

Die Rolle der Information beim forschenden Lernen im Fernlabor

Unter welchen Bedingungen können sich Schülerinnen und Schüler im Fernlabor selbstständig Wissen aneignen? Auf welche Weise sollten Informationen dargeboten werden?

Einführung und theoretische Basis

Die Spektroskopie ist ein zentraler Unterrichtsinhalt, der auch vorzügliche Ansatzpunkte für ein forschend-entdeckendes Lernen in verschiedenen Facetten eröffnet. Die Gestaltung der Informationsangebote zu den experimentellen Grundlagen und den möglichen Arbeitsweisen ist dabei ein wichtiger Faktor für effektive Lernprozesse und soll in diesem Beitrag nach einem kurzen theoretischen Aufriss genauer betrachtet werden.

Spektrometrie im Fernlabor

Seit Bohr die Beziehung zwischen optischen Spektren und der Struktur der Atomhülle entdeckt hat, ist die Spektrometrie ein bedeutendes Verfahren in der Physik und der Chemie. Zudem ist die Analyse von Spektren wichtig für die Betrachtung optischer Wellenphänomene und das Verständnis der Farbwahrnehmung. Da Spektrometer jedoch teuer sind und für Energiemessungen eine aufwendige Kalibrierung nötig ist, wurde ein über das Internet fernsteuerbares Experiment entwickelt. Mit diesem können sechs verschiedene Leuchtmittel vom Emissionsspektrum bis hin zur spektralen Abstrahlcharakteristik untersucht werden (vgl. Thoms & Girwidz, 2015).

Forschendes Lernen

Banchi & Bell (2008) beschreiben vier Ebenen des forschenden Lernens mit ansteigendem Öffnungsgrad und fortschreitender Rücknahme vorgegebener Struktur. Auf der ersten Ebene *Confirmation Inquiry* bestätigen Schülerinnen und Schüler durch ihre Lerntätigkeit Ergebnisse, welche bereits im Voraus bekannt sind. Bei *Structured Inquiry* untersuchen Lernende eine von der Lehrkraft präsentierte Fragestellung anhand einer vorgegebenen Prozedur. Die dritte Ebene *Guided Inquiry* bedeutet, dass Lernende eine von der Lehrkraft vorgegebene Fragestellung mithilfe einer selbst gewählten Methode untersuchen. Auf der höchsten Ebene *Open Inquiry* setzen sich Lernende mit eigenen Fragestellungen anhand selbst entwickelter oder selbst gewählter Methoden auseinander.

Informationsdarbietung

Da die zu untersuchenden Themen neu für die Schülerinnen und Schüler sind, benötigen sie zusätzliche Informationen zu den Grundlagen (z. B. zum Versuchsaufbau). Somit stellt sich die Frage, *welche* Information *wann* angeboten werden sollte? Und *wie* sollten diese dargeboten werden? Zur Klärung der Frage, wie die Information angeboten werden sollte, wurde das Instruktionsmaterial in Anlehnung an drei informationstheoretische Konzepte variiert (vgl. Thoms & Girwidz, 2016):

Strukturell-attributive Information beschreibt die Struktur eines Systems und lässt die Bedeutung der Information für den Rezipienten außer Acht. Aus Schülerperspektive hilft strukturell-attributive Information dabei sich zu *orientieren*, z. B. bei der Arbeit mit einem komplexen Versuchsaufbau.

Funktional-kybernetische Information vermittelt die Funktion einzelner Teile eines Systems und bezieht somit die semantische Bedeutung für den Rezipienten mit ein. Außerdem soll funktional-kybernetische Information Schülerinnen und Schülern helfen, einzelne Aspekte

miteinander zu *verknüpfen*, z. B. wie die einzelnen Elemente eines Versuchsaufbaus miteinander interagieren.

Pragmatische Information soll hier im Sinne von Morris (1938) verstanden werden als Information, die eine implizite Handlungsanweisung für den Rezipienten beinhaltet. Dadurch sollen Schülerinnen und Schüler zum *Handeln*, also zur Arbeitsaufnahme angeregt werden.

