



**2019**  
highlights der **physik**

# ZEIG DICH!

**DAS UNSICHTBARE  
SICHTBAR MACHEN**

**AUFGABENHEFT ZUR AUSSTELLUNG**

# ALLGEMEINE HINWEISE

Das große Ausstellungszelt ist Dienstag von 11:00 Uhr bis 18:00 Uhr, Mittwoch und Freitag von 10:00 Uhr bis 18:00 Uhr, Donnerstag bis 20:00 Uhr sowie Samstag bis 17:00 Uhr geöffnet und bietet an über 50 interaktiven Ausstellungsständen spannende Einblicke, wie die Physik in vielen Themenfeldern Unsichtbares sichtbar macht: Von der Teilchenphysik bis zur Astronomie und Kosmologie.

## DIE AUSSTELLUNG GLIEDERT SICH IN VIER BEREICHE:

- ▶ **Bereich A:** DIE WELT IM ALLERKLEINSTEN
- ▶ **Bereich B:** DIE WELT IM ALLERGRÖßTEN
- ▶ **Bereich C:** DIE WELT DER QUANTEN
- ▶ **Bereich D:** DIE WELT, IN DER WIR LEBEN

## ÜBERSICHT DER EXPONATE AUF SEITE 4–5!

Hier können eure Lehrkräfte für euch wichtige Exponate markieren. Dieses Heft ist nicht als eigenständiges Lehrbuch zu verstehen, sondern es soll zur Auseinandersetzung mit der Thematik am Ausstellungsstand anregen. Erst durch die dort gebotenen Experimente, die Ausstellungstafeln und die Gespräche mit den Standbetreuerinnen und -betreuern ergibt sich ein vollständiges Bild.

---

### INFORMATIONEN

Die Highlights der Physik im Internet:  
[www.highlights-physik.de](http://www.highlights-physik.de)

---

Aufgabenheft (ab sofort) und Lösungen (ab dem 23.9.2019)  
als PDF zum Download unter:  
[www.highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte](http://www.highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte)



# ORIENTIERUNG GESUCHT?

## FOLGEN SIE EINEM DER SIEBEN THEMATISCH FOKUSSierten RUNDWEGE:

### 1) Wie setzt sich unsere Welt zusammen?

#### Bausteine-Weg:

A1, A2, A4, A6, A8, B3, B10, C1, C2 und C3

### 2) Wie liefern Messgeräte immer genauere Daten?

#### Detektoren-Weg:

A4, A10, A11, B3, B4, B11, D2 und D6

### 3) Ganz kleines kommt groß heraus!

#### Mikroskope-Weg:

C4, C7, C8, C9, C10, C11 und D3

### 4) Wie werden nicht ganz alltägliche Dinge sichtbar?

#### Messmethoden-Weg:

B1, B13, C7, D1, D7, D9 und D10

### 5) Mit Riesen auf der Suche nach kleinsten Teilchen!

#### Großgeräte-Weg:

A3, A5, A6, A8, A9, B6, B9, B11, B2, B12, B5, C9 und D8

### 6) Verwirrende und erstaunliche Forschungsergebnisse!

#### Überraschungs-Weg:

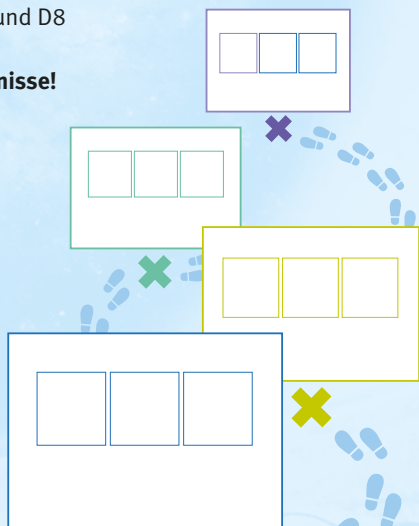
A7, B7, B8, C3, D4, D5, D6 und D12.

### 7) Rechnen, simulieren oder verschlüsseln?

#### IT-Weg:

A7, A12, B10, C5, C6 und D11

- **Zu den Wegen erhalten Sie am Infostand auch Postkarten als Orientierungshilfe.**



# ÜBERSICHT ALLER EXPONATE

## Bereich A DIE WELT IM ALLERKLEINSTEN

A	Titel	Seite	
1	Was die Welt im Innersten zusammenhält	6	
2	Deutschland sucht die kleinsten Teilchen	7	
3	Physikalische Ursuppe	8	
4	Wieviel wiegt ein Geist?	9	
5	Struktur der Materie	10	
6	Masse aus dem Nichts?	11	
7	Von Quarks zum Leben	12	
8	Higgs & Co.	13	
9	Vollgas voraus	14	
10	Bitte recht freundlich!	15	
11	Teilchen sichtbar machen	16	
12	Fang mich, wenn Du kannst	17	

## Bereich B DIE WELT IM ALLERGRÖßTEN

B	Titel	Seite	
1	Strukturen am Himmel	18	
2	IceCube	19	
3	Das Netzwerk Teilchenwelt	20	
4	Wasserstoff: der Baustein des Universums	21	
5	Vom Himmel hoch	22	
6	Der Röntgenblick auf das Universum	23	
7	Wie man Dunkle Materie sichtbar macht	24	
8	Neue Einblicke für die Astronomie	25	
9	Mit Radiowellen den Geheimnissen des Universums auf der Spur	26	
10	Wo Licht ist, ist auch Schatten	27	
11a	SOFIA – Das Infrarotteleskop in der Luft	28	
11b	Ich sehe was, was Du nicht siehst	29	
12	Aus klein mach groß	30	
13	Das Neutron – unendliche Möglichkeiten	31	
14	Dahinter steckt immer ein kluger Kopf	32	

## Bereich C DIE WELT DER QUANTEN

C	Titel	Seite	
1	$h$ – wie hilfreich	33	
2	Quanten im Experiment	34	
3	Das Photon und seine zwei Gesichter	35	
4	Alles so schön bunt hier	36	
5	Rechenkunst mit Quantentricks	37	
6	ML4Q: „Matter & Light for Quantum Computing“	38	
7	Mit dem Quant durch die Wand	39	
8	Röntgenaugen für Strukturen	40	
9	Tanz der Moleküle	41	
10	Elektronen: Teilchen oder Wellen?	42	
11	Atome sichtbar gemacht	43	

Hat ein Thema Dich besonders interessiert? Für diesen Fall ist auf jedem Poster ein QR-Code abgebildet, mit dessen Hilfe Du die Ausstellungstafel als pdf-Datei herunterladen kannst.



**VIEL SPAß  
IN DER AUSSTELLUNG!**

## Bereich D DIE WELT IN DER WIR LEBEN

D	Titel	Seite	
1	Mit Hochspannung den Untergrund durchleuchten	44	
2	...sieht nach Regen aus	45	
3	Seh- und Tastsinn die Zellen unseres Körpers erkunden	46	
4	Weniger Eis, mehr Meer	47	
5	Leuchtende Wolken – Starke Winde	48	
6	Keine Chance dem Nuklearschmuggel	49	
7	Physik-Nobelpreis 2018	50	
8	Treibhausgasen auf der Spur	51	
9	Scheibchenweise	52	
10	Spürnasen im Weltraum	53	
11	Klrmes – Mobile Shows und Märkte für Menschen und Maschinen	54	
12	Mind Ball – Fußball spielen mit dem Kopf	55	
13	AstroMedia – zugeschaut und mitgebaut	56	
14	Astronomische Inhalte im Unterricht spannend gestalten	57	
15	Ganz hoch hinaus	58	

# Was die Welt im Innersten zusammenhält

Elementarteilchen. Elementarteilchen! Elementarteilchen?

Mit dem Standardmodell der Teilchenphysik haben Physikerinnen und Physiker ein mächtiges Werkzeug zur Hand, mit dem sich die Welt der Elementarteilchen und ihrer Wechselwirkungen erklären lässt. Doch das überaus erfolgreiche Modell lässt immer noch einige Punkte offen, die auf eine experimentelle Bestätigung warten.



## 1. Aus welchen Teilchen sind Atome aufgebaut?

---



## 2. Welche der folgenden Teilchen sind Hadronen?

- (A)  Proton    (B)  Elektron    (C)  Neutrino  
 (D)  Neutron    (E)  Quark



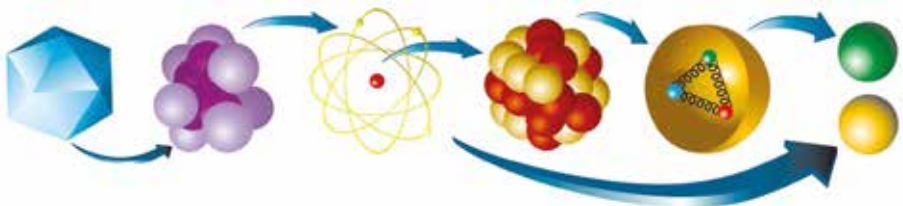
## 3. Aus was besteht ein Proton?

