

# „Kosmologie – Forscherblick auf das ganze Universum“ Daten, Fragen, Wege, Perspektiven

Lehrerfortbildung an der Sternwarte Sonneberg  
vom 16.-18. September 2023 (Sa bis Mo)

Organisation: PD Dr. Olaf Fischer (HdA/AMeV), Dr. Peter Kroll I (4pi/StwSon/AMeV), Thomas Müller I (AMeV)  
Haus der Astronomie Heidelberg & 4pi Systeme GmbH & Sternwarte Sonneberg & Astronomiemuseum e.V.

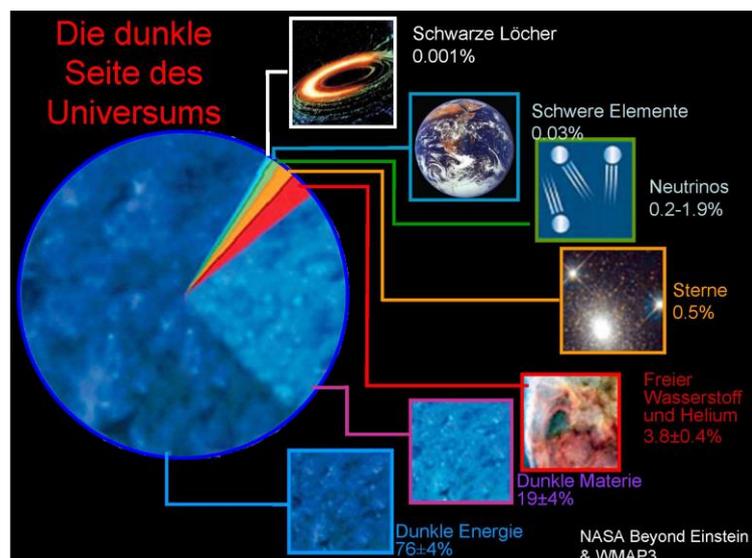
Wie expandiert unser Universum und was bedeutet eigentlich beschleunigte Expansion? Seit wann findet diese Expansion statt, d. h., wie alt ist das Weltall? Bis zu welcher Größe ist es bis heute expandiert? Welche Bedeutung haben Entfernungsangaben für sehr weit entfernte Objekte? Und warum reden Astronomen von dunkler Materie? Diese und ähnliche Fragen sind es, die uns die Schüler stellen.

Je tiefer wir ins Weltall schauen, desto tiefer schauen wir hinein seine Vergangenheit. Die Interpretation der Daten erfordert zum Teil ein Abweichen von gewohnten Wegen. Es scheint so, als lassen sich die „dunklen Seiten“ des Universums mit seinen gigantischen Dimensionen nur mit Hilfe der Physik, die sich in unvorstellbar kleinen Dimensionen abspielt, erklären.

Vom **16. (Neumond am 15. !) bis zum 18. September 2023** geht es bei der Sonneberger Lehrerfortbildung um Fragen, die den Kosmos insgesamt betreffen. Dabei wird zunächst Grundlegendes zum Theoriegebäude des Urknalls mit seinen Säulen primordiale Elemententstehung, kosmische Expansion und kosmische Hintergrundstrahlung in Erinnerung gebracht und durch neue Gedanken (z. B. „Quantisierung“ der Rotverschiebung) ergänzt. Danach werden wir die uns meist schon bekannten „dunklen Seiten“ des Universums (insbesondere Riesenplaneten, Braune Zwerge, „ausgebrannte“ Sterne, kosmisches Gas, Neutrinos, primordiale Schwarze Löcher) kurz rekapitulieren, um uns dann den noch völlig unbekanntem und rätselhaften „dunklen Seiten“ Dunkle Materie und Dunkle Energie zu nähern.

Eine vierteilige „**Mini-Vorlesung**“ von einem Spezialisten auf dem Gebiet der Kosmologie soll verschüttetes Wissen wieder zutage befördern und durch neue Erkenntnisse ergänzen.

