

Sarah Aretz^{1,2}
Andreas Borowski²
Sascha Schmeling¹

¹CERN
²Universität Potsdam

Entwicklung und Evaluation eines Modells zur Erstellung von OMC Aufgaben zur Expansion des Universums

Motivation

Moderne Physik sollte mehr Einzug in die Klassenräume nehmen, jedoch besteht laut Schecker et al. (2004) ein Bedarf an besseren Herangehensweisen für das Unterrichten bestimmter Themen wie beispielsweise Kosmologie. Die Entwicklung unseres Universums vom Urknall bis heute, knapp 14 Milliarden Jahre später, wird momentan am präzisesten durch die Urknalltheorie beschrieben – das heutzutage erfolgreichste Standardmodell der Kosmologie. Ein zentraler Inhalt in diesem Bereich ist die Expansion des Universums als einer der drei Grundpfeiler der Urknalltheorie. Wie sich jedoch das Verständnis der Bedeutung der Ausdehnung des Universums von Schülerinnen und Schülern entwickelt, ist bisher noch nicht vollständig verstanden. Zur großflächigen Untersuchung der vorhandenen Wissensbestände von Schülerinnen und Schülern, für einen sinnvollen und effektiv anknüpfenden Unterricht, ist die vorherige Entwicklung eines Verständnisentwicklungsmodells notwendig. Auf dessen Grundlage können Ordered Multiple Choice Aufgaben zur effektiven Erhebung der Wissensbestände entwickelt werden.

Theorie: Verständnisentwicklungsmodelle und Ordered Multiple Choice Aufgaben

Die zugrunde liegende Idee bei Verständnisentwicklungsmodellen ist die, dass das Verständnis von Schülerinnen und Schülern eines Konzepts oder einer Eigenschaft einer hierarchischen Struktur folgt. Dabei existieren verschiedene aufeinander aufbauende Niveaustufen, die jeweils ein bestimmtes Verständnisniveau widerspiegeln und bis auf das höchste Niveau verschiedene Fehlvorstellungen beinhalten. Beispiele für solche Modelle sind u.a. das Modell der Verständnisentwicklung von Materie (Hadenfeldt & Neumann, 2012), von Kraft und Bewegung (Alonzo & Steedle, 2009), zum System Erde-Sonne (Briggs et al., 2006) oder des Leseverstehens (Lin et al., 2010). Die einzige vorhandene Studie im Bereich der Expansion des Universums, die einen ersten Versuch eines strukturellen Aufbaus des Verständnisses hiervon beinhaltet, ist diejenige von Wallace (2011). Allerdings beinhaltet dieses Modell einen zusätzlichen Fokus auf der Fehlvorstellung des Urknalls als Explosion sowie der Struktur des Universums mit den Aspekten „Zentrum“ und „Rand des Universums“. Des Weiteren ist die explizite Darstellung von typischen Fehlvorstellungen nicht sehr detailliert. Der Fokus der Arbeit liegt jedoch auch nicht auf der Entwicklung und Validierung von Verständnisentwicklungsmodellen.

Auf der Grundlage eines solchen Modells können anschließend sogenannte Ordered Multiple Choice (OMC) Aufgaben entwickelt werden. Diese wurden erstmals von Briggs et al. (2006) vorgeschlagen als ein mögliches Instrument zur empirischen Validierung solcher Modelle. Dabei entspricht jede Antwortmöglichkeit in einer einzelnen Aufgabe einer Stufe des Entwicklungsmodells. Die richtige Antwortoption markiert das höchste Niveau in der Aufgabe, welche nicht dem höchsten Niveau des Modells entsprechen muss. Außerdem müssen nicht alle Niveaus in einer Aufgabe repräsentiert sein. Diese speziellen Multiple Choice Aufgaben besitzen die gleiche Effizienz bei der Auswertung wie traditionelle Multiple Choice (TMC) Aufgaben, jedoch können gleichzeitig mehr diagnostische Informationen gewonnen werden. Die wenigen vorhandenen Studien, die sich mit OMC Aufgaben beschäftigen (siehe die vier oben genannten Arbeiten zur Verständnisentwicklung), zeigen Vorteile im Vergleich zu TMC Aufgaben. Lehrkräfte