---



## 4. Was können Austausch- oder Botenteilchen bewirken?

- (A)  Teilchen ziehen sich an  
 (B)  Teilchen stoßen sich ab  
 (C)  Teilchen wandeln sich um



**Kristall**

$10^{-2}$  m

**Molekül**

$10^{-9}$  m

**Atom**

$10^{-10}$  m

**Atomkern**

$10^{-14}$  m

**Proton/Neutron**

$10^{-15}$  m

**Quark  
Elektron**

$< 10^{-18}$  m

# Deutschland sucht die kleinsten Teilchen

## Axionen und die Dunkle Materie

Theoretische Physikerinnen und Physiker sagen Effekte voraus, die Zaubereien nahekommen. So könnte sich in einem Magnetfeld Licht in Materie und Materie in Licht verwandeln. Ob es so etwas tatsächlich gibt und was solche Effekte mit Sternen, Galaxien und der Geschichte des Universums zu tun haben, wollen Forscherinnen und Forscher mit neuen Experimenten bei DESY erkunden. Können wir so dunkle Materie sichtbar machen?



**1. Woher wissen wir, dass es „Dunkle Materie“ gibt?**



---

---

---

**2. Wieso heißt es „Dunkle Materie“?**



---

**3. Welcher Anteil der Materie im Universum wird von der „Dunklen Materie“ gebildet?**



---

**4. Wofür steht ALPS (nicht ALPs)?**



---

**5. Wie wollen wir Axionen finden?**



---

---

---



# Physikalische Ursuppe

Alice-Detektor am LHC

Begleiten Sie uns auf eine Reise zurück zum Urknall vor 13,8 Milliarden Jahren. Am weltgrößten Teilchenbeschleuniger LHC können wir künstlich den Materiezustand herstellen, wie er einige Milliardstel Sekunden nach dem Urknall geherrscht hat. Mit den dortigen Messgeräten – groß wie ganze Häuser (!) – kann man diese exotische Materie erforschen.



**1. Woraus besteht ein Neutron?**




---

**2. Was ist das Quark-Gluon-Plasma?**




---



---



---

**3. Können sich Quarks im Sonneninnern frei bewegen?**




---



---

**4. Welchen Vorteil bringt der Ausbau der ALICE Zeit-Projektions-Kammer (TPC)?**




---



---

**5. Welche Form und welche Größe hat die ALICE TPC und wo befinden sich die Auslesekamern?**




---



---






# Wieviel wiegt ein Geist?

KATRIN-Experiment


Mit dem KATRIN-Experiment wird die Masse des leichtesten Elementarteilchens, dem Neutrino, gemessen. Elektronen, die beim Beta-Zerfall von Tritium entstehen, werden mithilfe von supraleitenden Magneten zum Spektrometer geführt. Dort werden die zu langsamen Elektronen von den schnellen getrennt, die am Ende im Detektor gezählt werden. Überzeugen Sie sich von den Dimensionen des größten Ultrahochvakuum-Tanks der Erde.




**1. Was ist der Beta-Zerfall?**

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_


**2. Wieso wird ein drittes Teilchen beim Beta-Zerfall benötigt?**

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_


**3. Was weiß man bislang über die Masse des Neutrinos?**

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**4. Was wird beim KATRIN-Experiment gemessen?**

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**5. Warum wird das große Vakuum im KATRIN-Experiment benötigt?**

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Struktur der Materie

FAIR: das Universum im Labor

Wie man winzigste Teilchen in einem Teilchenbeschleuniger auf Touren bringt, können Besucherinnen und Besucher am mechanischen Linearbeschleuniger-Modell selbst ausprobieren. Was im Modell mechanisch passiert, geschieht in Großanlagen durch elektrische Spannung – und die bringt die Teilchen bis fast auf Lichtgeschwindigkeit. Im neuen Teilchenbeschleuniger FAIR ist der Linearbeschleuniger des GSI Helmholtz-Zentrums für Schwerionenforschung die erste Beschleunigungsstufe: Er jagt die Teilchen auf eine Geschwindigkeit von 60.000 Kilometer pro Sekunde. Eines der Forschungsziele: Die Erforschung der Starken Kraft. Wie die wirkt, können Besucherinnen und Besucher am Teilchen-Expander selbstausprobieren.



**1. Wie ist ein Atom aufgebaut, wie ein Nukleon?**




---



---

**2. Warum beschleunigt man in einem Teilchenbeschleuniger geladene Atome (=Ionen)?**




---



---

**3. Wo entstehen die schwersten Elemente?**




---



---

**4. Wie behandelt man Krebs mit schweren Ionen?**




---



---

**5. Was passiert mit dichter, heißer Materie im Innern von Neutronensternen?**




---



---

# Masse aus dem Nichts?

Von leichten Quarks zu schweren Teilchen – Das PANDA Experiment an FAIR

All die sichtbare Materie um uns herum besteht aus Atomen, welche aus Protonen und Neutronen im Atomkern und Elektronen aufgebaut sind. Während das Elektron elementar – also unteilbar – ist, ist das Proton ein Zusammenschluss von drei Quarks. Überraschenderweise sind die drei Quarks jedoch nur für einen sehr kleinen Teil der Masse des Protons verantwortlich. Daher stellt sich nun die Frage, wie entsteht hier „Masse aus dem Nichts?“



**1. Aus welchen kleinsten, nach heutigem Verständnis nicht weiter teilbaren Bausteinen, setzt sich die sichtbare Materie (z. B. Steine, aber auch Pflanzen und Tiere), die uns umgibt, zusammen?**




---

**2. Der Higgsmechanismus erklärt u. a., wie Quarks ihre Masse erhalten. Erklärt er auch die Masse des Protons?**




---



---

**3. Kann es Bindungszustände der starken Wechselwirkung geben, die aus**



a) 4 Quarks und einem Antiquark bestehen?

---

b) 2 Antiquarks und einem Quark bestehen?

---

c) 3 Antiquarks bestehen?

---

**4. Quarks existieren nicht als freie Teilchen. Was passiert, wenn man versucht, das Quark und das Antiquark eines Mesons voneinander zu trennen?**




---

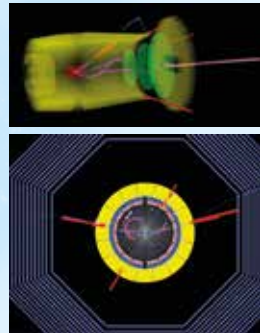


---

**5. Was passiert, wenn ein hochenergetisches Photon (Lichtteilchen) mit z. B. 2 GeV, auf Materie, wie z.B. den Kristall eines Kalorimeters (Energiesmessgerät für Photonen) trifft?**




---



# Von Quarks zum Leben

Mit numerischen Simulationen auf den Spuren unserer Existenz

Mit aufwendigen numerischen Simulationen können wir berechnen, dass z.B. die Massen der Quarks (Bausteine der Kernbausteine) von ihren heutigen Werten nur um wenige Prozent abweichen dürften, ohne dass die Produktion der Bausteine unseres Lebens im Universum empfindlich gestört würde. Ist unser Leben auf der Erde also ein Zufall? Rechentechnisch einfacher sind dagegen numerische Simulationen von Planetenbahnen.



**1. Wie viele fundamentale Bausteine des Standardmodells sind notwendig, um die uns umgebende Natur zusammzusetzen?**




---

**2. Welche fundamentalen Kräfte/Wechselwirkungen sind dabei relevant?**




---

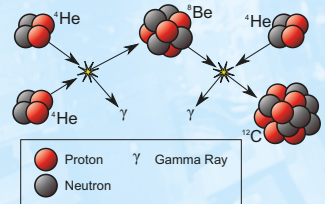
**3. Warum haben schwere Kerne einen Überschuss an Neutronen gegenüber Protonen, die leichten Kerne jedoch nicht?**




---



---



**4. Wie sind im Universum mittelschwere Kerne wie z.B. der Kohlenstoff entstanden?**




---

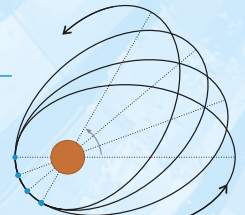
**5. Wenn man den Einfluss der Planeten untereinander herausgerechnet hat, ist die Bahn der meisten Planeten eine raumfeste Ellipse – lediglich die des Merkur dreht sich in messbarem Maße mit der Zeit. Was ist die Ursache dafür?**




---



---



# Higgs & Co.

Experimente am ATLAS-Detektor des LHC



ATLAS ist einer von zwei ähnlich aufgebauten Teilchendetektoren am Large Hadron Collider (LHC). Er besteht aus verschiedenen Lagen von verschiedenen Sensoren, die die Bahnen der Teilchen vermessen können. Diese Teilchen entstehen in der Mitte des Detektors bei der Kollision hochenergetischer Hadronen. Aus den Teilchenspuren kann man auf die Existenz ungewöhnlicher oder schwierig zu erzeugender Teilchen zurückschließen.

**1. Wie viele Kollisionen müssen die Detektoren von ATLAS pro Sekunde registrieren?**




---

**2. Wie genau kann der Ort der Teilchenkollision gemessen werden?**




---



---

**3. Wie schwer ist das Higgs-Teilchen?**




---

**4. Nenne einen möglichen Zerfall des Higgs-Teilchens.**




---

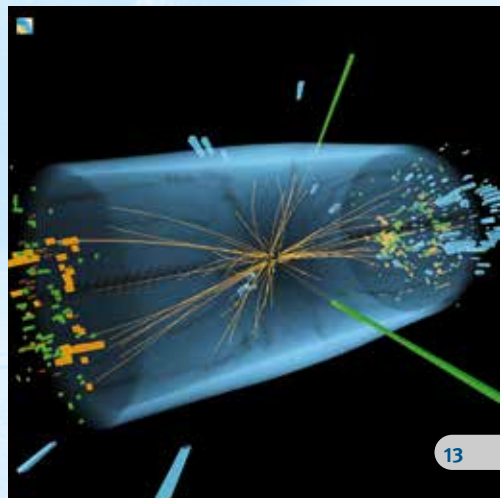


---

**5. Wieviel Prozent der Materie des Universums bildet die uns bekannte Materie?**




---



# Vollgas voraus

Teilchenbeschleuniger (von ELSA bis zum LHC)

Teilchenbeschleuniger spielen auch außerhalb der Grundlagenforschung eine immer größere Rolle. Sie werden zum Beispiel auch in der Medizin oder in der industriellen Fertigung eingesetzt. Am Beispiel des Bonner Elektronenbeschleunigers ELSA werden die Grundlagen der Beschleunigerphysik und deren Einsatzgebiet aufgezeigt.