In **Workshops** können Sie zum einen die Hubble-Lemaître-Relation für Galaxien aus echten Daten selbst erzeugen. Desweiteren können Sie interaktiv mittels einer Analogiebetrachtung, bei der die Temperaturstrukturierung der kosmischen Hintergrundstrahlung (CMB) mit der Höhenstrukturierung der Erdoberfläche verglichen wird, verstehen, wie die Kosmologen die



Beobachtungsergebnisse der CMB auswerten und interpretieren. Schließlich können Sie sich unter Nutzung der Hefekuchen-Analogie auch quantitativ dem Verständnis des Expansionsverhaltens des Kosmos nähern. Weitere Workshopaufgaben wenden sich u. a. dem Entfernungsbegriff in der Kosmologie oder der Frage, welche Beziehung unser Wasser zum Urknall hat, zu.

**Beobachtungsabende** auf der Skypole-Wiese und in Sternwartenkuppeln runden das Fortbildungsangebot mit Blicken ins nahe und ferne Universum ab.

## Programm / Zeitplanung

16. 09. 2023 (Sa) - Neumond		Seminarleitung: P. Kroll, O. Fischer
18.00-20.30	Kulinarische Begrüßung und Einführung in die Beobachtungsabende. „Der Rost brennt und die Sterne leuchten“ <sup>2,3,4,5</sup>	
20.30-22.00	<b>BEOBACHTUNGEN<sup>2-5</sup></b> : mit dem bloßen Auge und mit optischen Hilfsmitteln (Sky-Pole und Ferngläser, 1 Schulfernrohr, 1 Fernrohr in Kuppel) Optional: <b>FÜHRUNG<sup>2,3,4,5</sup></b>	
17. 09. 2023 (So)		Seminarleitung: O. Fischer
09.30-09.45	Begrüßung, Programmvorschau und Organisation <sup>2,5</sup>	
09.45-10.30	Kaffeepause + Gruppenfoto	
10.30-11.30	<b>VORLESUNG 1<sup>1</sup>: Expansion des Universums</b> Annahmen des kosmologischen Standardmodells, Begründung Expansion, Notwendigkeit des Urknalls Lichtkegel, Geometrie, Alter und Entfernungen	
11.30-13.00	Mittagspause mit belegten Brötchen	
13.00-15.00	<b>WORKSHOP 1<sup>5</sup></b> : Apps und Animationen zur Kosmologie	
15.00-15.30	Kaffeepause	
15.30-16.30	<b>VORLESUNG 2<sup>1</sup>: Ein heißer Anfang</b> Sichtbare Auswirkungen, kosmischer Mikrowellenhintergrund, Entstehung leichter Elemente, Ablauf und Ergebnisse	
16.30-18.00	<b>FÜHRUNG + evt. SONNENBEOBACHTUNGEN<sup>2-5</sup></b> : Sternwarte und Astronomiemuseum Sonneberg	
18.00-20.30	Pause mit Abendessen* (Plätze ab 18.00 Uhr und bis max. 20.00 Uhr im Berggasthof „Blockhütte“)	
20.30-22.00	<b>BEOBACHTUNGEN<sup>2-5</sup></b> wie am Tag zuvor, bei Schlechtwetter: Vortrag von Thomas Müller (Leiter des Astronomiemuseums): "Meteorite - Steine die vom Himmel fallen und ihre Fundgeschichten"	
18. 09. 2023 (Mo)		Seminarleitung: P. Kroll
09.00-10.00	<b>VORLESUNG 3<sup>1</sup>: Strukturen im Universum</b> Störungen, Notwendigkeit dunkler Materie, kosmische Reionisation, nicht-lineare Effekte und Auswirkungen	
10.00-11.30	<b>WORKSHOP 2<sup>5</sup></b> : Kosmische Hintergrundstrahlung (CMB) – in Analogie und interaktiv	
11.30-12.00	Kaffeepause	
12.00-13.00	<b>VORLESUNG 4<sup>1</sup>: Beschleunigte Expansion</b> kosmologische Konstante und ihre Begründung, dunkle Energie, Inflation im frühen Universum	
13.00-14.30	Mittagspause (belegte Brötchen)	
14.30-16.00	<b>WORKSHOP 3<sup>5</sup></b> : Kosmische Expansion mit dem „Kuchenuniversum“ und mehr	
16.00-17.00	<b>Abschlusskaffee<sup>2-5</sup></b> Bilanz und Perspektive, Zertifikate, Hinweise auf Materialsammlung zur Fortbildung, Hinweise auf andere Lehrerfortbildungen, auf Reiff-Preis und auf Astronomiewettbewerbe	

