Sarah Aretz[1,2]
Sascha Schmeling[1]
Andreas Borowski[2]

[1]CERN
[2]Universität Potsdam

Internationale Voraussetzungen zum Urknall

Motivation

Der Urknall markiert den Beginn von Raum und Zeit und allem, was wir kennen. Er ist die „Geburt“ unseres heutigen bekannten Universums und hat damit unser modernes Weltbild geprägt. Gerade diese Vermittlung eines modernen Weltbilds ist ein häufig genannter Wunsch in der Physikdidaktik (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004a). Im Auftrag der Kultusministerkonferenz haben Schecker, Fischer und Wiesner Empfehlungen für die Gestaltung des Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe gegeben. Diese Empfehlungen beinhalten die Entwicklung eines vertieften Verständnisses des modernen Weltbilds inklusive der Astrophysik und Kosmologie (u. a.) als inhaltlicher Kern physikalischer Bildung in der gymnasialen Oberstufe. Die Kosmologie ist für die moderne Physik sehr wichtig aber es besteht noch Handlungsbedarf: „Curriculumbezogene Forschungs- und Entwicklungsbedarfe bestehen besonders hinsichtlich [...] der Behandlung bestimmter Gebiete der modernen Physik (z. B. Kosmologie) [...].“ Schecker, Fischer & Wiesner (2004b) weisen darauf hin, dass „Fragen, insbesondere aus der Kosmologie nach Ursprung und Ende des Universums, [...] trotz ihrer wissenschaftlichen Aktualität im öffentlichen Bewusstsein noch wenig präsent [sind]“, aber gleichzeitig die „Frage nach dem Aufbau der Welt im Großen und der Stellung des Menschen im Kosmos [...] bis heute eine der großen und faszinierenden Fragen ist“. Auch die Betrachtung der Vergabe von Nobelpreisen in der Physik belegt die Bedeutung der Kosmologie. 1978 wurde der Physik-Nobelpreis an Arno Penzias und Robert Wilson für die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung (einer der Belege der Urknalltheorie) vergeben sowie 2006 an John Mather und George Smoot für die Untersuchung dieser. Im Jahr 2011 erhielten Saul Perlmutter, Brian Schmidt und Adam Riess den Nobelpreis für die Entdeckung der beschleunigten Expansion des Universums. Hinzu kommt, dass das Interesse von Jugendlichen im Bereich der Astrophysik und Kosmologie überdurchschnittlich hoch ist (Schreiner & Sjøberg, 2004). Ein Ergebnis der ROSE-Studie (The Relevance of Science Education) ist ein auffallend hohes Interesse an Astrophysik und Universum, das sowohl länder- als auch geschlechterübergreifend ist. Die obigen Punkte zeigen somit die Relevanz des Themas „Kosmologie“ in der gymnasialen Oberstufe.

Standort CERN

Im Bereich der Wissenschaftskommunikation am CERN (Educational Outreach) soll eine Lernsequenz im Bereich der Kosmologie entwickelt werden, welche, wenn möglich, für verschiedene Mitgliedsstaaten kompatibel sein soll. Grundlage jeder Lernsequenz sind die Schülervoraussetzungen. Aus diesem Grund sollen die Schülervoraussetzungen und häufige Fehlvorstellungen in verschiedenen Ländern erhoben und als Grundlage für eine Lerneinheit verwendet werden. Der Standort CERN bietet sich dafür in besonderem Maße aufgrund der Kontakte zu vielen Ländern weltweit an. Hier kann sowohl ein effizienter Austausch mit Physikern als auch mit Besuchern aus aller Welt – insbesondere Schulklassen – stattfinden.

