehen ist.	... bilden ein Phäno- men idealisiert ab.	... sind theoretische Nachbildungen eines Phänomens.
	Alternative Modelle eines Phänomens	... liefern andere Erklä- rungen des Phänomens.	... bilden das Phäno- men auf andere Weise ab.	... werden für andere Fragestellungen entwi- ckelt.
	Zweck von Modellen	... erlauben Phänomene zu verstehen.	... erlauben Beobach- tungen zu interpretie- ren.	... erlauben Prognosen für zukünftige Be- obachtungen.
	Testen von Modellen	... ob ihre Erklärungen richtig sind.	... ob sie die Beobach- tungen abbilden.	... ob sich ihre Hypo- thesen stützen lassen.
	Ändern von Modellen	... wenn sie nicht rich- tig konstruiert wurden.	... wenn sie nicht alle Beobachtungen abbil- den.	... wenn sie eine Frage- stellung nicht beant- worten können.

*Tab. 1: Beispielaussagen für Teilkompetenzen und Modellvorstellungen*

### **Zeigermodell am Doppelspalt**

Der Schwerpunkt des herkömmlichen Versuchs im physikalischen Praktikum zur Interferenz am Doppelspalt liegt im Wechsel vom Strahlen- zum Wellenmodell. Hierbei treten zwei konkurrierende Modelle mit zentralen Konstrukten auf, die auf in der Lebenswelt vorkommenden Erscheinungen basieren. Die Ablösung des einen Konstrukts und die Hervorhebung des anderen kann bei einer unreflektierten Vermittlung als Unzulänglichkeit des bisher genutzten Ansatzes zur Beschreibung optischer Phänomene aufgefasst werden, was die bisherige Lernleistung untergräbt. Währenddessen prägt sich die Vorstellung einer Welle als die scheinbar bessere, dem Licht immanente Wesensart ein.

Eine alternative Möglichkeit sich dem Phänomen der Interferenz zu nähern, basiert auf dem Zeigerformalismus. Wir haben eine alternative Version des Versuchs entwickelt, die an die ursprüngliche Struktur des Praktikums angelehnt ist. Im Vordergrund stand allerdings nicht mehr die Ablösung eines völlig ungeeigneten Modells durch ein geeignetes. Stattdessen sollte während des Versuchs eine computergestützte Überprüfung mehrerer Zeigermodelle unterschiedlicher Komplexität stattfinden und deren Grenzen, aber auch Vorteile diskutiert werden.

Jeweils acht zufällig zugewiesene Studierende bearbeiteten den Versuch entweder im Rahmen des Wellen- oder des Zeigermodells. Ziel der Intervention war es herauszufinden, welchen Einfluss die unterschiedlichen Zugänge auf die Vorstellungen in den fünf Teilkompetenzen haben. Besonders interessant sind dabei Veränderungen in Richtung der dritten Stufe der Modellvorstellung. In der Kontrollgruppe zum Wellenmodell konnten dazu nach dem Versuch mehr Aussagen in der Teilkompetenz zu den Eigenschaften von Modellen verzeichnet werden. In der Interventionsgruppe zum Zeigermodell hingegen gab es erwartungskonform einen Zuwachs an Aussagen bezüglich alternativer Modelle.

In Abbildung 1 sind oben vorhergesagte Intensitätsverläufe und unten das im Experiment ermittelte Intensitätsmuster gegenübergestellt. Die Intensitätsverläufe gehören zu Zeigermodellen, die auf einem oder fünf Zeigern pro Spalt basieren (dunkel- und hellgrau). Zusätzlich bestand die Möglichkeit, den Intensitätsverlauf eines Einzelspalts mit fünf Zeigern anzuzeigen zu lassen (hellgrau mit dem breiteren Maximum in der Mitte).