Untersuchungsmethode

Zur Klärung der Frage, wie sich die Art der Informationsdarbietung bei verschiedenen Inquiry-Levels auf den Bearbeitungserfolg und den Wissenserwerb beim entdeckenden Lernen im Fernlabor auswirkt, wurde ein 3 (Informationsdarbietung: strukturell-attributiv vs. funktional-kybernetisch vs. pragmatisch) \times 3 (Inquiry-Level: confirmation vs. structured vs. guided) Zwischen-Subjekt-Design durchgeführt, in dem sich die Teilnehmer in einer integrierten Lernumgebung selbstständig in die Atomphysik einführen.

An der Untersuchung haben 279 Schülerinnen und Schüler aus der neunten Jahrgangsstufe von zehn bayerischen Gymnasien teilgenommen. Das durchschnittliche Alter betrug 14,6 Jahre (SD = 0,70; 56,6% weiblich).

Die Teilnehmer wurden randomisiert einem der neun Treatments zugewiesen und arbeiteten 90 Minuten mit der Lernumgebung. Im Anschluss wurde ein Einfachauswahl-Wissenstest mit 67 Items durchgeführt. Die Fragen decken mehrere Wissensbereiche ab. Einerseits verschiedene Inhalte:

- Kategorien von Spektren / Versuchsaufbau / Zusammenhang von Spektralfarbe und Photonenergie / Energieberechnungen und -umrechnungen / Leuchtmittel,
- andererseits verschiedene Wissenstypen:
- deskriptiv / prozedural,
 - Orientieren / Verknüpfen / Handeln (bezogen auf das Wissen, welches durch eine bestimmte Art der Informationsdarbietung intendiert vermittelt werden sollte).

Auswertung

Eine zentrale Annahme von Latent-Trait-Modellen wie dem Rasch-Modell und Bedingung für deren Gültigkeit ist, dass die Schwierigkeit jedes Items eines Tests nur von dem zu messenden latenten Konstrukt abhängig ist. Dies bedeutet, dass ein Test für unterschiedliche Subgruppen der zu untersuchenden Grundgesamtheit nicht unterschiedlich schwierig sein darf. Sollte dies der Fall sein, wird das als differentielle Itemfunktionsweise (differential item functioning, DIF) beschrieben. Ein Test, der anhand eines Latent-Trait-Modells ausgewertet werden soll, muss also sorgsam auf DIF hin untersucht werden und DIF aufweisende Items müssen aus dem Test entfernt werden.

Im Gegensatz zur Kompetenzdiagnostik, in der über einen längeren Zeitraum hinweg erworbene Kompetenzen erhoben werden sollen, ist bei einem Interventionsexperiment grundsätzlich DIF zu erwarten. Ziel der Intervention ist ja gerade, dass durch die Intervention die Fähigkeiten eines Probanden und damit die Lösungswahrscheinlichkeit für die entsprechende Subgruppe heraufgesetzt wird.

Techniken zur Identifikation von DIF können jedoch genutzt werden, um im Rahmen der probabilistischen Testtheorie genau jene Items zu identifizieren, deren Lösungswahrscheinlichkeit durch eine bestimmte Intervention beeinflusst wird.

Die von Tutz & Berger (2015) vorgeschlagene rekursive Partitionierungstechnik zur Identifikation von DIF bietet gegenüber anderen Verfahren praktische Vorteile:

- Es können mehrere Kovariaten gleichzeitig als DIF-auslösende Variablen in Betracht gezogen werden,
- es müssen keine Referenzgruppen festgelegt werden,
- die Analyse erfolgt itemweise und nicht global, was es ermöglicht, DIF-erzeugende Items aufzudecken,

- bei mehreren DIF-induzierenden Items lassen sich diese hierarchisch in einer Baumstruktur ordnen.

Die Antworten des Wissenstests wurden mithilfe des R-Pakets DIFtree auf DIF hin basierend auf einem logistischen Modell untersucht. Dabei wurden die Faktorstufen der beiden Faktoren dummycodiert und als Kovariaten in das Modell aufgenommen. Elf Items zeigen eine differentielle Itemfunktionsweise.