Auswahl innerhalb der Kosmologie

Die Kosmologie beschreibt den Ursprung, die Entwicklung und die Struktur des Universums als Ganzes und verbindet die beobachtende Astronomie mit der Teilchenphysik. Ausgehend von der Urknalltheorie kann die momentane Physik die zu Beginn stattfindenden Prozesse

Erschienen in: S. Bernholt (Hrsg.) (2015). Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN.

ab einer Zeit von etwa 10^{-44} s nach dem Urknall beschreiben (sogenannte Planck-Zeit). Für die Zeit davor gibt es bisher keine konsistente Theorie der Quantengravitation, welche die Quantenphysik und die allgemeine Relativitätstheorie vereinigen soll. Die Mathematik kann die zu Beginn vorhandene Singularität nicht beschreiben, da die Krümmung der Raumzeit dort unendlich wird. Zusammenfassend beinhaltet die Kosmologie die Phase des Urknalls, die Grundpfeiler der Urknalltheorie (Expansion des Universums, Nukleosynthese und kosmische Hintergrundstrahlung), die Strukturbildung im Universum und die Beobachtung der großräumigen Strukturen, wobei auch Dunkle Materie und Energie, Quasare und Gravitationslinseneffekt eine Rolle spielen sowie die Zukunft des Universums. Das gesamte Themengebiet ist bei Weitem zu umfangreich für eine Lerneinheit, sodass eine Beschränkung auf einen Teilbereich nötig ist. Da die Kosmologie eine Art Geschichte des Universums darstellt, ist es sinnvoll, am Beginn von allem anzufangen. Für einige Aspekte wie zum Beispiel die Entwicklung der heute vorhandenen großräumigen Strukturen ist ein Verständnis der zu Beginn vorliegenden physikalischen Bedingungen notwendig. Darüber hinaus tauchen der Urknall und die Grundpfeiler als häufigste genannte Punkte im Bereich der Kosmologie in deutschen Lehrplänen auf. Das „Urknallmodell“ wird im Kerncurriculum Physik (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004a, S. 194) auch explizit unter dem Punkt „Grundlagen des modernen physikalischen Weltbilds“ aufgeführt. Aus diesen Gründen fokussiert die Studie auf die Themen „Urknall“ und „Urknalltheorie“.

Aktueller Forschungsstand zu Schülervoraussetzungen zum Thema „Urknall“

Studien zu diesem Thema gibt es momentan aus Deutschland, Schweden und den USA. Schülervorstellungen zum Urknall sind in „Deutschland bisher noch weitgehend unerforscht“ (Kahnt & Thesing, 2010). Die Studie untersucht Assoziationen zum Urknall, Vorstellungen zum Alter und einem Zentrum des Universums. Etwa ein Drittel assoziiert den Urknall mit einer Explosion, über 20 % glauben, es existierte bereits etwas vor dem Urknall, und der Urknall wird eher mit der Entstehung der Erde als mit der Entstehung des Universums verbunden. In der Studie aus Schweden (Hansson & Redfors, 2006) werden Schüler und Schülerinnen im letzten Jahr der „upper-secondary school“, vergleichbar mit Schülern kurz vor dem Abitur (18 bis 19 Jahre alt), befragt. Ergebnisse sind die Assoziation des Urknalls mit einer Explosion bzw. mit einem das ganze Universum betreffenden Ereignis, dem Glauben der Existenz von Materie vor dem Urknall sowie der schon immer vorhandenen Existenz des Universums. Jedoch bezieht sich diese Studie auf eine spezielle Schülergruppe besonders naturwissenschaftlich interessierter Schüler und beinhaltet wenig bzw. unklare Statistiken. Des Weiteren wird in beiden Studien der Aspekt „Belege der Urknalltheorie“ nicht untersucht. In den USA gibt es im Bereich der Kosmologie eine Studie aus dem Jahr 2003 (Prather, Slater & Offerdahl, 2002) sowie aktuelle Studien aus den Jahren 2012 (Wallace, Prather & Duncan, 2012; Bailey et al., 2012) und 2013 (Trouille et al., 2013). Die neueren Studien beziehen sich ausschließlich auf Studenten. Die Studien weisen verschiedene Vorstellungen auf, beispielsweise die Assoziation des Urknalls als Explosion, der Urknall als Entstehung von Sternen, Galaxien usw. oder die Vorstellung, dass keine Belege für die Urknalltheorie existieren. Die Fragen bzw. Statistiken variieren innerhalb der Studien.

