

# 7. Workshop

---

# Kosmische Klänge im Harz

---

PhysikClub / SchülerForschungsZentrum Nordhessen SFN

Astronomischer Arbeitskreis Kassel AAK e.V.

Kinder- und Jugendakademie Kassel

Bitte dieses Hand-Out in elektronischer oder gedruckter Form  
mitbringen!!!!

Preiskorrektur:

Die Teilnahmegebühr hat sich um 10.- pro Person reduziert, d.h. der Preis für Fahrt, Unterkunft, Verpflegung, Fachprogramm im Mehrbettzimmer liegt bei 170.-

Für Zweibett- oder Einzelzimmer bzw. ein Zimmer in der Ferienwohnung werden die im Rückmeldeformular angegebenen schon angekündigten Aufschläge erhoben, ebenfalls für die Teilnahme am Kletterkurs.

Arbeitsgruppen

Die Gruppen erhalten Aufgaben, sowohl theoretischer als auch praktischer Art. Zusammen mit der Beschreibung der Gruppe dienen sie zur Organisation des Arbeits- und Lernprozesses. Als Informationsquelle stehen zur Verfügung: Das Wissen der Teilnehmer/innen, Internet – Recherche (es gibt WLAN, bitte Laptops etc mitbringen), Bücher, Informationen durch Teilnehmer anderer AGs, Beratung der KP

In der letzten Plenumsitzung am Sonntag werden alle Gruppen gemischt neu zusammengesetzt, so dass in jeder neuen Gruppe ein oder zwei einer AG sind. Dann unterrichten sich die Teilnehmer/innen über die von ihnen erzielten Ergebnisse.

Die Aufgaben und die Zusammensetzung der AGs sind fein aufeinander abgestimmt. Ein Wechsel einer AG kann deshalb nur in Ausnahmefällen mit Absprache erfolgen!

Man sollte sich auch einmal die Aufgabenstellung für alle AGs durchlesen!

### **AG 1 Theorie und Bau einer Panflöte**

#### **Stichpunkte:**

Unterschiedliche Tonhöhen bei offenen und geschlossenem Ende, Abstimmung auf Tonhöhen

Teilnehmer: Hannah König, Felix König, Luca Roediger, Anja Hagedorn, Kerstin Jespersen

#### **Aufgaben:**

Theorie: Wie entstehen Schallschwingungen? Was passiert beim Anblasen einer Panflöte? Warum müssen die Flöten unterschiedlich lang sein? Was ist eine stehende Welle? Warum klingen die Flöten unterschiedlich, je nachdem das Ende zugeklebt oder offen ist?

Praxis: Aus dem vorhandenen/mitgebrachten Material eine Panflöte bauen und darauf spielen

### **AG 2 Wenn die Erde bebt**

#### **Stichpunkte:**

Die Entstehung von Erdbeben, Seismologie, Seismogramme, Bau von erdbebensicheren Gebäuden: Warum hatten die Chilenen Glück im Unglück? (Eigenschwingungen, Dämpfung und erzwungene Schwingungen, Baukonstruktionen)

Teilnehmer: Herbert Frisch, Anja König, Björn Stückrad, Felix Kechel, Johannes Borys, Laurin Neumann, Sami Talip, Frederik Kessner

#### **Aufgaben:**

Theorie: Wie ist die Erde aufgebaut? Wie können Kontinentalverschiebung und Vulkanismus zu Erdbeben führen? Worin unterscheiden sich p-, s- und Oberflächenwellen? Was ist ein Seismograph? Wie wertet man ein Seismogramm aus? Wie kann man mit Hilfe der Laufzeitanalyse das Zentrum eines Erdbebens bestimmen? Warum brechen Gebäude bei Erdbeben zusammen? Was hat das mit Eigenschwingungen, Resonanz und Dämpfung zu tun? Wie können Gebäude erdbebensicher gemacht werden?

Praxis: Bau eines Seismographenmodells und Aufzeichnung eines künstlichen „Tischbebens“, Bau und Konstruktion eines erdbebensicheren Turmes (aus Papier)

## AG 3 Kosmologie

### Stichpunkte:

#### Schallschwingungen im Urknallgas

Wie sieht eine Schwingungsanalyse der Signale der kosmischen Hintergrundstrahlung aus? Wie kann man sie mit Kugelflächenfunktionen beschreiben? Wieso erfordern diese Schwingungen Dunkle Materie, wenn man mit ihnen die Strukturbildung erklären will? Wieso sind die tiefsten Töne zu schwach? Hat das was mit der Topologie des Weltalls zu tun?