\*auf eigene Rechnung

### Akteure:

- 1: Prof. Dr. Matthias Bartelmann, ITP der Universität Heidelberg
- 2: Dr. Peter Kroll, Sternwarte & 4pi Systeme Sonneberg
- 3: Eberhard Splittgerber, Sternwarte & 4pi Systeme Sonneberg
- 4: Thomas Müller, Denise Böhm-Schweizer, Astronomiemuseum e. V. an der Sternwarte Sonneberg
- 5: PD Dr. Olaf Fischer, Haus der Astronomie Heidelberg

## INHALTSVORSCHAU 2023

### VORTRAG / FÜHRUNG

#### im Astronomiemuseum und in der Sternwarte Sonneberg



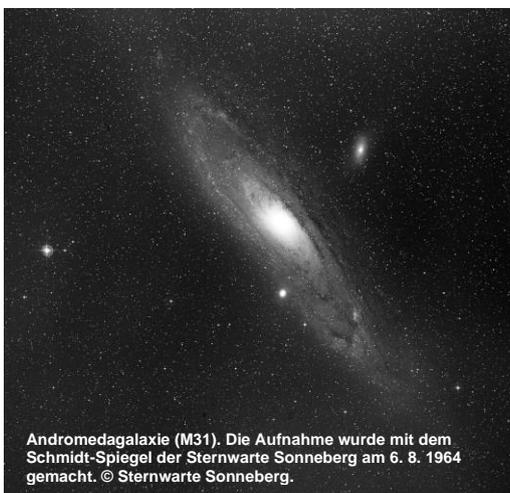
Das ursprüngliche Institutsgebäude der Sternwarte Sonneberg beherbergt heute das Astronomiemuseum. In dieser wahrlich einmaligen Einrichtung erfährt der Besucher etwas über die Geschichte der Sternwarte wie auch eine Menge zu verschiedenen Themen der Astronomie und Raumfahrt.

In sehr anschaulicher Weise vermitteln mit Detailliebe und Geschick hergestellte Modelle dem Besucher einen räumlichen Eindruck von verschiedenen kosmischen Objekten. Regelmäßig

wechselnde Sonderausstellungen liefern dem Besucher umfassendere und tiefer gehende Einblicke.

### NACHTBEOBACHTUNGEN

Bei den **Beobachtungsabenden** geht es immer auch darum, die grundlegenden Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Orientierung am Sternenhimmel und im Umgang mit verschiedenen Beobachtungsinstrumenten zu trainieren. In der Sternwarte Sonneberg gibt es dafür die einmalige Gelegenheit, Himmelsobjekte mit Hilfe einer Peilanlage („SkyPole“) aufzusuchen. Wir wollen dabei auch verschiedene Sternbilder aufsuchen, die gut beobachtbare Galaxien beherbergen, um uns ihre Positionen am Himmel für folgende Beobachtungen einzuprägen.



Für tiefere Blicke in den Himmel werden Ferngläser und Kleinfernrohre und ein 60-cm-Fernrohr in einer Kuppel zur Verfügung stehen. Ein erster Blick gilt auch dem Planeten Saturn, der im Südosten bereits hoch genug steht, um ihn mit dem Fernrohr aufsuchen zu können.