können mit ihnen auf effiziente Weise das Voranschreiten der Schülerinnen und Schüler in der Verständnisentwicklung erfassen (Hadenfeldt & Neumann, 2012) und OMC Aufgaben bergen ein großes Potential für Feedback bezüglich der vorhandenen Verständnisniveaus sowie beim Aufzeigen von Schwachstellen (Lin et al., 2010). Nach Alonzo & Steedle (2009) sind ihre entwickelten OMC Aufgaben zu Kraft und Bewegung sogar besser geeignet, Verständnisniveaus der Schülerinnen und Schüler einzuschätzen, als offene Aufgaben.

Ziel

Aufbauend auf offenen Aufgaben zur Expansion des Universums soll ein valides Modell zur Verständnisentwicklung zu diesem Thema erstellt werden. Auf dieser Grundlage sollen anschließend OMC Aufgaben zur Validierung des Modells sowie zur effektiven Erhebung der Wissensbestände entwickelt werden.

Design und Methode

Zur Beantwortung der Frage wurden Schülervorstellungen zur Urknalltheorie mit einem offenen Fragebogen erhoben. Dieser wurde in einer ersten Erhebung in sechs Klassen verschiedener deutscher Schulen aus drei Bundesländern eingesetzt. Insgesamt haben 126 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 11 und 12 an der Studie teilgenommen. Anschließend wurden die verschiedenen vorhandenen Schülervorstellungen und Verständnisniveaus zur Expansion des Universums herausgearbeitet. Auf Grundlage der offenen Antworten wurde schließlich ein Verständnisentwicklungsmodell erstellt, evaluiert und darauf basierend OMC Aufgaben entwickelt.

Modell zur Expansion des Universums

Die folgende Tabelle zeigt das aus den offenen Antworten entwickelte Verständnisentwicklungsmodell zur Expansion des Universums. Neben der Beschreibung der verschiedenen Verständnisniveaus werden typische Fehlvorstellungen aufgeführt.

Niveau	Beschreibung
5	<p>SuS^a kennen das Konzept der Raumausdehnung ohne falsche Aussagen zu nennen und erwähnen mindestens einen der folgenden Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • das Wachstum des gesamten Universums ohne Rand und Zentrum • Galaxien bleiben konstant in ihrer Größe; die Raumausdehnung wirkt nur zwischen den Galaxien • die Effekte auf elektromagnetische Strahlung (Rotverschiebung)
4	<p>SuS wissen, dass Ausdehnung ein Wachstum der Größe des Universums aufgrund der Raumausdehnung bedeutet.</p> <p>Typischer Fehler: Der Raum dehnt sich überall aus, auch zwischen Sternen in Galaxien.</p> <p>Typischer Fehler: Dies hat keinen Einfluss auf das Licht, das von Objekten im Universum kommt.</p>
3	<p>SuS erkennen, dass Ausdehnung ein Wachstum der Größe des ganzen Universums bedeutet. Jedoch glaubt sie/er, dass dies aufgrund von sich ausbreitender Materie in einen nicht veränderlichen Raum geschieht.</p> <p>Typischer Fehler: Die Explosion des Urknalls verteilt alle Materie im Universum.</p>
2	<p>SuS erkennen, dass Ausdehnung ein Zunehmen von Entfernungen bedeutet. Jedoch glaubt sie/er, dass Entfernungen zwischen allen Arten von Objekten größer werden und/oder dass nur einzelne Objekte betroffen sind.</p> <p>Typischer Fehler: Einige Sterne bewegen sich voneinander weg.</p>

	Typischer Fehler: Umlaufbahnen verändern sich und Abstände zwischen Planeten wachsen.
1	SuS erkennen nicht die Verbindung zu einem in seiner Größe wachsenden Universum und/oder größer werdenden Abständen. Typischer Fehler: Neue Entdeckungen vergrößern unser Wissen über das Universum. Typischer Fehler: Ausdehnung bedeutet die Entstehung neuer Objekte wie Sterne.
0	SuS geben keine Antwort, geben an, keine Idee zu haben oder schreiben etwas nicht auf die Frage Bezogenes.