**1. Welche Teilchen können beschleunigt werden?**




---

**2. Wozu braucht man Quadrupolmagnete im Beschleuniger?**




---

**3. Wie kann man Teilchen Energie zuführen?**




---

**4. Wie werden Teilchen auf Kreisbahnen abgelenkt?**




---



---

**5. Warum baut man Beschleuniger meist unterirdisch?**



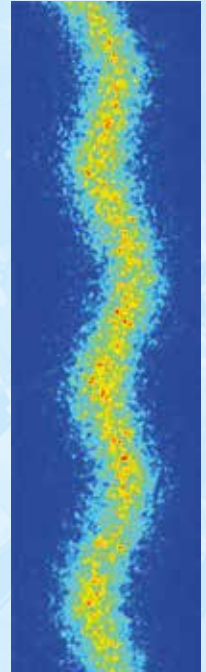
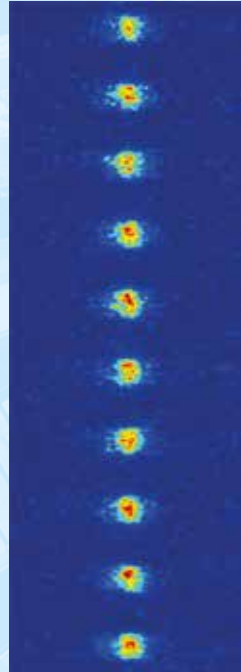

---



---



---



# Bitte recht freundlich!

## Pixeldetektoren für Teilchen und Medizin...

Pixeldetektoren werden zur orts aufgelösten Messung von Licht und geladenen Teilchen eingesetzt. Sie bestehen aus Millionen von winzigen sensitiven Elementen (Pixeln) mit einer Pixelgröße einiger  $100\ \mu\text{m}$  (zum Vergleich: Der Durchmesser eines menschlichen Haares beträgt etwa  $40$  bis  $120\ \mu\text{m}$ ). Möglich werden Pixeldetektoren durch die moderne Halbleitertechnologie, mit welcher komplizierte elektronische Schaltkreise in Silizium mit winzigen Strukturgrößen (kleiner als  $100\ \text{nm}$ ) gebaut werden können. Der Einsatzbereich von Pixeldetektoren ist vielfältig: Jede Digitalkamera ist ein Pixeldetektor! Pixeldetektoren werden aber vor allem in der Grundlagenforschung der Teilchenphysik und für biomedizinische Bildgebungsverfahren eingesetzt. Zum Beispiel erlauben moderne Röntgengeräte mit Pixeldetektoren schnelle Bildfolgen, Aufnahmen in Echtzeit und Aufnahmen bei geringerer Strahlenbelastung.



**1. Wie viele Pixel haben Pixeldetektoren in Handykameras?**




---

**2. Wieviel schneller nimmt der ATLAS-Pixeldetektor Bilder im Vergleich zu einer Handykamera auf?**




---



---

**3. Welche Teilchen kann ein Pixeldetektor detektieren?**




---

**4. Wie viele Lagen an Pixeldetektoren braucht man mindestens, um eine Teilchenspur zu messen?**




---



---

**5. Wie viele elektrisch geladene Teilchen aus der Atmosphäre treffen pro Sekunde auf einer Fläche von einem Quadratmeter auf?**




---



# Teilchen sichtbar machen

Von der Nebelkammer zu Zeitprojektionkammer und Szintillationsdetektor

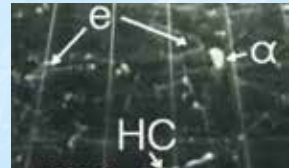
Teilchendetektoren reagieren sowohl auf künstlich als auch auf natürlich entstehende Teilchen. Sie zeigen sowohl die kosmische als auch die radioaktive Untergrundstrahlung. Im Laufe der Zeit wurden die Teilchendetektoren von einfachen, sogar mit Haushaltsmitteln zu bauenden Geräten hin zu komplizierten elektronischen Detektoren mit höchster Präzision weiterentwickelt.



**1. Welchem bekannten Phänomen entspricht die Teilchenspür in der Nebelkammer?**



- (A)  einem Kondensstreifen  
 (B)  Zigarettenrauch  
 (C)  Farbe aus einer Sprühdose



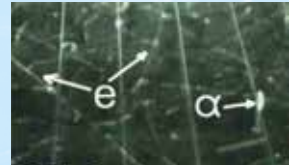
**2. Was ist der Unterschied zwischen den meisten Detektionsverfahren vor 1960 und heutigen Methoden?**




---



---



**3. Welcher physikalische Prozess wird in der Nebelkammer genutzt, um Teilchen zu registrieren?**




---



**4. Welchen Anteil an der natürlichen und an der gesamten Strahlenbelastung macht die kosmische Strahlung durchschnittlich aus?**




---

**5. Was soll mit einem CsJ-Szintillationskristall in erster Linie bestimmt werden?**




---



---



# Fang mich, wenn Du kannst

Pixeldetektoren für Teilchen und Medizin...

Künstliche Intelligenz (KI) wird auch in der Teilchenphysik eingesetzt. So helfen künstlichen neuronale Netze bei der Entscheidung, ob die Daten einer Teilchenkollision Hinweise auf das Higgs-Teilchen enthalten oder nicht. Für solche Aufgaben der Mustererkennung sind künstliche neuronale Netze sehr gut geeignet. Diese KI muss dafür trainiert werden.



**1. Was bedeutet der Begriff Künstliche Intelligenz?**




---



---

**2. Wie wird Künstliche Intelligenz in der Teilchenphysik unter anderem eingesetzt?**




---

**3. Nenne einige Beispiele für die Anwendung Künstlicher Intelligenz außerhalb der Teilchenphysik.**




---



---



---



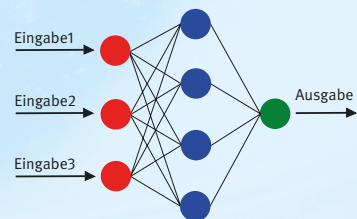
**4. Wie trainiert man ein künstliches neuronales Netz?**




---



---



**5. Welchen Ausgabewert liefert ein künstliches neuronales Netz, wenn man die Daten einer Higgs-ähnlichen Kollision ins Netz eingibt?**




---

# Strukturen am Himmel

## Neue Teleskope für die Gamma-Astronomie

Mit dem Cherenkov Telescope Array (CTA) werden kosmische Quellen energiereicher Gammastrahlung in unserer Milchstraße und in anderen Galaxien erforscht. Solche Quellen sind zum Beispiel Supernova-Explosionen, Schwarze Löcher, Pulsare, Doppelsternsysteme und Sternentstehungsgebiete, wo die Gesetze der Physik unter extremsten Bedingungen studiert werden können, wie man sie auf der Erde im Labor meist nicht künstlich erzeugen kann.



### 1. Wie entsteht Gammastrahlung?



---

---

### 2. Was ist die Rolle der Atmosphäre bei Gammastrahlen-Teleskopen?



---

---

---

### 3. Welche Ziele verfolgt man mit CTA?



---

---

### 4. Wo und was sind die Quellen der hochenergetischen Gammastrahlung?



---

---

### 5. Warum will man zwei Observatorien bauen und wo werden sie aufgebaut?



---



# IceCube

Geisterteilchen kalt erwischt



IceCube ist eines der größten Teleskope der Welt. Es ist am geographischen Südpol aufgebaut und misst unaufhörlich kleinste Teilchen aus dem Weltall. Einige von ihnen, die Neutrinos, sind das Ziel der Forschenden: Mit ihnen wollen sie Quellen im fernen Universum auf die Spur kommen. Das IceCube-Modell am Stand ist zwar riesig, aber ein Zwerg im Vergleich zum wirklichen Detektor tief im ewigen Eis der Antarktis.