Die Hauptziele der Beobachtung sind diesmal jedoch die ferneren Objekte, die den Kosmos ausmachen – die Galaxien.

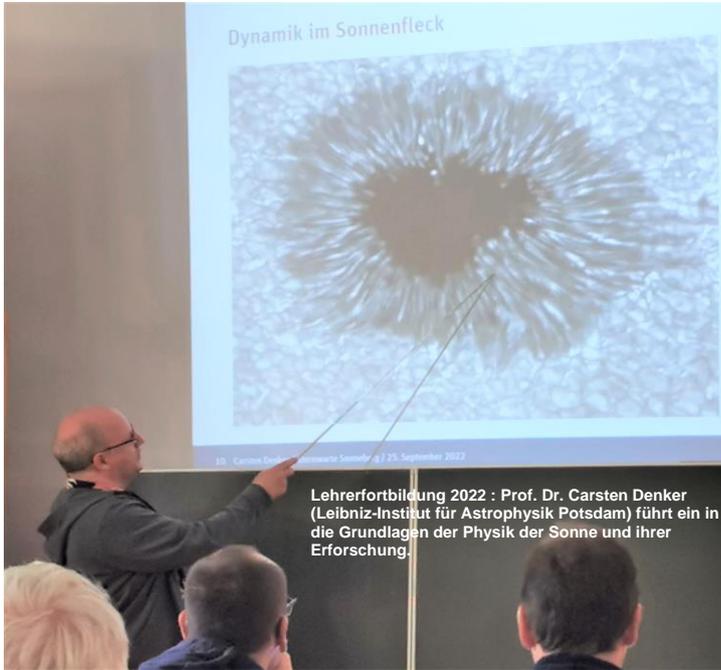
Der Herbsthimmel bietet neben der Andromedagalaxie (M31, ca. 2,5 Mio Lj, 191' × 62') noch die Whirlpool-Galaxie (M51, ca. 23 Mio Lj, 11,2' × 6,9') in den Jagdhunden und die Galaxie M74 (ca. 34 Mio Lj 9,5' × 10,') in den Fischen.

Auch für **Tagbeobachtungen** steht ein Kleinfernrohr zur Verfügung.

### Vortrag bei Schlechtwetter

Bei Schlechtwetter brauchen wir nicht auf Himmelsblicke verzichten und öffnen einfach eine „Konserve“ von Thomas Müller (Leiter des Astronomiemuseums) "Meteorite - Steine die vom Himmel fallen und ihre Fundgeschichten".

## VORTRÄGE („Mini-Vorlesung“)

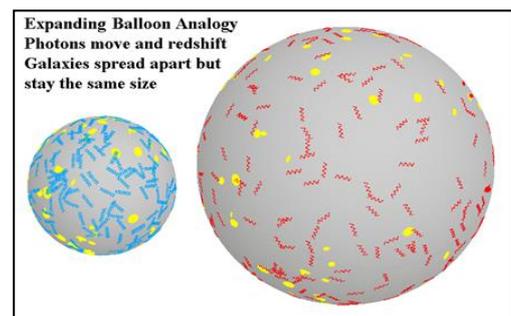
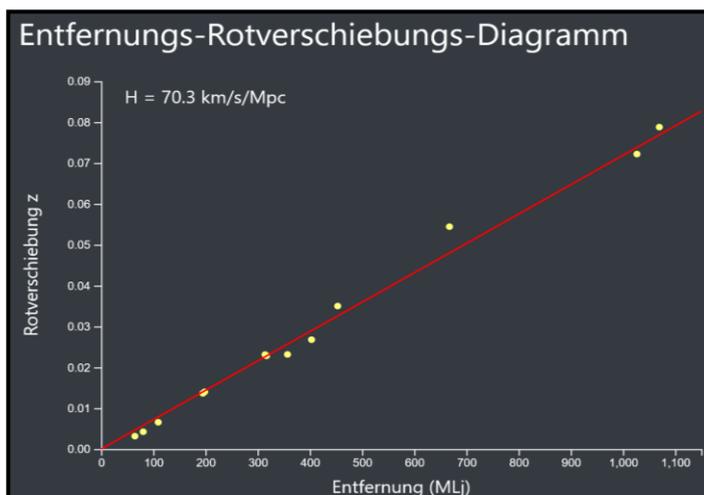


Der Grundstock des (fortbildenden) Fachwissens wird in einer kleinen Vortragsreihe von einem Fachmann gelegt. 2023 ist dies Prof. Dr. Matthias Bartelmann vom Institut für Theoretische Physik der Universität Heidelberg.