#### Nicht jede Rotverschiebung ist der Dopplereffekt

Was ist der Dopplereffekt für Licht? Warum ist die kosmische Rotverschiebung kein Dopplereffekt?

#### Der Frequenzkamm

Messung kürzester Zeiten, Direkte Verfolgung der kosmischen Expansion

Teilnehmer: Jörg Steiper, Simon Paul, Matthias Simon, Ilian Eilmes, Clemens Borys

### Aufgaben:

#### Theorie:

Beobachtung und Auswertung: Durch welchen Trick beim Messen und Auswerten kann man die extrem schwachen Schwankungen der Hintergrundstrahlung nachweisen? Was sind Kugelflächenfunktionen und wie können sie zur Beschreibung der Fluktuationen eingesetzt werden? Wie werden die Amplituden der Kugelflächenfunktionen interpretiert?

Physikalische Modelle: Interpretiere die Dichtefluktuationen durch „eingefrorene Schallschwingungen im Urknallgas“ und vergleiche die beobachteten Größen mit den vorhergesagten Größen! Wieso geht wie die Raum-Zeit-Struktur in diesen Vergleich ein?

Warum stützen diese Beobachtungen die Annahme einer Dunklen Energie?

Beschreibung des Photon-Baryonen-Fluids durch die Kontinuitäts-, Euler- und die Poissongleichung und Herleitung der Schwingungsgleichung für akustische Oszillationen des Fluids

Wie erklärt man Abweichungen bei „tiefen Tönen“?

Welche Annahmen macht das Cold-Dark Matter – Modell und warum widersprechen die Beobachtungen einem Hot Dark Matter – Modell?

Interpretation von Rotverschiebungen: Wieso darf man die kosmische Rotverschiebung nicht als (relativistischen) Dopplereffekt interpretieren? Ist das nur eine Frage der Deutung oder gibt es beobachtbare Unterschiede?

Kosmologie mit dem E-ELT: Mit dem 42 m Teleskop soll mit Hilfe eines Frequenzkammes die Expansion in „Echtzeit“ beobachtet werden. Wie geht das und welche kosmologischen Parameter lassen sich auf diese Weise messen?

#### Praxis:

Graphische Darstellung von Kugelflächenfunktionen und Beziehung/Vergleich auf/mit Atomorbitalen und Potenzialfunktionen für die Erdoberfläche

## AG 4 Töne und Klänge hören und erzeugen

### Stichpunkte:

Aus Frequenzen werden Orte

Wie wir hören lernen, Biologie des Ohres, Anpassung des Wellenwiderstandes

Wir hören Töne, die es nicht gibt...

Wie konstruiert das Gehirn eine Tonwahrnehmung und warum funktioniert das auch, wenn der Ton selbst gar nicht erzeugt werden kann (z.B. weil die Klaviersaiten nur Obertöne abgeben...)

DUR und MOLL und temperierte Töne: Die Physik des Musik

Warum wir bestimmte Frequenzverhältnisse mögen und warum man beim Stimmen eines Instrumentes mogeln muss

Theorie und Bau einer Panflöte in temperierte und in reiner Stimmung

Hier muss man sich erst intensiv mit der Musik beschäftigen: Wie kommt es zur temperierten Stimmung? Was ist eine reine Stimmung? Sieht man einer Panflöte die Stimmung an?

Teilnehmer: Sebastian Voltmer, Romy La Spina, Ilse Ludolph, Patrick Heß

### Aufgaben:

Theorie:

Wieso analysiert unser Ohr Frequenzen durch eine Ortsmessung? (Dazu: Resonanz)

Durch welche bedien Verfahren können wir Richtungen beim Hören unterscheiden? (Dazu: Phasenverschiebung)

Wie kann man durch Obertöne die Grundschiwingung analysieren? (Dazu: Stehende Wellen)

Wodurch unterscheiden sich temperierte und reine Stimmung?

Wieso entstehen Schwebungseffekte bei Moll-Akkorden durch temperierte Stimmung?