Für Probanden, die mit *Confirmation Inquiry* gelernt haben, ist ein Item signifikant schwieriger, für Probanden mit *Structured Inquiry* ein anderes Item. Fünf weitere Items sind hingegen für Probanden die *Guided-Inquiry*-Varianten erhalten haben deutlich einfacher. Weitere Items sind bei *strukturell-attributiver* und *pragmatischer* Informationsdarbietung schwieriger.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der DIF-Analyse weisen darauf hin, dass als Inquiry-Level „*Guided Inquiry*“ und als Informationsdarbietungsart „*pragmatisch*“ gewählt werden sollte, damit die DIF-aufweisenden Items mit höherer Wahrscheinlichkeit gelöst werden können.

Was hierbei jedoch nicht berücksichtigt werden kann sind Interaktionseffekte zwischen der Wahl des Inquiry-Levels und der Informationsdarbietungsart. Um diese möglichen Interaktionseffekte aufzudecken, wurde zusätzlich eine teststärkere logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalyse bestätigen und erweitern die Erkenntnisse aus der DIF-Analyse:

- Eine **stärkere Führung als Guided Inquiry** ist für Schülerinnen und Schüler der neunten Jahrgangsstufe **nicht lernförderlich**,
- dies gilt auch für Untergruppen; es konnte bisher keine Gruppe von Schülerinnen und Schülern identifiziert werden, für die eine stärkere Strukturierung gewählt werden sollte (z. B. abhängig von Geschlecht, Alter, Vornote, aktualisierter Motivation).
- Die **funktional-kybernetische Informationsdarbietung** ist unabhängig vom gewählten Inquiry Level der strukturell-attributiven Informationsdarbietung **überlegen**, woraus sich eine klare Implikation für die Erstellung von schulischen Arbeitsmaterialien, insbesondere Versuchsbeschreibungen, ergibt.
- Eine **pragmatische Informationsdarbietung** kann **mehr oder weniger lernförderlich** sein **als** eine **funktional-kybernetisch**; wird jedoch **Guided Inquiry** als Ebene des forschenden Lernens festgelegt, so zeigt die **funktional-kybernetische** Beschreibung die **besten** Effekte auf den Wissenserwerb.

Eine besonders gute Förderung des einer Informationsdarbietung zugeordneten Wissenstyps (*Orientieren, Verknüpfen, Handeln*) konnte nicht nachgewiesen werden.

Diskussion

Die in dieser Untersuchung verwendete computerbasierte Lernumgebung würde eine adaptive Wahl des besten Lernwegs für einen einzelnen Schüler prinzipiell ermöglichen. Denkbar wäre z. B. den Öffnungsgrad anhand der aktualisierten Motivation zu wählen oder die Informationsdarbietungsart an das Vorwissen anzupassen. Jedoch ist bei Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe unter allen Bedingungen ein Setting des forschenden Lernens, bei dem sich die Schülerinnen und Schüler sowohl die Lösung als auch den Lösungsweg selbst erarbeiten (*Guided Inquiry*) am besten geeignet. Besonders in Kombination mit einer Art der Informationsdarbietung, bei der die Zusammenhänge zwischen einzelnen Elementen und deren funktionale Bedeutung herausgestellt werden (*funktional-kybernetische Informationsdarbietung*), wirkt sich dies am besten auf den Wissenserwerb aus. Dies gilt unabhängig vom Inhaltsbereich und der Art des Wissens.

Literatur

- Banchi, H. & Bell, R. L. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46, 26-29.
- Morris, C. W. (1938). *Foundations of the Theory of Signs*. International Encyclopedia of Unified Science. Chicago: University of Chicago Press.
- Thoms, L.-J. & Girwidz, R. (2016). Einfluss der Vorinformation auf den Wissenserwerb beim Experimentieren im Fernlabor. Einfluss der Art gegebener Vorinformation auf die kognitive Belastung beim entdeckenden Lernen im Fernlabor. *PhyDid B*, 1-8.
- Thoms, L.-J. & Girwidz, R. (2015). Training and assessment of experimental competencies from a distance: Optical spectrometry via the Internet. *Il Nuovo Cimento C*, 38(3), 1-10.
- Tutz, G. & Berger, M. (2015). Item-focussed Trees for the Identification of Items in Differential Item Functioning. *Psychometrika*, 1-24.