Die „Mini-Vorlesung“ besteht aus vier aufeinander aufbauenden Beiträgen, die etwas Überblick mit einigen grundlegenden Einblicken und aktuellen Ausblicken zur behandelten Thematik geben (siehe Programm).

## WORKSHOPS mit Aktivitäts-Ideen für die Schule

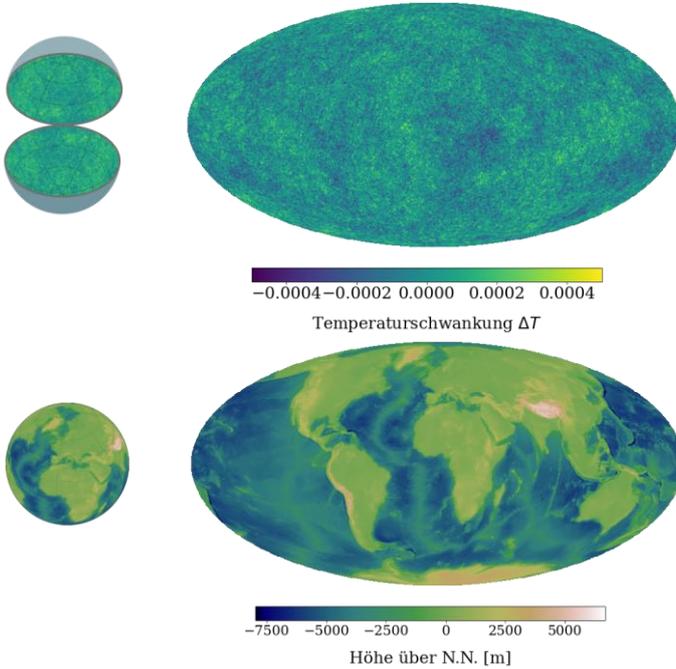
### Workshop 1: Apps und Animationen zur Kosmologie



- Hubble-Lemaître-Relation für Galaxien aus echten Daten selbst erzeugen (ca. 60 min)
- Animationen zur „Mittelpunktsvorstellung“ Ballon-Analogie, ... (ca. 10 min)
- Animation zur Evolution des Kosmos (ca. 20 min)

Die Zeit reicht nur zur Bearbeitung ausgewählter Aufgaben.

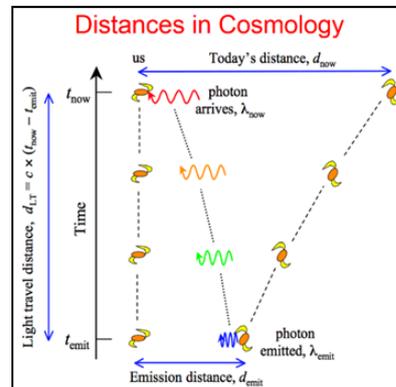
## Workshop 2: Kosmische Hintergrundstrahlung (CMB) – in Analogie und interaktiv



Dieser Workshop vermittelt einen Eindruck davon, wie die Kosmologen die Beobachtungsergebnisse der CMB auswerten und interpretieren. Die Grundlage für den Workshops liefert eine von Studenten des Instituts für Theoretische Astrophysik für den Girlsday 2021 entwickelte interaktive Webseite.