a: Schülerinnen und Schüler

Tab. 1: Verständnisenwicklungsmodell zur Expansion des Universums

Alle 126 offenen Antworten wurden von insgesamt drei Ratern zu den verschiedenen Stufen dieses Modells zugeordnet mit einer Übereinstimmung von Cohens Kappa von [0.77-1]. Dabei konnten 116 Schülerinnen und Schüler zu jeweils einem bestimmten Niveau sowie sieben zu zwei aufeinander folgenden Niveaus zugeordnet werden. Lediglich drei Schülerinnen und Schüler wurden den Niveaus eins und drei zugeordnet.

Entwicklung von OMC Aufgaben

Auf der Grundlage des oben beschriebenen Verständnisenwicklungsmodells wurden anschließend OMC Aufgaben entwickelt. Diese wurden von zwei Experten inhaltlich überprüft und die unterschiedlichen Antwortoptionen im Anschluss von drei Ratern den Stufen des Modells zugeordnet. Nach leichten Abänderungen von 20% der Antwortoptionen für eine bessere Eindeutigkeit bei der Zuordnung, wurde eine Übereinstimmung mit den Ratern von 100% erreicht.

Diskussion und Ausblick

Diese Studie stellt zum einen ein Verständnisenwicklungsmodell zur Expansion des Universums vor mit einer ersten Validierung anhand einer kleineren Stichprobe. Es konnten alle bis auf drei Schülerinnen und Schüler zu einem oder zu zwei aufeinander folgenden Niveaus zugeordnet werden. Bei den drei Schülerinnen und Schülern hätte ein Interview eventuell Aufschluss darüber geben können, ob die Zuordnung der offenen Antworten zu den Verständniseniveaus korrekt eingeschätzt wurde. Außerdem ist eine größere Stichprobe mit der Möglichkeit von Interviews zur Verifizierung des vorhandenen Verständniseniveaus wünschenswert. Des Weiteren ist noch zu überprüfen, ob sich das Verständnis von Schülerinnen und Schülern entlang des hier vorgestellten Modells tatsächlich hierarchisch entwickelt.

Zum anderen werden die auf dieser Grundlage erstellten OMC Aufgaben vorgestellt, die inhaltlich validiert und deren Antwortoptionen erfolgreich den verschiedenen Stufen des Modells zugeordnet werden konnten. In einem nächsten Schritt werden diese Aufgaben zunächst in einer Think Aloud Studie mit Schülerinnen und Schülern getestet und anschließend in einer größeren deutschsprachigen Stichprobe erprobt. Nach dieser Validierung und einer Übersetzung in mehrere Sprachen werden die OMC Aufgaben schließlich international in einer größeren Stichprobe eingesetzt. Die Evaluation soll zum einen die Schülervorstellungen und Verständniseniveaus möglichst detailliert aufzeigen sowie einen Vergleich der Wissensvoraussetzungen und Fehlvorstellungen zwischen den verschiedenen Ländern ermöglichen.

Literatur

- Alonzo, A. C. & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93 (3), S. 389-421.
- Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, C. & Wilson, M. (2006). Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. *Educational Assessment*, 11(1), S. 32-63.
- Hadenfeldt, J. C. & Neumann, K. (2012). Die Erfassung des Verständnisses von Materie durch Ordered Multiple Choice Aufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 18, S. 317-338.
- Lin, J., Chu, K. & Meng, Y. (2010). Distractor Rationale Taxonomy: Diagnostic Assessment of Reading with Ordered Multiple-Choice Items. Artikel vorgestellt auf dem jährlichen Treffen der AERA, Denver, Colorado.
- Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe, in: *Kerncurriculum Oberstufe II*. Tenorth, H.-E.
- Wallace, C.S. (2011). An investigation into introductory astronomy students' difficulties with cosmology and the development, validation and efficacy of a new suite of cosmology lecture-tutorials. Ph.D. Thesis. University of Colorado at Boulder.