Welche Längenverhältnisse müssen bei einer Panflöte bei reiner und temperierter Stimmung eingehalten werden? Auf welcher mathematischen Kurve liegen jeweils die Enden der Flöten?

Praxis:

Bau je einer Panflöte für temperierte und reine Stimmung

Experimente zur Lokalisierung einer Schallquelle bei verschiedenen Frequenzen

## AG 5 Was sind Superstrings?

### Stichpunkte:

Besteht die Welt aus schwingenden Raum-Zeit-Saiten? Die Gruppe sollte einige Grundideen der Superstringtheorie erfassen und hinterfragen. Lassen sich die Aussagen der Stringtheorie experimentell überprüfen?

Teilnehmer: Renate Bendrien, Stephanie Köhn, Armin Saß, Wladimir Fedoschenko

### Aufgaben:

Theorie:

Darstellung von Eigenschwingungen in linearen, flächenhaften und räumlichen Gebilden

Schwingungen von offenen und geschlossenen Strings  
Zusammenhang zwischen Schwingungsmuster und Energie  
Wie werden unterschiedliche Elementarteilchen durch Strings dargestellt?  
Wie werden Wechselwirkungen durch Strings dargestellt?  
Wie sehen Calabi-Yau-Räume aus? Warum braucht man aufgewickelte Dimensionen?  
Was ist eine Brane? Wie erklärt die Branvorstellung die geringe Stärke der Gravitation?  
Gibt es eine M-Theorie wirklich?

Kritische Hinterfragung:

Der Poppersche Wissenschaftsbegriff und seine Grenzen  
Lakatosche Forschungsprogramme und Kuhnsche Paradigmenwechsel  
Ist die Stringtheorie Physik oder Esoterik?

Praxis:

Untersuchung von Eigenschwingungen  
Graphische Darstellung von Calabi-Yau-Räumen  
Inszenierung eines Streitgesprächs (und Vorführung?) zwischen Popper, Kuhn und Greene: „Forschen wir noch oder spinnen wir schon?“

**AG 6 Wenn Schwarze Löcher singen**

**Stichpunkte:**

Mögliche Entstehung von Gravitationswellen bei der Entstehung und beim Verschmelzen Schwarzer Löcher, Wie werden Gravitationswellen nachgewiesen?  
Michelson-Morley –Interferometer, Welche Objekte senden Gravitationswellen aus?  
Wie wurden Gravitationswellen anhand eines Pulsars nachgewiesen?

Teilnehmer: Joshua Kühner, Ivo Köhler, Kay Rübenstahl, Nico Mader, Mirko Döring, Maximilian Ressel

**Aufgaben:**

Theorie:

Der Aufbau der Feldgleichungen und die Struktur von Raum und Zeit  
Wie berechnet man einen Schwarzschild-Radius?  
Was ist der Horizont eines Schwarzen Loches? Wieso haben Schwarze Löcher eine Temperatur?  
Was sind Gravitationswellen? Wie können sich Wellen überlagern?  
Warum können Gravitationswellen mit Interferometern nachgewiesen werden?  
Die Tricks von GEO 600  
Wie funktioniert der Nachweis am Hulse-Taylor-Pulsar?  
Gibt es Gravitationswellenmuster in der kosmischen Hintergrundstrahlung?

Praxis:

Arbeit mit einem Michelson-Morley-Interferometer  
Messung der Dichteänderung von Luft  
Suche nach unbekanntem Pulsaren (Einstein@home)

## **AG 7 Atomphysik**

### **Stichpunkte:**

Die Elektronenhülle besteht aus schwingendem Elektronium. Wie charakterisieren die verschiedenen Schwingungszustände die Energie der Atome und wie entsteht beim Wechsel der Schwingungszustände Licht? Eine etwas ungewöhnliche Behandlung der Atomphysik in Anlehnung an den Karlsruher Physikkurs.

Teilnehmer: Lea Millich, Johanna Ewert, Lucas Rott, Marius Schlüter, Anne-Kathrin Röll, Maren Mauerer

### **Aufgaben:**

#### Theorie:

Welche Formen können Atome annehmen und warum behalten sie manche Formen bei? Wie sehen diese Schwingungen des Elektroniums aus? Wie sehen Übergänge zwischen den Formen aus und was passiert dabei?