**1. Wievielmals größer ist der echte IceCube Detektor am Südpol im Vergleich zu dem Modell der Ausstellung?**



\_\_\_\_\_

**2. Wie tief im Eis sind die tiefsten Sensoren von IceCube verborgen?**



\_\_\_\_\_

**3. Wie wurden die Sensoren so tief ins Eis gebracht?**



- (A)  Mit großen Bohrern
- (B)  Das Eis wurde darüber gestapelt
- (C)  Sie wurden mit warmem Wasser eingeschmolzen

**4. Wann ist es IceCube erstmals gelungen, astrophysikalische Neutrinos nachzuweisen?**



\_\_\_\_\_

**5. Was misst IceCube am häufigsten?**

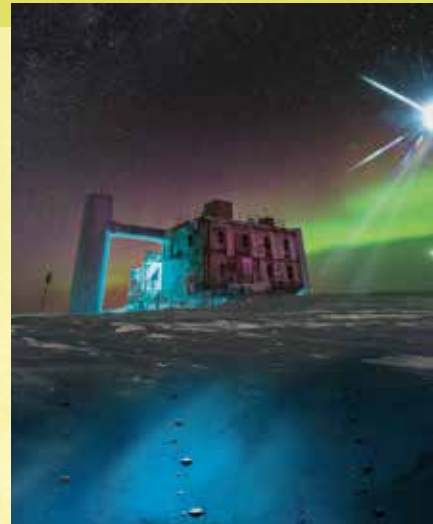


\_\_\_\_\_

**6. Woher kommen die Neutrinos, die IceCube misst?**



\_\_\_\_\_



# Das Netzwerk Teilchenwelt

Teilchen- und Astroteilchenphysik zum Anfassen

Im Netzwerk Teilchenwelt machen WissenschaftlerInnen aus 24 Forschungsinstituten in ganz Deutschland und CERN aktuelle Wissenschaft in der Astroteilchen- und Teilchenphysik zugänglich für Jugendliche und Lehrkräfte. Mit Originaldaten aus der Forschung am CERN und aus der Astroteilchenphysik können die Teilnehmenden die faszinierende Welt der kleinsten Teilchen und die damit verbundenen großen Forschungsfragen kennenlernen.



**1. Wie kann man in der Schule aktuelle Forschung in der Teilchen- und Astroteilchenphysik erleben?**



---

---

---

**2. Kann man mit Wasser einen Teilchendetektor bauen?**



---

---

---

**3. Wie können Schülerinnen und Schüler am CERN forschen?**



---

---

**4. Welches Elementarteilchen passt zu mir?  
Probiere es am Stand aus!**



# Wasserstoff: der Baustein des Universums

Satellitenschüssel als Radioteleskop



Das häufigste Element im Universum ist der Wasserstoff. Als das einfachste Atom besteht es nur aus einem Proton als Atomkern und einem Elektron in seiner Hülle. Doch obwohl der Wasserstoff so einfach ist, zeigt er sich sehr vielfältig, wenn man ihn elektrischen oder magnetischen Feldern aussetzt und das von ihm ausgesendete Licht ganz genau beobachtet – vom sichtbaren Licht bis hin zu den Radiowellen.

**1. Was ist die Milchstraße? Erläutere etwas genauer.**




---



---



---



**2. Bringe Modellwasserstoff mit Magneten zum „leuchten“!**

**3. Wie kann man herausfinden, ob sich eine Gaswolke auf die Erde zu- oder von ihr wegbewegt?**




---



---



---

**4. High-Speed in der Milchstraße:  
Suche die höchste Geschwindigkeit in der Milchstraße.**




---

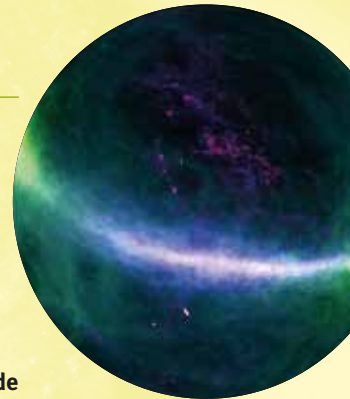
**5. Was haben die Strahlung von Wasserstoff und ein UKW-Sender gemeinsam?**




---



---



# Vom Himmel hoch

## Das Pierre-Auger-Observatorium



Die höchstenergetischen Teilchen des Universums kommen aus dem Weltall auf unsere Erde. Sie sind Teil der kosmischen Strahlung. Wo sind ihre Quellen und wie werden sie auf diese extremen Energien beschleunigt? Diesem Jahrhundertproblem der Physik gehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit riesigen Beobachtungsgeräten nach.

**1. Wo befindet sich das weltweit größte Observatorium für Teilchenstrahlungen aus dem Universum?**




---

**2. Ist die Fläche des Saarlandes größer oder kleiner als die des Pierre-Auger-Observatoriums?**




---



---

**3. Was versucht man mit dem Pierre-Auger-Observatorium herauszufinden?**




---



---

**4. Wie werden die kosmischen Teilchen nachgewiesen?**




---

**5. Wurden schon Hinweise auf die Quellen im Universum gefunden?**




---



---



# Der Röntgenblick auf das Universum

Wo es wild und heiß zugeht



Röntgenstrahlen werden im Universum von Regionen ausgesendet, die sehr heiß sind oder in denen Teilchen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Da diese Röntgenstrahlen (glücklicherweise) von unserer Atmosphäre gestoppt werden, muss man in den Weltraum gehen, um diese interessanten Regionen zu untersuchen. Dazu wurden verschiedene Röntgensatelliten in den Erdorbit gebracht.

## 1. Was ist am Röntgenteleskop anders als bei einem optischen Teleskop?



- (A)  Das Licht wird durch Linsen abgelenkt
- (B)  Das Licht fällt streifend, also ganz flach, auf die Teleskopspiegel
- (C)  Gar nichts, es funktioniert genauso.

## 2. Wieso ist das Gas in Galaxienhaufen so heiß?




---



---



## 3. Was kann man mit eROSITA über Dunkle Materie und Dunkle Energie lernen?




---



---

## 4. Welche astronomischen Objekte strahlen im Röntgenlicht?




---



---

## 5. An welchen Röntgenteleskopen ist Deutschland beteiligt?




---

# Wie man Dunkle Materie sichtbar macht

Gravitationslinseneffekt & Euclid

Wird Licht durch Schwerkraft abgelenkt? Ja, und wie! Mithilfe dieses sogenannten Gravitationslinseneffektes wird das Weltraumteleskop Euclid der Europäischen Weltraumorganisation ESA die Verteilung der Dunklen Materie untersuchen. Wie solche Beobachtungen aussehen können, lässt sich mit einer künstlichen Gravitationslinse simulieren.



**1. Können Gravitationslinsen entfernte Objekte vergrößern?**



---

**2. Wie viele Bilder eines Objektes sind durch eine starke Gravitationslinse zu sehen?**



---

---

---

**3. Hat das Hubble-Weltraumteleskop schon den ganzen Himmel beobachtet?**



---

---

**4. Warum werden manche Teleskope im Weltraum betrieben?**



---

**5. Wissen wir, ob es Dunkle Materie wirklich gibt?**



---

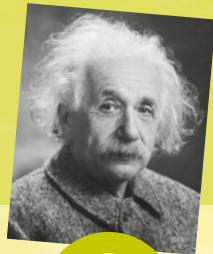
---



# Neue Einblicke für die Astronomie

## Einsteins Gravitationswellen

Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie wird der Weltraum durch die in ihm enthaltenen Massen verformt. Beschleunigte Massen erzeugen Störungen in der Struktur des Raums, die sich wellenförmig ausbreiten: Gravitationswellen. Vor ziemlich genau 100 Jahren hatte Albert Einstein diese Gravitationswellen vorhergesagt. Mittlerweile sind sie tatsächlich gefunden worden, mit einem kilometergroßen Laserinterferometer in den USA.



**1. Die Arme der Ligo-Detektoren sind vier Kilometer lang. Ein Proton hat einen Ladungsradius von rund  $1 \cdot 10^{-15}$  m. Beim Durchgang der Gravitationswellen verlängerte sich der Abstand der Spiegel an den Enden der Detektoren um rund ein Tausendstel dieses Wertes. Um wie viel Prozent wurde der Raum dabei gedehnt/gestaucht?**




---

**2. Umgerechnet auf den Abstand zum nächstgelegenen Stern in rund 4 Lichtjahren Entfernung: Wie groß wäre dann die Längenänderung?**




---

**3. Warum nimmt die Frequenz und die Stärke der Gravitationswellen zu, während zwei Schwarze Löcher verschmelzen?**




---



---

**4. Höre die verschiedenen Beispiele von Gravitationswellen an. Vergleiche, wie sich Frequenz und Anstieg mit den unterschiedlichen Massen der Ausgangsobjekte verändern.**




---



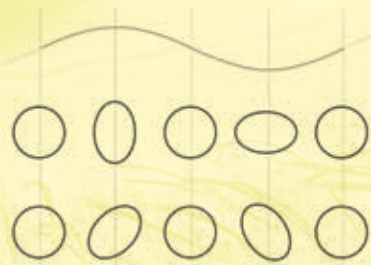
---



---



---



# Mit Radiolicht den Geheimnissen des Universums auf der Spur

Die Radioastronomie liefert unvergleichbare Einblicke

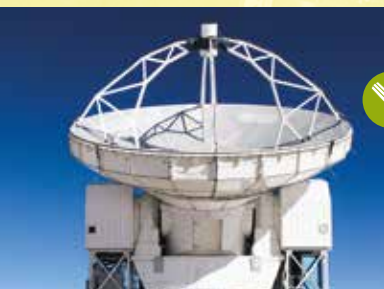


Radiowellen sind ein Teil des elektromagnetischen Spektrums. Sie können sich fast unbeeinträchtigt durch das Universum ausbreiten. Obwohl sie eine relativ geringe Energie transportieren, können sie mit großen Radioteleskopen und empfindlichen Empfängern detektiert werden. Die registrierte Strahlung wird in elektrische Signale umgewandelt, und schließlich sichtbar gemacht.

## 1. Was unterscheidet Radiowellen von optischem Licht?



---



## 2. Wie funktioniert ein Radioteleskop?

---

---

---

## 3. Was für Objekte beobachtet man?



---

---

## 4. Wie sieht man schwarze Löcher?



---

---

## 5. Warum haben Radioastronomen Probleme mit Handys, Mikrowellen, Radar etc.?



---

---

# Wo Licht ist, ist auch Schatten

Dunkle Materie und Galaxienbildung am Computer simuliert

Wir können sie nicht sehen, aber sie ist überall im Weltall um uns herum: Dunkle Materie. Sie spannt sich als „kosmisches Netz“ durch das gesamte Universum, und ihre Anziehungskraft hält ganze Galaxien zusammen – doch woher wissen wir das alles, wenn sie doch unsichtbar ist?