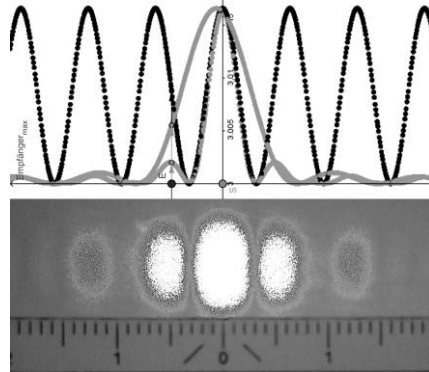


Abb. 1: Modellierter Intensitätsverläufe und eine Aufnahme des realen Intensitätsmusters

Insgesamt liefern die Ergebnisse Hinweise darauf, dass die Vorstellungen zu Modellen bei angehenden Lehrkräften ihrer Rolle im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess nicht immer gerecht werden. Die Schwerpunktsetzung auf alternative Modelle hatte eine leichte Verbesserung in dieser Kategorie zur Folge, während in anderen Teilkompetenzen auch nicht anwendungsbezogene Aussagen zunahm. Ein Grund könnte die fehlende Strukturierung der Versuche sein, die den Einsatz von Modellen für die Erkenntnisgewinnung in allen Teilkompetenzen hervorgehoben hätte.

### Kreislauf der Erkenntnisgewinnung

Auf Basis der Erfahrungen aus dieser Vorarbeit und der aktuellen Forschungslage wurde ein Kreislauf der Erkenntnisgewinnung für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt, in dem sowohl experimentelle als auch modellbezogene Schritte durchlaufen werden. In Abbildung 2 sind vier zentrale Unterrichtsgegenstände mit wechselseitigen Übergängen dargestellt. Eine Ausrichtung von Lernumgebungen an dieser Struktur sollte zur umfänglichen Förderung von Fähigkeiten und Kenntnissen der Erkenntnisgewinnung beitragen, was in bevorstehenden Studien untersucht wird.

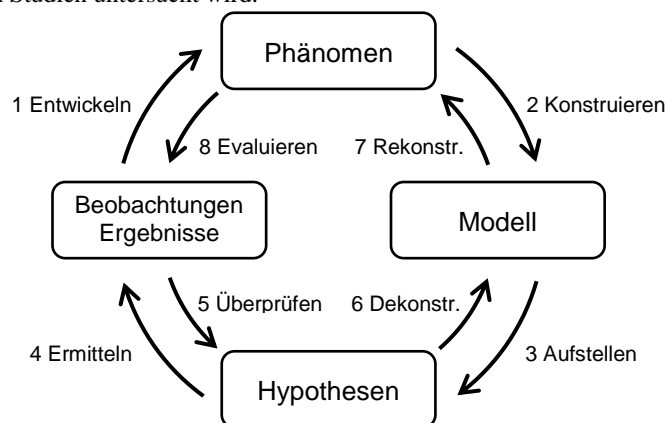


Abb. 2: Acht Schritte der Erkenntnisgewinnung zwischen vier Unterrichtsgegenständen

**Literatur**

- Erb, R. (2017). *Optik mit GeoGebra*. Berlin; Boston: Walter de Gruyter GmbH
- Gehlen, C. (2016). *Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie*. Berlin: Logos Verlag
- Krell, M. (2013). *Wie Schülerinnen und Schüler biologische Modelle verstehen: Erfassung und Beschreibung des Modellverstehens von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos Verlag
- Leisner, A. (2005). *Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht: Eine Evaluationsstudie in der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos Verlag
- Straube, P. (2016). *Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik*. Berlin: Logos Verlag
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57
- Wagenschein, M. (1976). „Rettet die Phänomene“ Beiträge zur pädagogischen Autonomie der Schule. *Seminar für freiheitliche Ordnung, Fragen der Freiheit*, (Heft 121), S. 50-65
- Westphal, N. (2014). *Evaluation von phänomenbasiertem Physikunterricht: Seine Merkmale und Wirkungen auf Stereotypen, Selbstkonzept und Interesse*. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Berlin