

Auswertung einer explorativen Umfrage zur Kosmologie bei der bundesweiten Lehrerfortbildung am Haus der Astronomie im November 2019

Markus Pössel

Juni 2020

Der hier vorgestellte explorative Fragebogen wurde am 14.11.2019 an die 99 Teilnehmer*innen der mehrtägigen Bundesweiten WE-Heraeus-Fortbildung Astronomie im Haus der Astronomie verteilt. Von den verteilten Fragebögen kamen 61 ausgefüllt zurück. Die Auswahl der teilnehmenden Lehrer*innen dürfte ein starkes Bias im Hinblick auf Lehrer*innen bedeuten, die ein besonderes Interesse an Astronomie haben; ein zusätzlicher Auswahleffekt bei den zurückgegebenen Fragebögen dürfte das Bias in Richtung Interesse an Kosmologie verstärken.

Eine erste Auswertung der Antworten diente als Aufhänger für einen interaktiven Workshop zum Thema „Fehlvorstellungen in der Kosmologie“ im Rahmen derselben Fortbildung am Nachmittag des 15.11.2019 mit insgesamt rund 40 Teilnehmer*innen.

Seite 1 und Seite 2 des Fragebogens sind in dieser Zusammenfassung auf S. 6 und S. 7 wiedergegeben. Der Datensatz für jeden einzelnen der drei 61 ausgefüllten Fragebögen kann auf <http://www.haus-der-astronomie.de/kosmo-umfrage2019> heruntergeladen werden. Das Datenformat wird auf S. 8 beschrieben.

1 Bisherige Beschäftigung mit Kosmologie

Das erste Item gab für den unvollständigen Satz „Ich habe mich bislang . . . mit Kosmologie auseinandergesetzt“ vier Ergänzungsmöglichkeiten vor, die wie folgt gewählt wurden:

Auseinandersetzung mit Kosmologie:		
intensiv	14	(23%)
eher weniger	39	(64%)
kaum	7	(11%)
gar nicht	0	(0%)

Im Nachhinein betrachtet scheint mir zwischen „intensiv“ und „eher weniger“ eine zu breite Spannbreite zu liegen, die nicht abgefragt wurde, während die

Differenzierung zwischen „kaum“ und „gar nicht“ offenbar zu fein war. Wir halten fest, dass sich die allermeisten Beteiligten intensiv oder zumindest eher weniger mit Kosmologie beschäftigt haben; angesichts der Vorauswahl kein überraschendes Ergebnis.

2 Kosmologie im Unterricht

Die zweite Frage bezog sich darauf, wo die Befragten die Expansion des Universums bereits mit Schüler*innen behandelt hätten. Hier die Antworten:

im Unterricht	43	(70%)
außerschulisch	16	(26%)
gar nicht	10	(16%)

Für den außerschulischen Bereich war dabei explizit „Astro-AG“ als Beispiel genannt. Auf zehn der Fragebögen (16%) wurde angegeben, dass der oder die Antwortende die Kosmologie sowohl im Unterricht als auch außerschulisch mit Schüler*innen behandelt hätten.

3 Aussagen zur kosmischen Expansion

Der nächste Abschnitt präsentierte vier Aussagen über die kosmische Expansion. Jede davon sollte auf einer Likert-Skala bewertet werden, mit den Möglichkeiten „Trifft zu“, „Trifft eher zu“, „Weiß nicht“, „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft nicht zu“. Alle vier Aussagen beziehen sich auf verschiedene Formulierungen zu den zwei wichtigsten Interpretationen der kosmischen Expansion: derjenigen weit verbreiteten Interpretation, in der „der Raum expandiert“ und jene Expansion als Gegensatz zur Bewegung von Galaxien durch den Raum gesehen wird, und jener Interpretation in welcher auch die kosmische Expansion einer Bewegung von Galaxien durch den Raum entspricht. Die erste Aussage bezog außerdem noch die Fehlvorstellung einer Explosion mit ausgezeichnetem Mittelpunkt mit ein (nicht-relativistische Explosion). Hier sind die Ergebnisse für die vier Aussagen:

3.1 Der Kosmos expandiert: Wie bei einer Explosion fliegen die Galaxien vom Mittelpunkt des Universums weg

Trifft zu	1	(2%)
Trifft eher zu	10	(16%)
Weiß nicht	1	(2%)
Trifft eher nicht zu	9	(15%)
Trifft nicht zu	37	(61%)

3.2 Der Kosmos expandiert: Die Galaxien bewegen sich durch den Raum und entfernen sich auf diese Weise immer weiter voneinander