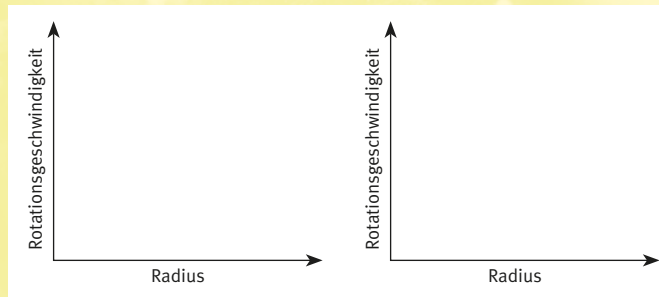


**1. Erläutere, warum Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sich sicher sind, dass es Dunkle Materie in Galaxien geben muss.**




---

**2. Skizziere die Funktion  $v(r)$  (also die Rotationsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Radius) für eine Galaxie mit und für eine ohne Dunkle Materie.**



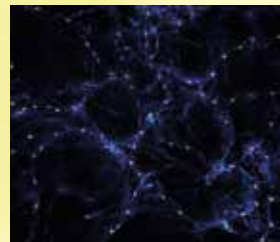
**3. Nenne und erläutere kurz die Bestandteile des kosmischen Netzes.**




---



---



**4. Beschreibe, wie das kosmische Netz im Laufe der Zeit zustande kommt.**




---



---



---

**5. Probiere aus, welche astrophysikalischen Parameter man wie einstellen muss, wenn man eine stabile Galaxie „bauen“ möchte.**



# SOFIA – Das Infrarotteleskop in der Luft

IR-Astronomie

Infrarotstrahlung ermöglicht einen völlig neuen Blick auf unsere Welt. Unsichtbares wird sichtbar. Der Infrarotblick an den Himmel zeigt sogar, wie Sterne entstehen. Dafür müssen wir aber höher hinaus als der Wasserdampf der Erdatmosphäre.

?

1. Wie können wir Menschen die unsichtbare Infrarotstrahlung wahrnehmen?




---

2. Welche Objekte geben Infrarotstrahlung ab?




---

3. Welches Material ist

- a) für sichtbares Licht undurchlässig und für Infrarotstrahlung durchlässig, und  
b) bei welchem Material ist es umgekehrt?




---



---

4. Warum muss man mehr als 10 km hoch fliegen, um Infrarotstrahlung interstellarer Wolken zu beobachten?




---

5. In welche Richtung muss SOFIA fliegen, um interstellares Gas in der Nähe des Polarsterns zu beobachten?




---



---



# Ich sehe was, was Du nicht siehst

## IR-Strahlung sichtbar machen

Das elektromagnetische Spektrum, zu dem auch Licht gehört, geht vom langwelligen Radiobereich bis hin zu den kurzwelligen Röntgenstrahlen und darüber hinaus. Die Radiowellen, mit denen man UKW-Sender hören kann, liegen bei 3 Metern Wellenlänge, das Mobiltelefon nutzt Zentimeterwellen. Auch in der Nähe des mit dem Auge sichtbaren Lichts gibt es längere und kürzere Wellenlängen – die längeren sind das Infrarotlicht, die kürzeren das Ultraviolett, das man mit Sonnencremes vom Körper fernhält. Jeder Körper gibt elektromagnetische Strahlung ab – sichtbar und unsichtbar. Je wärmer er ist, desto kürzer sind die meisten abgegebenen Lichtwellen. Es gilt näherungsweise: Die maximale Wellenlänge beträgt 3 Millimeter geteilt durch die Temperatur in Kelvin (genauer:  $2,8978 \text{ mm}$ ).



**1. Mit welchem Wellenlängenmaximum strahlt der menschliche Körper bei  $37^\circ \text{C}$ ?**




---

**2. Die Sonne hat ihr Strahlungsmaximum bei 500 Nanometern. Welche Temperatur hat ihre leuchtende Oberfläche?**




---

**3. Betrachte dein Bild in der Thermokamera. Wo bist du am wärmsten, wo am kältesten?**




---



---

**4. Wodurch kannst du die Temperatur eines Objektes erhöhen?**




---



---

**5. Experimentiere mit verschiedenen Gegenständen. Ist das Smartphone an bestimmten Stellen besonders warm? Wie lange sieht man Handabdrücke auf dem T-Shirt? Was ist mit Brillengläsern los?**



# Aus klein mach groß

Mit Radiointerferometrie in ferne Galaxien zoomen



Durch den geschickten Zusammenschluss mehrerer kleiner Teleskope kann in der Radioastronomie ein Detailreichtum (genauer: Auflösungsvermögen) erreicht werden, der dem eines viel größeren Teleskops entspricht. Mit dem Superteleskop Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) werden seit 2013 spektakuläre astronomische Erkenntnisse erzielt.

**1. Worin unterscheidet sich Radiostrahlung vom sichtbaren Licht?**



---

**2. Wie groß sind die größten frei beweglichen Teleskope der Welt?**



---

---

**3. Wo wurde ALMA errichtet?**



---

**4. Warum hat das Bild der Staubscheibe um HL Tauri die Astronomen sehr überrascht?**



---

**5. Welches Objekt verbirgt sich hinter dem Fragezeichen?**



---



# Das Neutron – unendliche Möglichkeiten

Mit Neutronen Unbekanntes entdecken und Rätsel lösen

An der Forschungs-Neutronenquelle in Garching bei München können Forschende mit den ungeladenen Kernbestandteilen, den Neutronen, vielfältige Experimente durchführen. Sie können damit in das Innere von Materialien blicken und die Funktion von technischen Geräten im Betrieb beobachten. Auch im Bereich der Medizin oder der Erforschung archäologischer Funde sind Neutronen sehr nützliche Helfer.



**1. Was ist dein Lieblingselement? Und wie viele Neutronen besitzt es?**




---

**2. Sind Bananen radioaktiv? Ist das gefährlich?**




---



---



**3. Was lässt sich mit TRISP untersuchen?**



- (A)  Material und hohem Druck oder extremer (hoher/niedriger) Temperatur
- (B)  der Aufbau von Lego-Modellen, ohne sie auseinanderzunehmen
- (C)  Der Blutfluss eines lebendigen Menschen

**4. Wie viele Neutronen entstehen an der Forschungs-Neutronenquelle pro Kernspaltung?**




---



---

**5. Für welche Forschungsgebiete lassen sich Neutronen nutzen? Nenne ein Beispiel.**




---



---

# Dahinter steckt immer ein kluger Kopf

Experimente zum Staunen und Mitmachen

Faszinierende physikalische Experimente vom High-Tech Experiment bis zum Alltagsphänomen lassen Ihre Haare zu Berge stehen und bringen Sie zum Staunen. Probieren Sie aus, wie die Physik überraschende Dinge ermöglicht.



**1. Wie kommt es, dass die Haare zu Berge stehen, wenn man elektrisch aufgeladen wird?**



---

---

**2. Wie kann man eine Leuchtstoffröhre zum Leuchten anregen, ohne dass sie an ein Stromkabel angeschlossen wird?**



---





# $h$ – wie hilfreich

## Quantenphysik und das Plancksche Wirkungsquantum

Die Grundidee der Quantenmechanik: Energie wird nicht kontinuierlich, sondern in kleinen Paketen, den Quanten, zwischen Objekten ausgetauscht. Von dieser Annahme ausgehend wurde in den 1920er Jahren die heute gebräuchliche moderne Quantenmechanik entwickelt, deren Vorhersagen und Beschreibungen die Welt der Atome und Moleküle erklär- und beherrschbar machten. Nach verschiedenen Schätzungen geht 60% der globalen Wertschöpfung heute auf Produkte zurück, deren Existenz erst durch die Quantenmechanik ermöglicht wurde, etwa die auf Transistoren basierende Computertechnik oder die Lasertechnologie.



### 1. Was sind Quanten?




---



---

### 2. Was haben Atome mit Planetensystemen gemeinsam?




---

### 3. Welcher quantenphysikalische Effekt wirkt in Lichtsensoren in Digitalkameras?




---



---



### 4. Für welche Objekte gilt der „Welle-Teilchen-Dualismus“?



- (A)  Lichtteilchen (Photonen)    (B)  Elektronen  
 (C)  Atomkerne    (D)  Für alle

### 5. Welche Vorhersage macht die Quantenmechanik über das Verhalten eines einzelnen Atoms?




---



---

# Quanten im Experiment

## Photoeffekt und Franck-Hertz-Versuch

Die Quantenphysik wirft immer noch viele Rätsel auf. Doch wieso gehen wir überhaupt davon aus, dass die Welt in Energiepakete aufgeteilt („quantisiert“) ist? Eine ganze Reihe (heute historischer) Experimente haben maßgeblich zur Entwicklung der Quantentheorie beigetragen.