Dipol- und Quadrupolübergänge beim schwingenden Elektronium

Die Energierme der Wasserstoffatome und wie man sie durch die Rydbergkonstante beschreiben kann.

Klassifizierung von Spektren

Erzeugung der Spektren durch Gitter und Prisma

#### Praxis:

Eichung eines Spektrums und Messung der Wellenlänge

Bestimmung der Rydbergkonstanten

Berechnung des Wellenlängenunterschiedes zwischen Deuterium- und Wasserstofflinien

Bau eines einfachen Spektroskops aus CD und Keksschachtel

Beobachtungen mit diesem Keks-CD-Spektroskop

## **Vorträge und Plenumsveranstaltungen**

### **Hauptvorträge:**

Mittwoch, 16.00 Uhr

### **Helioseismologie: Mit den Schallschwingungen der Sonne sehen**

So wie Seismologen mit Hilfe der Erdbebenbeobachtungen den inneren Aufbau der Erde bestimmen können, können Astrophysiker mit Hilfe der Schallschwingungen der Sonne ihren Aufbau bestimmen, sogar dreidimensionale Aufnahmen des Sonneninneren gewinnen. Es gelingt ihnen die Plasmaströme zu verfolgen und somit einen Beitrag zur Erforschung der Sonnenflecken zu leisten.

(in englischer Sprache)

Prof. Dr. Laurent Gizon, Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

-----

Freitag, 16.00 Uhr

### **Der Klang des Universums - Neutronensterne, Pulsare, Schwarze Löcher und der Urknall**

Mit hochpräzisen Laserinterferometern versuchen Forscher auf der ganzen Erde Gravitationswellen direkt nachzuweisen. Welche Objekte können Gravitationswellen erzeugen? Wie schwingt der Raum, wenn zwei Schwarze Löcher verschmelzen?

Dr. Peter Aufmuth, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik

-----

### **Kurzvorträge:**

Fr, 20.00 Uhr

### **Wenn Schallwellen sichtbar werden**

Lichtwellen können an Schallwellen gebeugt werden. Der Debye-Sears-Effekt wird erläutert und im Experiment vorgeführt.

Ilian Eilmes

-----

Mittwoch, 20.00 Uhr

### **Zurechtgehört**

Auf welche Weise deuten wir einen Ton? Was passiert, wenn Obertöne ihren Grundton dominieren? Lassen sich Obertöne isolieren? Wie klingen Interferenzen? Wo sind diese Effekte in der heutigen Musik anzutreffen? Dies und mehr wird Sebastian Voltmer erläutern und anhand von Beispielen vorführen.

Sebastian Voltmer

-----

Donnerstag, 16.00 Uhr

### **Allerlei und Meer**

Alle kennen Wasserwellen, trotzdem sind diese ein kompliziertes physikalisches Phänomen. Der Vortrag gibt einen Überblick über Schwerewellen, Kapillarwellen, Brandung, Seiches, Totwasser und Tsunamis

Klaus-Peter Haupt

---

Samstag, 20.00 Uhr

**Musikalische Aktion: Morphen von Vokalen: Wir erzeugen Obertöne mit unseren Stimmen**

Musikalische Aktionen von und mit Sebastian Voltmer

-----

Sonntag, 13.30 Uhr

**Kosmische Symphonie**

Wie klingt der Urknall? Sind die Galaxienhaufen wirklich eingefrorene Schallwellen im Urknallgas? Über die Interpretationen der kosmischen Hintergrundstrahlung.

Klaus-Peter Haupt

-----

Sonntag, 14.00 Uhr

**Abschlussplenum**

Die AGs unterrichten sich in gemischten Gruppen über ihre Ergebnisse.

**Freizeitaktivitäten**

- **Sportliche Aktivitäten:** Nach lokalem Angebot und Wetter (Fußball, Basketball, Volleyball, Badminton, Tischtennis)
- **Musik** (Klavier ist vor Ort, Instrumente müssen mitgebracht werden)
- **Kletterkurs:** Im Okertal, am Seil gesichert (Aufpreis) Samstag, 8.00 Uhr bis 15.00 Uhr
- **Wandern** Samstag, 8.00 Uhr bis 15.00 Uhr
- **Astronomische Beobachtungen mit Teleskop**
- **Sternbilderkunde**
- **Play and Fun: Das Wackelmobil** Donnerstag, 20.00 Uhr
  
- **Zum Haus:** Es gibt Fußball-, Basketball-, Volleyball- und Badmintonfelder, Tischtennisplatten und einen Skiverleih (man weiß nie im April...), für schlechtes Wetter Tischtennisräume, Kicker, Klavier und Spielräume. Es liegt in einer Höhe von 700m , 3 km nördlich von Braunlage, mitten im Wald , angeschlossen ist die Umweltstation Königskrug.