Trifft zu	15	(25%)
Trifft eher zu	8	(13%)
Weiß nicht	2	(3%)
Trifft eher nicht zu	5	(8%)
Trifft nicht zu	27	(44%)

3.3 Der Kosmos expandiert: Der Raum zwischen den Galaxien dehnt sich aus

Trifft zu	43	(70%)
Trifft eher zu	9	(15%)
Weiß nicht	4	(7%)
Trifft eher nicht zu	1	(2%)
Trifft nicht zu	2	(3%)

3.4 Der Kosmos expandiert: Zwischen den Galaxien entsteht fortwährend neuer Raum

Trifft zu	12	(20%)
Trifft eher zu	4	(7%)
Weiß nicht	9	(15%)
Trifft eher nicht zu	11	(18%)
Trifft nicht zu	23	(38%)

Hängen die meisten, die geantwortet haben, jeweils einer der Interpretationen an und schließen die andere aus? Um das zu überprüfen, teilen wir die Fragebögen in vier Gruppen ein. Wer bei der ersten oder zweiten Aussage zugestimmt hat („Trifft zu“ oder „Trifft eher zu“), von dem wird angenommen, dass er oder sie der Interpretation „kosmische Expansion ist Bewegung“ zustimme. Wer bei der dritten oder vierten Aussage zugestimmt hat, von dem wird angenommen, dass er oder sie der Interpretation „kosmische Expansion ist expandierender Raum“ zugestimmt hat. Je nachdem, ob ein*e Teilnehmer*in diesen beiden Interpretationen zugestimmt hat oder nicht wird er oder sie in eine von vier Gruppen eingeteilt. Das Ergebnis ist das folgende:

	Raum expandiert: NEIN	Raum expandiert: JA
Bewegung NEIN	4 (7%)	30 (49%)
Bewegung JA	1 (2%)	26 (43%)

Interessanterweise gibt es kaum Befragte, die davon ausgehen, dass die Galaxien sich durch den Raum bewegen, der Raum selbst aber nicht expandiert; in der deutlich größeren Gruppe jener, die eine Variante der Expansion des Raums für zutreffend halten, sind die Untergruppen jener, die zusätzlich eine

Bewegung von Galaxien für zutreffend halten und jener, die das nicht tun, ungefähr gleich groß. Zumindest in der befragten Gruppe wird die Bewegung von Galaxien durch den Raum also überwiegend als Ergänzung einer Interpretation der kosmischen Expansion als Expansion des Raums gesehen, nicht als Ersatz.

4 Fragen zur Kosmologie

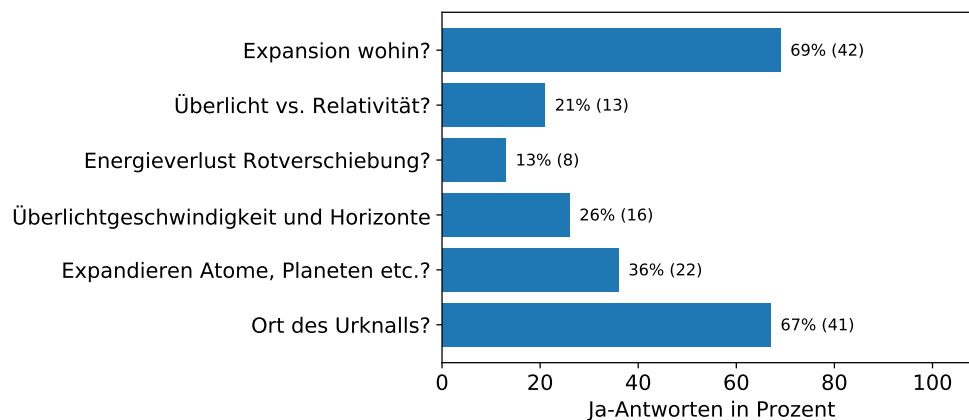
Im nächsten Teil des Fragebogens fragten wir an sechs Beispielen zweierlei ab: Zum einen, welche der Beispielfragen Schüler*innen den Antwortenden bereits gestellt hatten, zum anderen, welche Frage jene sich selbst bereits gestellt hatten. Die sechs Möglichkeiten, jeweils zum Ankreuzen (oder Freilassen) waren dabei die folgenden:

1. Wohin dehnt sich das Universum eigentlich aus? (*Expansion: wohin?*)
2. Widersprechen Galaxien-Fluchtgeschwindigkeiten größer als Lichtgeschwindigkeit der Relativitätstheorie? (*Überlicht-Fluchtgeschwindigkeit*)
3. Wenn Licht durch kosmologische Rotverschiebung Energie verliert, wohin geht diese Energie? (*Rotverschiebungs-Energieverlust*)
4. Kann uns das Licht von Galaxien mit überlichtschnellen Fluchtgeschwindigkeiten überhaupt erreichen? (*Überlichtgeschwindigkeit-Horizont*)
5. Werden in einem expandierenden Universum auch Atome, Planetensysteme etc. mit der Zeit größer? (*Expansion Atome, Planeten*)
6. Wo in unserem Kosmos hat der Urknall eigentlich stattgefunden? (*Ort des Urknalls*)

Kursiv in Klammern steht dabei eine Kurzform, die sich nicht im Fragebogen selbst findet, aber in den untenstehenden Diagrammen genutzt wird.