1. Welches chemische Element wird im Franck-Hertz Experiment benutzt?



---

2. Welche Farben sieht man im Wasserstoffspektrum?



---



3. Wer entwickelte die erste Quantentheorie des Atoms?



---

---

4. Was ist ein „Quantensprung“?



---

---

5. Welches Experiment zeigt, dass Teilchen auch Wellencharakter haben?



---

---

6. Wie bestimmt man die Austrittsarbeit eines Metalls?



---

---

# Das Photon und seine zwei Gesichter

## Dualismus von Welle und Teilchen

Das Licht verhält sich mal wie eine Wellenbewegung, mal wie eine Teilchenströmung, sogar wie beides zugleich – das widerspricht aber nur scheinbar dem gesunden Menschenverstand. Dass Licht sich sowohl wie ein Teilchen als auch wie eine Welle verhält wird am Beispiel des Doppelspaltexperiments demonstriert.



**1. Welche Farbe hat der Laser beim Doppelspaltversuch?**




---

**2. Skizziere das Beugungsbild des Doppelspalts.**




---

**3. Was versteht man unter dem Welle-Teilchen Dualismus?**




---



---

**4. Woran erkennt man die Teilchennatur des Lichts bei der photonenzählenden Kamera?**




---



---

**5. Wer hat den Namen Photon erfunden?**

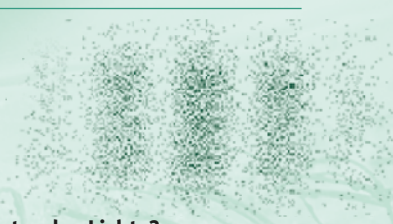



---

**6. Woran erkennt man im Doppelspaltversuch die Wellennatur des Lichts?**




---



# Alles so schön bunt hier

## Grundlagen der Spektroskopie mit Gitter, Prismen, Linsen

Die Wechselwirkung von Licht mit Materie ist die zentrale Methode, um weitgehend zerstörungsfrei Material zu analysieren, Spurengase in extrem geringer Konzentration zu identifizieren oder Informationen über weit entfernte Objekte zu erhalten. Die Grundlagen wurden bereits im 19. Jahrhundert gelegt als Gustav Kirchhoff und Robert Bunsen durch die Zerlegung von Licht in seine Farbanteile zuerst die chemische Zusammensetzung bengalischer Feuer entschlüsselten und anschließend – mit demselben Verfahren – herausfanden, woraus Sterne bestehen.



**1. Wie entsteht ein Regenbogen?**



---

---

**2. Woher wissen wir, woraus Sterne bestehen?**



---

---

**3. Warum zerlegt ein Glasprisma weißes Licht in seine Farben?**



---

---

**4. Was ist ein Laser?**



---

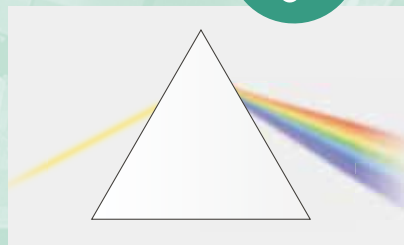
---

**5. Warum ist ein Laser ein nützliches Werkzeug zur Untersuchung von Atomen und Materialien?**



---

---



# Rechenkunst mit Quantentricks

## Quantencomputing mit gespeicherten Ionen

Quanteninformation – dies ist der Informationsgehalt, analog zu klassischen Bits und Bytes, der beispielsweise in dem quantenmechanischen Zustand einzelner Atome gespeichert werden kann. Wie können wir diese Information zugänglich machen: Einen Startwert setzen (initialisieren), verändern (manipulieren) und auslesen? Einzelne Ionen, von elektromagnetischen Feldern festgehalten, lasergekühlt und hervorragend von äußeren Einflüssen abgeschirmt, stellen dafür eine exzellente Plattform dar. Das Prinzip lässt sich mit Ionenkristallen aus geladenen Bärlappsporen zeigen, die in einer Ionenfalle schweben.



**1. Was ist der Unterschied zwischen klassischen Bits und Quantenbits?**



---

---

**2. Was macht den Quantencomputer so leistungsstark?**



---

---

**3. Warum sind Spins gespeicherter Ionen gute Quantenbits?**



---

---

**4. Warum ist es schwierig, einen Quantencomputer zu bauen?**



---

---

**5. Wie lässt sich mit Ionen ein großer Quantencomputer bauen?**



---

---



# ML4Q: „Matter & Light for Quantum Computing“

Quanteninformationssysteme

Mit Quantencomputern lassen sich Probleme lösen, an denen klassische Computer scheitern. Doch trotz der rasanten Entwicklung in der Technologie gibt es immer noch einiges zu tun. Der Cluster ML4Q verfolgt verschiedene Ansätze, um einen Quantencomputers zu implementieren.



1. Was ist der Vorteil eines Qubits gegenüber einem klassischen Bit?



---

2. Mit welchem Aufbau kann man ein geladenes Teilchen fangen?



---

3. Welches Zeichen wird durch die Binär-Kombination 0x01100001 im ASCII-Code codiert?



---

4. Welchen Durchmesser hat der lichtleitende Teil einer optischen Faser?

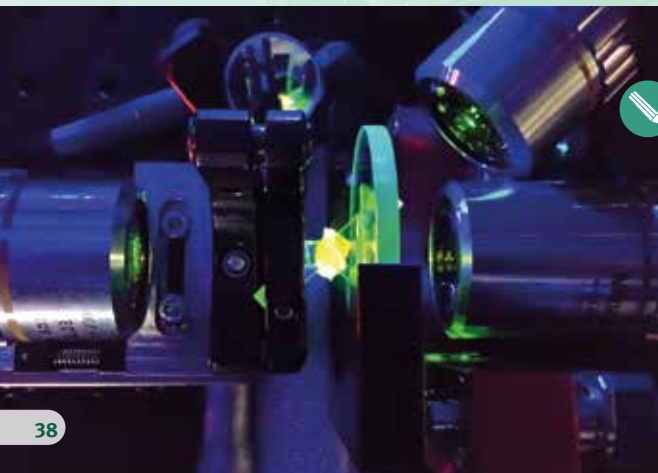


---

5. Wie viele Zeichen können mit 16 Qubits gleichzeitig codiert werden?



---



# Mit dem Quant durch die Wand

## Der Tunneleffekt und Tunnelmikroskopie

Quantentheorie und Tunneleffekt sind die Grundlagen, die uns seit fast 40 Jahren erlauben, Atome zu sehen. Inzwischen ist die Tunnelmikroskopie einen Schritt weiter: Wir können einzelne Atome und Moleküle sogar anfassen und mit ihnen bauen: ein molekulares Lego.



### 1. Wie groß ist ein Atom?




---

### 2. Warum heißt der Tunneleffekt Tunneleffekt? (Wonach ist der Tunneleffekt benannt?)



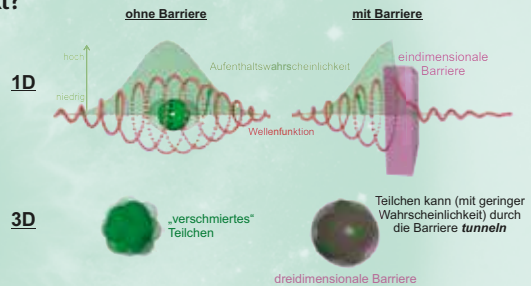

---



---



---



### 3. Wo wurde das Tunnelmikroskop erfunden?




---

### 4. Welches Elementarteilchen tunnelt im Tunnelmikroskop?




---

### 5. Nenne eine Anwendung des Tunneleffekts.




---

### 6. Bei welcher Temperatur kann man mit Molekülen sowie mit LEGO-Steinen größere Strukturen aufbauen?




---

# Röntgenaugen für Strukturen

Experimente mit Synchrotronstrahlung an PETRA III

Teilchenbeschleuniger wie PETRA III am Hamburger Forschungszentrum DESY sind die hellsten Röntgenquellen der Welt. Forscherinnen und Forscher untersuchen mit diesem Supermikroskop die Nanowelt mit atomarer Auflösung. Die Erkenntnisse von PETRA III haben Anwendungen in der Physik, Materialwissenschaft, Chemie, Life Sciences und mehr. Sie helfen beispielsweise dabei, neue Materialien zu entwickeln oder die Entstehung von Krankheiten zu verstehen, um neue Medikamente zu entwickeln.



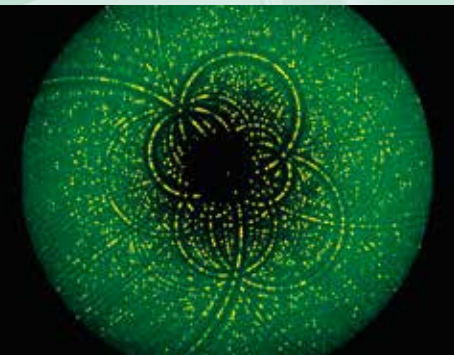
**1. Wie häufig umrunden die Elektronen PETRA III?**



**2. Wieviele Gastforscherinnen und -forscher besuchen DESY jedes Jahr, um an PETRA III zu forschen?**



**3. Woraus bestehen die Undulatoren, mit denen das hochintensive Röntgenlicht an PETRA III erzeugt wird?**





# Tanz der Moleküle

## Die europäische Röntgenlaseranlage European XFEL

Der European XFEL ist eine einzigartige Forschungsanlage in der Metropolregion Hamburg. Seit Herbst 2017 arbeiten Forscherinnen und Forscher hier aus der ganzen Welt mit extrem intensiven Röntgenlaserblitzen, um Einblicke in den Nanokosmos zu gewinnen.