Forschungsfragen

Mögliche Ursachen für die teilweise unterschiedlichen Ergebnisse bzw. Statistiken kann zum einen die Verwendung unterschiedlicher Instrumente und Stichproben sein. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass die unterschiedlichen Vorstellungen länderspezifisch sind. Daraus ergeben sich die Forschungsfragen:

- Welche Schülervoraussetzungen sind international im Bereich des Urknalls vorhanden?
- Inwieweit unterscheiden sich die Schülervorstellungen im Bereich des Urknalls zwischen verschiedenen Ländern?

Design

Als Grundlage der Studie dienen die bereits entwickelten und getesteten offenen Fragen der aktuellen Studie aus den USA (Trouille, 2013). Diese offenen Fragen sollen zunächst ins Deutsche übersetzt und in einer ersten Erhebung an deutschsprachigen Schulen eingesetzt werden. Die Übersetzung soll mithilfe eines Muttersprachlers (Native Speaker) in beiden Sprachen (Deutsch und Englisch) erfolgen. Es werden zunächst die Antworten mehrerer Schüler pro Schulklasse analysiert bis eine Sättigung eintritt. Anhand der Ergebnisse soll ein geschlossenes Testinstrument entwickelt werden. Über die Schülerantworten sollen die Distraktoren gefunden werden mit fünf Fragen pro Skala. Das geschlossene Testinstrument wird zunächst mit deutschsprachigen Schülern getestet und anschließend in mehrere Sprachen übersetzt werden. Dabei soll Englisch der zentrale Ausgangspunkt bei der Übersetzung sein. Ausgehend davon soll die Übersetzung in weitere Sprachen anhand verschiedener Native Speaker durchgeführt werden. Eine Rückübersetzung ins Englische soll dabei zeigen, ob die Formulierungen den gewünschten Inhalt vermitteln. Darauf aufbauend sollen die geschlossenen Fragen bei Schüler und Schülerinnen mehrerer Länder zum Einsatz kommen. Die Evaluation soll zum einen die Schülervoraussetzungen aufzeigen sowie einen Vergleich der Wissensvoraussetzungen und Fehlvorstellungen im Bereich des Urknalls und seinen Belegen zwischen den verschiedenen Ländern ermöglichen.

Literatur

Bailey, J.M. et al. (2012). A Multi-Institutional Investigation of Students' Preinstructional Ideas About Cosmology. Astronomy Education Review, 11

Hansson, L. & Redfors, A. (2006). Swedish Upper Secondary Students' Views of the Origin and Development of the Universe. Reserach in Science Education, 36, 355-379

Kahnt, M. & Thesing, A. (2010). Schülervorstellungen zur Kosmologie. In Höttecke, D. (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. 263-265

Prather, E.E., Slater, T.F. & Offerdahl, E.G. (2002). Hints of a Fundamental Misconception in Cosmology. Astronomy Education Review, 1, 28-34

Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004a). Kerncurriculum Physik. In: A. Pitton (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung (S. 126-128). Münster: LIT-Verlag.

Schecker, H., Fischer, H.E. & Wiesner, H. (2004b). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In Tenorth, H.-E. (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II.

Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). The Relevance of Science Education. Sowing the Seeds of ROSE. Oslo: Acta Didactica

Trouille, L.E. Et al. (2013). Investigating Student Ideas About Cosmology III: Big Bang Theory, Expansion, Age, and History of the Universe. Astronomy Education Review, 12

Wallace, C.S., Prather, E.E. & Douglas, K.D. (2012). A Study of General Education Astronomy Students' Understandings of Cosmology. Part IV. Common Difficulties Students Experience with Cosmology. Astronomy Education Review, 11