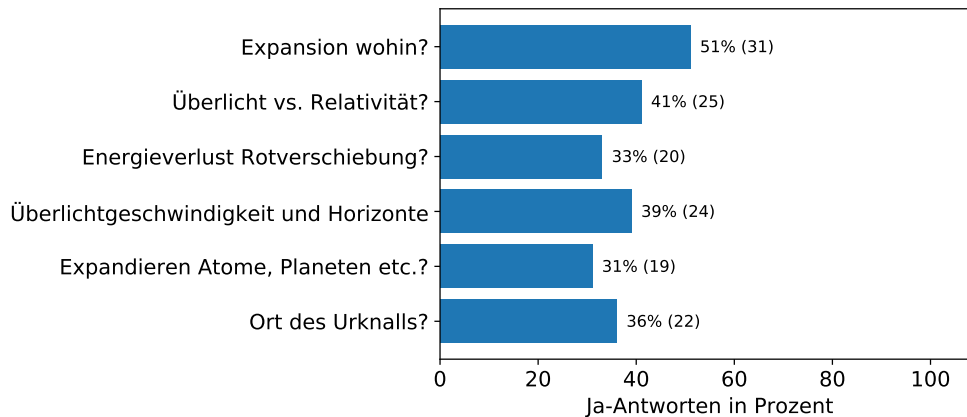
4.1 Was Schüler*innen bereits fragten

Auf die Frage hin, welche der Fragen ihnen Schüler*innen bereits sinngemäß gestellt hätten, gaben die Lehrer*innen die folgenden Antworten (absolute Zahlen in Klammern):



4.2 Was sich die Lehrer*innen bereits fragten

Auf die Frage hin, welche der Fragen sie sich selbst bereits sinngemäß gestellt hätten, gaben die Lehrer*innen die folgenden Antworten (absolute Zahlen in Klammern):



5 Expansion versus Eigenbewegung

Die letzte Frage bezog sich auf eine spezifische Situation: „Angenommen, eine ferne Galaxie befände sich jetzt, in diesem Moment, relativ zu unserer eigenen Galaxie in Ruhe. Was schätzen Sie passiert in einem expandierenden Kosmos als nächstes?“ Es folgten drei Antwortmöglichkeiten zu Ankreuzen; Mehrfachnennungen waren ausdrücklich zulässig.

Angekreuzt wurde wie folgt:

Der Abstand der fernen Galaxie zu uns beginnt, größer zu werden	42	(69%)
Die Gravitationskraft zieht die ferne Galaxie in unsere Richtung	23	(38%)
Der Abstand der fernen Galaxie zu uns bleibt gleich	7	(11%)

Die Fragemöglichkeiten sind dabei für sich genommen nicht besonders aussagekräftig, was Einschätzungen und mögliche Missverständnisse zum sogenannten „tethered galaxy problem“ angeht; im konkreten Kontext des Workshops lieferten sie den Einstieg in eine entsprechende vertiefte Diskussion.

A Originaltext Fragebogen Seite 1

Kurzumfrage Kosmologie

Ich habe mich bislang...

intensiv eher weniger kaum gar nicht

...mit Kosmologie auseinandergesetzt.

Ich habe die Expansion des Universums mit Schüler*innen behandelt...

im Unterricht außerschulisch, z.B. Astro-AG gar nicht

Aussagen zur kosmischen Expansion: Bitte bewerten

Der Kosmos expandiert: Wie bei einer Explosion fliegen die Galaxien vom Mittelpunkt des Universums weg.

Trifft zu Trifft eher zu Weiß nicht Trifft eher nicht zu Trifft nicht zu

Der Kosmos expandiert: Die Galaxien bewegen sich durch den Raum und entfernen sich auf diese Weise immer weiter voneinander.

Trifft zu Trifft eher zu Weiß nicht Trifft eher nicht zu Trifft nicht zu

Der Kosmos expandiert: Der Raum zwischen den Galaxien dehnt sich aus.