Als didaktisches Hilfsmittel dient dabei eine Analogiebetrachtung, bei der die Temperaturstrukturierung der CMB mit der Höhenstrukturierung der Erdoberfläche verglichen wird. Es wird gezeigt, wie der theoretische Astrophysiker sich bestimmter mathematischer Hilfsmittel (Kugelflächenfunktionen und Leistungsspektren) bedient - die in anschaulicher Art und Weise in erster Näherung verstanden werden können, um grundlegende Aussagen zur Natur des Universums und seinen Anfang zu treffen.

## Workshop 3: Kosmische Expansion mit dem „Kuchenuniversum“ und mehr



Die Expansion bewirkt, dass sich die Abstände zwischen den Galaxien vergrößern. Das „Tempo“ der Expansion wird durch die sogenannte Hubble-Konstante  $H_0$  (besser Hubble-Parameter  $H(t)$ ), entsprechend:  $H_0 = H(t = \text{„jetzt“})$  angegeben.

Eine eingängige alltagsnahe Analogie stellt z. B. Hefeteig dar.

Im Workshop wird das „Kuchenuniversum“ zum Ausgangspunkt genommen, um für einen Hefekuchen eine Art Hubble-Diagramm zu erzeugen, die Zeitabhängigkeit des Hubble-Parameters festzustellen und das „Kuchen-Weltalter“ nach dem Backen (dem Expandieren) der „Kuchenwelt“ zu ermitteln.

In der Zeit, in der das von weit entfernten Galaxien emittierte Licht zu uns läuft, vergrößert sich sowohl die Lichtlaufstrecke als auch ihre Entfernung zu ihrem physikalischen Ort infolge der Expansion des Universums. Wegen dieser Umstände ist die Angabe einer Entfernung für Objekte im fernen Kosmos nicht mehr so einfach, wie wir es von unserem Alltag her gewohnt sind. Im Workshops werden die physikalische Entfernung, die Emissionsentfernung und die Lichtlaufzeitentfernung eingeführt und es wird auch gezeigt, wie man diese ermitteln kann.

Zudem findet man in jedem Haushalt auch Wasser und könnte sich fragen, woraus es eigentlich genau besteht und welche Beziehung es zum Urknall hat. ...

## Organisatorisches

- **Unterkunft:**

Die Teilnehmer werden gebeten, ihre Übernachtung selbständig zu organisieren (siehe [https://www.thueringen.info/fileadmin/suche\\_ext/ergebniss\\_uebernachten.php?ort=Sonneberg](https://www.thueringen.info/fileadmin/suche_ext/ergebniss_uebernachten.php?ort=Sonneberg)).

Auch wegen ihrer Nähe zur Sternwarte zu empfehlen sind:

- Hotel „Zur Hohen Sonne“ (Waldstraße 6, 96515 Sonneberg, 03675 703084)
- Berggasthof „Blockhütte“ (Waldstraße 60, 96515 Sonneberg, 03675 702840)
- Gästehaus „Outdoor-Inn“ (Sternwartestraße 18, 96515 Sonneberg, 03675 406804)
- Hotel „Schöne Aussicht“ (Schöne Aussicht 24, 96515 Sonneberg, 03675 804040)

- **Unkostenbeitrag:** 80,00 Euro

- Bitte denken Sie auch an: Fernglas evt. mit Stativ, Fotoapparat, Taschenrechner, Taschenlampe (möglichst mit vorschaltbarem rotem Filter zur Helligkeitsminderung), warme Bekleidung für Beobachtungsabende, Schreib- und Zeichengerät

- **Laptop:** Bitten bringen Sie, wenn möglich, einen Laptop mit. Einige Aufgaben erfordern dessen Nutzung.

- **Didaktische Materialien:** Die wichtigsten im Laufe der Fortbildung zur Anwendung gekommenen didaktischen Materialien (Vortragsfolien, Arbeitsblätter, didaktische Texte, ...) werden gesammelt und via Internet zugänglich gemacht.