**Nachtruhe: 23.30 Uhr**

**Bitte nehmt Rücksicht auf alle diejenigen, die Schlafen wollen und auf die Heimbewohner!**

## Was ich mitbringen muss....

- Schlafsack und Bettlaken  
Oder: Vollständiger Bettbezug  
Oder: Auf eigene Kosten alles ausleihen (vor Ort)
- Medikamente nach Bedarf
- Waschzeug, Handtücher
- Schreibmaterial, Laptop (wenn vorhanden)
- Informationen zur AG, Bücher etc.
- Warme Bekleidung (es kann noch wintern...)
- Regenschutz
- Feste Schuhe (Wandern, Klettern)
- ev. Taschenlampe
- Schere
- Möglichst Laptop mit WLAN

### Andere Informationen:

Getränke können sehr günstig vor Ort gekauft werden.

## Zeitplan für den Workshop

### **Mittwoch, 7.4.:**

7.30 Treffen ASS, Lehrerparkplatz

8.00 Uhr Abfahrt

10.00 Uhr Ankunft, Zimmerbelegung

11.30 Uhr Eröffnung durch ein „Gebet für die Stringtheoretiker“

12.00 Uhr Gemeinsames Mittagessen

13.30 Uhr – 15.30 AG – Sitzung 1

15.30 Uhr Kaffee/Kakako/Tee mit Kuchen

16.00 Uhr – 18.00 Uhr **Vortrag Prof. Gizon**

18.00 Uhr Abendessen

20.00 Uhr „Zurechtgehört“ – Sebastian Voltmer

Ab 21.00 Uhr Beobachtungen des Sternenhimmels

#### **Donnerstag, 8.4.:**

8.00 Uhr Frühstück

9.00 – 11.30 : AG – Sitzung 2

12.00 Uhr Mittagessen

13.30 Uhr Sonnenbeobachtungen

15.30 Uhr Kaffe/Kakao/Tee mit Kuchen

16.00 Uhr „Allerlei und Meer“ – KP Haupt

16.30 – 18.00 Uhr AG – Sitzung 3

18.00 Uhr Abendessen

20.00 Uhr Das Wackelmobil

#### **Freitag, 9.4.**

8.00 Uhr Frühstück

9.00 Uhr – 11.30 Uhr AG –Sitzung 4

12.00 Uhr Mittagessen

15.00 Uhr – 16.00 Uhr AG – Sitzung 5 mit Kaffee/Kakao/Tee und Kuchen

16.00 Uhr **Vortrag Dr. Aufmuth**

18.00 Uhr Abendessen

20.00 Uhr Schallwellen sichtbar gemacht (mit Experiment) – Ilian Eilmes

Ab 21.00 Uhr Beobachtungen des Sternenhimmels

#### **Samstag, 10.4.:**

7.00 Uhr Frühstück (mit Lunchpaket für Mittags)

8.00 Uhr bis 14.00 Uhr : Klettern – Wandern

15.30 Uhr Kaffee/Tee/Kakao und Kuchen

16.00 Uhr – 18.00 Uhr AG – Sitzung 6

18.00 Uhr Abendessen

20.00 Uhr Morphen von Vokalen (Sebastian Voltmer)

Ab 21.00 Uhr Beobachtungen des Sternenhimmels

**Sonntag, 11.4.**

8.00 Uhr Frühstück

9.00 – 11.00 Uhr AG –Sitzung 7 (Abschluss, Vorbereiten der Präsentation)

12.00 Uhr Mittagessen

13.30 Uhr Kosmische Symphonie – KP Haupt

14.00 Uhr – 16.00 Uhr Abschlussplenum mit Kaffee/Tee/Kakao und Kuchen

16.00 Uhr Packen

17.00 Uhr Abfahrt

19.00 Uhr Ankunft Kassel ASS

**Teilnehmer/innen:** 39 Personen, Durchschnittsalter: 26