Trifft zu Trifft eher zu Weiß nicht Trifft eher nicht zu Trifft nicht zu

Der Kosmos expandiert: Zwischen den Galaxien entsteht fortwährend neuer Raum.

Trifft zu Trifft eher zu Weiß nicht Trifft eher nicht zu Trifft nicht zu

Bitte auch die Fragen auf der Rückseite beantworten!

B Originaltext Fragebogen Seite 2

Fragen zur Kosmologie

Bitte kreuzen Sie im Folgenden an, welche Fragen Ihnen **Schüler*innen** sinngemäß bereits gestellt haben:

- Wohin dehnt sich das Universum eigentlich aus?
- Widersprechen Galaxien-Fluchtgeschwindigkeiten größer als Lichtgeschwindigkeit der Relativitätstheorie?
- Wenn Licht durch kosmologische Rotverschiebung Energie verliert, wohin geht diese Energie?
- Kann uns das Licht von Galaxien mit überlichtschnellen Fluchtgeschwindigkeiten überhaupt erreichen?
- Werden in einem expandierenden Universum auch Atome, Planetensysteme etc. mit der Zeit größer?
- Wo in unserem Kosmos hat der Urknall eigentlich stattgefunden?

Bitte kreuzen Sie im Folgenden an, welche Fragen **Sie selbst** sich sinngemäß bereits gestellt haben:

- Wohin dehnt sich das Universum eigentlich aus?
- Widersprechen Galaxien-Fluchtgeschwindigkeiten größer als Lichtgeschwindigkeit der Relativitätstheorie?
- Wenn Licht durch kosmologische Rotverschiebung Energie verliert, wohin geht diese Energie?
- Kann uns das Licht von Galaxien mit überlichtschnellen Fluchtgeschwindigkeiten überhaupt erreichen?
- Werden in einem expandierenden Universum auch Atome, Planetensysteme etc. mit der Zeit größer?
- Wo in unserem Kosmos hat der Urknall eigentlich stattgefunden?

Was passiert in der folgenden Situation?

Angenommen, eine ferne Galaxie befände sich jetzt, in diesem Moment, relativ zu unserer eigenen Galaxie in Ruhe. Was schätzen Sie passiert in einem expandierenden Kosmos als nächstes? (Mehrfachnennungen möglich)

- Der Abstand der fernen Galaxie zu uns beginnt, größer zu werden
- Die Gravitationskraft zieht die ferne Galaxie in unsere Richtung
- Der Abstand der fernen Galaxie zu uns bleibt gleich

C Codierungsschema

Jedem Fragebogen entspricht in der Ergebnisdatei `kosmo2019kodierung.txt`, die von <http://www.haus-der-astronomie.de/kosmo-umfrage2019> heruntergeladen werden kann, eine Zeile. In jeder Zeile steht eine Zeichenkette, deren Zeichen die folgende Bedeutung haben (Zeichen-Nr. bezieht sich auf die Position des Zeichens, von links gezählt, angefangen bei Null):

Zeichen-Nr.	Bedeutung
0	a bis d entsprechen den vier Antwortmöglichkeiten für die Auseinandersetzung mit Kosmologie; die Null zeigt an, dass keine der Möglichkeiten angekreuzt wurde
1,2,3	Jedes Element entspricht einer der drei Ankreuzmöglichkeiten für die Frage, in welchem Rahmen die Kosmologie bereits behandelt wurde (Unterricht, außerschulisch, gar nicht). Der Wert ist 1 jeweils eingetragen, wenn die Möglichkeit angekreuzt wurde, der Wert 0, wenn sie nicht angekreuzt wurde
4,5,6,7	Jedes Element entspricht einer der nachfolgenden Aussagen zur kosmischen Expansion auf der ersten Seite des Fragebogens. Der Wert a entspricht dabei der ersten Antwortmöglichkeit (ganz links, „Trifft zu“), und dann geht es alphabetisch weiter bis zum Wert e für die fünfte Antwortmöglichkeit (ganz rechts, „Trifft nicht zu“).
8–13	Jedes Element entspricht einer der sechs Antwortmöglichkeiten für Fragen, die Schüler*innen dem oder der Ausfüllenden bereits gestellt haben. 1 steht dafür, dass die entsprechende Antwort angekreuzt wurde, 0 für eine nicht angekreuzte Antwort
14–19	Wie bei 8–13, aber diesmal für die Fragen, die sich der oder die Ausfüllende selbst bereits gestellt hat
20–22	Analog zu den folgenden beiden Fällen, aber diesmal für die drei Antwortmöglichkeiten zu “Was passiert in der folgenden Situation?”