**Der Link wird den Teilnehmern im Sinne eines Passwortes vor Ort mitgeteilt.**

*Für die Anmeldung füllen Sie bitte ein Formular aus unter:*

<https://www.astronomiemuseum.de/anmeldung-lfb>

*Bei Nachfragen wenden Sie sich bitte an einen der drei folgenden Organisatoren:*

Thomas Müller, Astronomiemuseum der Sternwarte Sonneberg  
Tel.: 03675-82118, E-Mail: [thomas.mueller@astronomiemuseum.de](mailto:thomas.mueller@astronomiemuseum.de)

Dr. Peter Kroll, Sternwarte & 4pi Systeme Sonneberg  
Tel.: 03675-81210 (Büro), E-Mail: [pk@4pisysteme.de](mailto:pk@4pisysteme.de)

PD Dr. Olaf Fischer, Haus der Astronomie Heidelberg  
Tel.: 06221-528-162, E-Mail: [fischer@hda-hd.de](mailto:fischer@hda-hd.de)

## Informationen, die Sie interessieren könnten

### Reiff-Preis:

Zur Förderung vergibt die Reiff-Stiftung jährlich Preise für amateur- und schulastronomische Projekte. Diese werden jährlich auf der Bochumer Herbsttagung der Amateurastronomen verliehen.

In der Kategorie 1 (Amateurvereine und Oberschulen) werden 3 Preise (jeweils 2000 Euro) vergeben. In der Kategorie 2 (Grundschule und Kindergarten) gibt es einen Preis (500 Euro). Näheres findet sich unter:

<http://www.reiff-stiftung.de/preis.html>



### Bundesweite Lehrer-Fortbildung zur Astronomie der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung:

Das Haus der Astronomie (HdA) Heidelberg veranstaltet jährlich die bundesweite Lehrer-Fortbildung zur Astronomie der WE-Heraeus-Stiftung, die in der Regel nach den bundesweiten Herbstferien stattfinden wird (Do-Sa). Die Heraeus-Stiftung ermöglicht dabei u. a. die Deckung der Fahrtkosten und eine großzügige Unterstützung bei den Übernachtungskosten der Teilnehmer.

Die Fortbildung bietet Raum für ca. 100 Teilnehmer aus ganz Deutschland. Etwa die Hälfte der Plätze ist an Lehrernetzwerke vergeben, die mit dem HdA in enger Verbindung stehen und sich aktiv einbringen. Zur Erlangung eines der verbleibenden Fortbildungsplätze wird eine kurze Bewerbung gewünscht. Darin bitten wir um eine kurze Darstellung, wie die Fortbildungsinhalte nachhaltig in die Schule getragen werden sollen. Detaillierte Information finden sich unter:

<https://www.haus-der-astronomie.de/fortbildungen/bundesweit>



### Wissenschaft in die Schulen!

Die Faszination und die Vernetzungskraft der Astronomie sind Faktoren, die dem Schulunterricht zugutekommen müssen. Diesem Ziel



folgend, werden im Rahmen von WIS didaktische Materialien entwickelt, die sich an den Bedürfnissen der Schule ausrichten und zugleich der Forderung nach aktuellem Unterricht (Astronomie, Physik, Naturwissenschaft und Technik, ...) entsprechen. Die Aktualität wird dadurch erreicht, dass die Materialien aus Beiträgen der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« heraus erwachsen.

Die didaktischen Materialien beinhalten u. a. Elementarisierungen, Modelle, Aufgaben, Anregungen zu Experimenten, Beobachtungsvorschläge, die spezielle Rubrik „Astrobilder lesen lernen“, Verknüpfungen zu anderen Wissenschaften. Es werden praxiserprobte Arbeitsblätter, Folien, Bilder, Videoclips u. a. m. angeboten. Die Materialien sind via Internet über das vom Verlag Spektrum der Wissenschaft zur freien Verfügung gestellte WIS-Portal (Wissenschaft in die Schulen!) abrufbar unter:

[www.wissenschaft-schulen.de](http://www.wissenschaft-schulen.de)



Teilnehmer der  
Lehrerfortbildung 2022