**Extreme Werte – sammle folgende Eckdaten des European XFEL:**

**1. Temperatur der Beschleunigerelemente:**



---

**2. Länge der Beschleunigerstrecke:**



---

**3. Energie der Elektronen:**

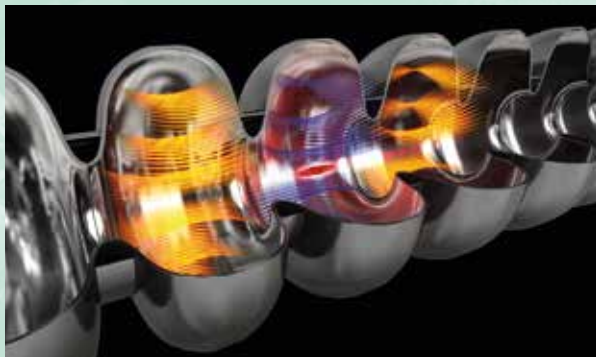


---

**4. Baukosten:**



---



# Elektronen: Teilchen oder Wellen?

## Rasterelektronenmikroskopie



Rasterelektronenmikroskope sind aus der Forschung nicht mehr wegzudenken, sodass viele Labore sich solche Geräte anschaffen. Dazu müssen sie heute nicht mehr selbst gebaut werden, sondern können gekauft werden. Ein wichtiger Parameter für Rasterelektronenmikroskope ist die Beschleunigungsspannung, die den Tunneleffekt auslöst. 15.000 Volt sind hier durchaus normale Werte – Hochspannung!

1. Wofür steht in der Mikroskopie die Abkürzung REM?




---

2. Wie hoch ist die maximale Beschleunigungsspannung für die Elektronen im Hitachi TM4000?




---

3. Wie hoch ist die minimale Beschleunigungsspannung für die Elektronen im Hitachi TM4000?




---

4. Bezogen auf die Monitorgröße, wie hoch ist die maximale Vergrößerung?




---

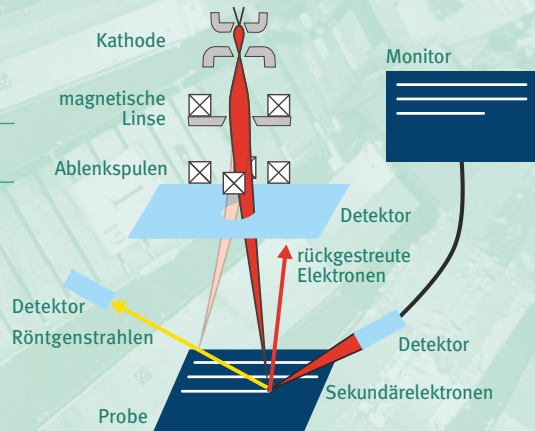
5. Welche Signal-Detektoren sind am TM4000 verfügbar?




---



---



# Atome sichtbar gemacht

## Transmissionselektronenmikroskopie

Wie funktioniert ein Transmissionselektronenmikroskop (TEM) und welche vielfältigen physikalischen Fragestellungen kann man damit heute realisieren? Erfahren Sie mehr darüber am Modell eines Elektronenmikroskops und mithilfe von Experimenten, bei denen Elektronenstrahlen abgelenkt und sichtbar gemacht werden.



1. Warum benutzt man Elektronen zur Abbildung im TEM?




---



---

2. Durch welche Kraft werden Elektronen beschleunigt?




---

3. Durch welche Kraft werden Elektronen abgelenkt?




---

4. Was bedeutet Interferenz?




---

5. Welche mikroskopische Information erhält man durch die TEM?




---



---



---



---



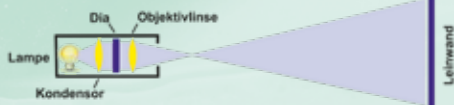
---



---

### Prinzip der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)

#### Diaprojektor



#### Transmissionselektronenmikroskop




# Mit Hochspannung den Untergrund durchleuchten

Geoelektrische Tomographie in der Umweltforschung




Die geoelektrische Tomographie nutzt künstlich erzeugte elektrische Stromsysteme, um Strukturen und Prozesse im Untergrund sichtbar zu machen. Misst man die resultierenden elektrischen Potentialfelder an der Erdoberfläche, dann kann man die elektrische Leitfähigkeit im Untergrund berechnen und in 2D- oder 3D-Bildern sichtbar machen. Geophysiker nutzen die Methode beispielsweise zum Auffinden von Grundwasser, zur Überwachung von Salzwasserintrusion an der Küste oder zur Erfassung von Veränderungen im Permafrost.


**1. Welche physikalische Größe wird bei der geoelektrischen Tomographie gemessen?**

 \_\_\_\_\_

**2. Bilder welcher physikalischen Eigenschaft werden bei der geoelektrischen Tomographie berechnet?**

 \_\_\_\_\_


**3. Was bestimmt die elektrische Leitfähigkeit eines Gesteins?**

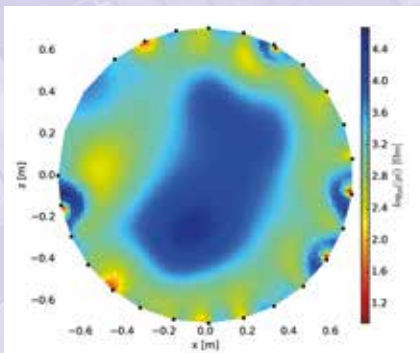
 \_\_\_\_\_

**4. Warum ist die elektrische Leitfähigkeit von Meerwasser höher als die von Grundwasser?**

 \_\_\_\_\_

**5. Nenne drei Anwendungen der geoelektrischen Tomographie im Bereich der Umweltforschung.**

 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



# ...sieht nach Regen aus

## Fernerkundung mit dem Niederschlagsradar

Das Niederschlagsradar an der Universität Bonn und ein baugleiches Radar des Forschungszentrums Jülich messen kontinuierlich und tasten dabei in drei Dimensionen die Atmosphäre in einem Umkreis von 100 km ab. Über die fallenden Tropfen und Eisteilchen als Rückstreuenelemente wird das atmosphärische Niederschlagsfeld dreidimensional in seiner zeitlichen Entwicklung sichtbar. Im Zusammenspiel mit einem Wettervorhersagemodell kann so die Vorhersage von Niederschlag verbessert werden.



**1. Mit welchem Messgerät erfassen Meteorologinnen und Meteorologen flächendeckend und in kurzen Zeitabständen den Niederschlag über Deutschland/Europa/Nordamerika?**



- (A)  Regensammler      (B)  Satelliten      (C)  Radar

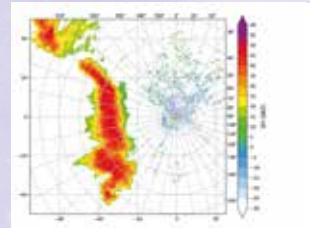
---

**2. Welche heftigen Wetterereignisse finden vorwiegend im Sommer statt und können mit einem Niederschlagsradar verfolgt werden?**



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**3. Welche Gefahren gehen typischerweise von Gewittern im Sommer aus?**



- (A)  Starkregen      (B)  Blitzschläge  
(C)  Hagel      (D)  Starkwind/Tornado

---

**4. Hochreichende Gewitter werden durch starke, vertikale Windbewegung („Aufwinde“) erzeugt. Diese können zwischen 10 und 30 m/s schnell sein. Wie lange braucht ein Luftpaket vom Boden bis zum Erreichen der Tropopause in etwa 11 km Höhe?**



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. Für was sind die modernen, polarimetrischen Regenradare nützlich, außer zur genaueren Niederschlagserfassung?**



\_\_\_\_\_

# Mit Seh- und Tastsinn die Zellen unseres Körpers erkunden

Fluoreszenzmikroskopie und Kraftmikroskopie



In der biochemischen Forschung spielen die Funktionen einzelner Zellbestandteile eine wichtige Rolle – auch für die Entwicklung von Medikamenten. Die kleinen Strukturen und die dort ablaufenden Prozesse machen Forscherinnen und Forscher sowohl mit der Fluoreszenzmikroskopie als auch mit der Rasterkraftmikroskopie sichtbar.

**1. Woraus sind die Zellen unseres Körpers aufgebaut?**



---

---

**2. Welches Licht ist energiereicher? Rotes oder blaues?**



---

**3. Ist das Fluoreszenzlicht energiereicher oder energieärmer als das anregende Licht?**



---

---

**4. Nach welchem Grundprinzip funktioniert ein Rasterkraftmikroskop?**



---

---

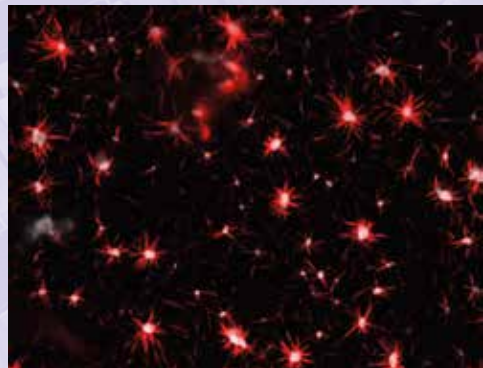
**5. Was unterscheidet die Fluoreszenzmikroskopie von der normalen Mikroskopie?**



---

---

---



# Weniger Eis, mehr Meer

Satellitenmessungen ANTarktischer Eismassen



Weniger Eis, mehr Meer – Satelliten messen das Schmelzen der Gletscher und den Anstieg des Meeresspiegels.

**1. Wie viele Eisblöcke von der Größe einer Wasserflasche (1 kg) schmelzen in Grönland pro Sekunde?**




---



---

**2. Was passiert mit dem Meeresspiegel, wenn Meereis schmilzt?**




---



---



---

**3. Was passiert mit dem Meeresspiegel in der Region um Grönland, wenn dort das Eis schmilzt?**




---



---



---

**4. Wenn wir heute, oder in wenigen Jahren, den Ausstoß von Treibhausgasen drastisch verringern könnten, würde sich die Erwärmung der Atmosphäre auch verringern und das 2-Grad-Ziel vielleicht einhalten lassen. Die Erwärmung des Ozeans und der daraus resultierende Meeresspiegelanstieg würde sich jedoch nahezu ungebremst fortsetzen. Warum ist das so?**




---



---

**5. Wie schnell fliegen Erdbeobachtungssatelliten um die Erde?**




---



# Leuchtende Wolken – Starke Winde

Physik im Grenzbereich zwischen Atmosphäre und Weltraum

Im Höhenbereich um ca. 100 km ändert sich die physikalische Beschreibung der Atmosphäre grundlegend. Hier treten eigenartige Phänomene auf. Zu Beispiel findet man hier im Sommer (!) die niedrigsten Temperaturen in der gesamten Atmosphäre (ca.  $-150$  Grad) und es herrschen an einigen Stellen typische Windgeschwindigkeiten von über 500 km/h.

**1. Erkläre die wichtigsten Schritte zur Wolkenbildung.**




---



---

**2. Wie entstehen Schwerewellen? Nenne verschiedene Beispiele für solche Wellen.**




---

**3. Beschreibe die Entstehung einer Kelvin-Helmholtz-Instabilität und die Bildung von Turbulenz.**




---



---

**4. Nenne wichtige Messsysteme am IAP und beschreibe kurz die wesentlichen Merkmale und Messgrößen.**




---



---



---



**5. Das IAP berechnet verschiedene Atmosphärenmodelle. Wie tragen die Modelle zum Verständnis der Atmosphäre bei und wo liegen die Grenzen?**




---



---



# Keine Chance dem Nuklearschmuggel

## Prüfung von Strahlungsmessgeräten

Um Nuklearschmuggel zu unterbinden sind zuverlässige Strahlungsmessgeräte erforderlich, mit denen radioaktives Material vor Ort nachgewiesen werden kann. Mit einem Prüfsystem wird getestet, ob die Geräte radioaktives Material entsprechend den Anforderungen bestimmter Standards erkennen können. Dadurch soll die Vertrauenswürdigkeit und Belastbarkeit von im Einsatz gewonnenen Messergebnissen sichergestellt werden.



**1. Warum benötigt man Messgeräte zum Auffinden radioaktiver Stoffe?**



---

---

---

---

---



**2. Wofür braucht man Strahlungsmessgeräte an Grenzen?**



---

**3. Warum ist es sinnvoll, Messgeräte zu testen?**



---

---

**4. Wofür braucht man die Videokameras am Messaufbau?**



---

**5. Was ist Nuklearmaterial?**



---

---

# Physik-Nobelpreis 2018

Eine Laserpinzette selbst gesteuert

Im Jahr 2018 wurde der Physik-Nobelpreis für die Entwicklung der Laserpinzette vergeben. Mit einem Joystick kann man Tausendstel Millimeter kleine Kügelchen mittels Laserkraft hin und her bewegen.



**1. Wie alt wurde dieses Jahr der Physik-Nobelpreisträger von 2018 für die optische Pinzette?**




---

**2. Was ist größer: der Durchmesser eines Haares oder die verwendeten Latexkugeln in der optischen Pinzette?**




---



---

**3. Wo ist Licht schneller, im Wasser oder in der Luft?**




---



---

**4. Kann man auch kleinste Lebewesen mit der optischen Falle fangen oder werden diese gegrillt?**




---



---

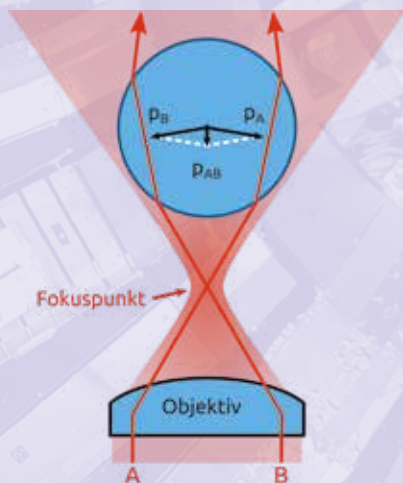
**5. Gibt es weiße Laser?**




---



---



# Treibhausgasen auf der Spur

Mit Lasern auf Flugzeugen und Satelliten

Der globalen Klimaerwärmung zu begegnen ist die zentrale gesellschaftliche Herausforderung unserer Zeit. Es gibt nach wie vor große Wissensdefizite um die Quellen und Senken der wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Methan ( $\text{CH}_4$ ). Mit Lasermessverfahren vom Flugzeug, und in Zukunft vom Satelliten aus, versuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler diese Lücke zu schließen.



**1. Wie heißen die wichtigsten Treibhausgase in der Atmosphäre?**



---

**2. Um wieviel stieg die Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Methan ( $\text{CH}_4$ ) seit Beginn des Industriezeitalters?**



---

**3. Was sind die wichtigsten Quellen und Senken der Treibhausgase?**



---

---

**4. Was ist ein „LIDAR“?**



---

**5. Was ist der Vorteil von Satellitenmessungen?**



---



# Scheibchenweise

Bildgebende Verfahren in der Medizin – MRT

Die Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) wird als bildgebendes Verfahren in der Medizin eingesetzt. Sie ist auch ein wichtiges Instrument für die Hirnforschung. Weitere Anwendungen für die zukünftige frühzeitige Diagnose neurologischer Erkrankungen werden erforscht.



**1. Welche fundamentale Teilcheneigenschaft bildet die Grundlage für die Funktion eines MRT?**




---

**2. Welches chemische Element wird meistens zur MR-Bildgebung genutzt?**




---



---

**3. Welche 3 Arten von magnetischen Feldern sind zur Erzeugung eines Bildes notwendig?**




---



---



---

**4. Welche Eigenschaften unterscheiden MRT und CT (Röntgen)?**




---



---



---

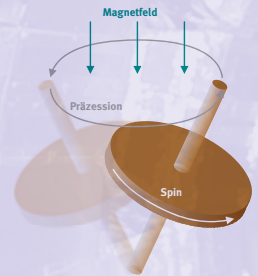
**5. Was bedeutet Methodenentwicklung im Zusammenhang mit MR-Physik?**




---



---



# Spürnasen im Weltraum

Mit dem Radar auf der Suche nach Weltraumschrott

Um die Erde herum wird es eng: Millionen von Weltraumtrümmerteilen bevölkern die Umlaufbahnen und stellen eine Bedrohung für Satelliten, Raumfahrzeuge und Teleskope dar. Die typischen Geschwindigkeiten von etwa einigen Kilometern pro Sekunde machen bereits 1 Zentimeter große Teilchen zu hochenergetischen Geschossen mit Sprengkräften von einer Handgranate. Wie sieht die Gefahrenlage im erdnahen Weltraum genau aus und welche Lösungsansätze existieren?



**1. Woher stammt der ganze Weltraumschrott?**



---

---

**2. Wie könnte man Weltraumschrott beseitigen?**



---

---

**3. Warum können die größeren Schrottteile nicht einfach im Orbit zur Explosion gebracht werden? Damit wären diese doch dann kleiner und könnten nicht mehr so großen Schaden anrichten.**



---

---

**4. Wie könnte eine nachhaltige Raumfahrt aussehen, die weniger Weltraumschrott erzeugt?**



---

---

**5. Wo und wofür kommen Radare noch zum Einsatz?**



---

---




# Kirmes – Mobile Shows und Märkte für Menschen und Maschinen

Künstliche Intelligenz braucht man nicht nur, um große Datenmengen auf neue physikalische Effekte zu durchsuchen oder Gesichter in den Daten von Videoüberwachungsbildern zu identifizieren. Auch als Spielkameraden können Computerprogramme dienen – manchmal sogar mit Elementen von KI.




**1. 1979 besiegte ein intelligentes Spielerprogramm erstmals einen Weltmeister. Um welches Spiel handelte es sich dabei?**





---

**2. Keine KI ohne Algorithmus. Aber was ist eigentlich ein Algorithmus?**





---

**3. Er knackte im Zweiten Weltkrieg die Verschlüsselungsmaschine Enigma, entwickelte eines der ersten Schachprogramme und erdachte einen berühmten Test für das Vorhandensein von Künstlicher Intelligenz. Von wem ist die Rede?**




---

**4. Die Möglichkeiten und Grenzen Künstlicher Intelligenz werden nicht erst seit der Digitalisierung diskutiert. Mit welchem Gedankenexperiment zeigte der Philosoph John Searle 1980 Probleme von KI-Tests auf?**




---

**5. Beim Thema KI wird oft über starke und schwache KI gesprochen. Was genau ist eine sogenannte schwache KI?**




---



---



---



# Mind Ball – Fußball spielen mit dem Kopf

Nur wer entspannt ist, gewinnt



Mindball ist ein Spiel, bei dem zwei Personen gegeneinander antreten, um durch Konzentration und vor allem durch Entspannung einen Ball zum Gegner rollen zu lassen. Die Spieler\*innen nehmen an dem Mindball-Tisch Platz und legen sich jeweils ein Stirnband mit drei Elektroden an, die die eigenen Gehirnströme messen. Nach dem Start setzt sich auf dem Tisch eine kleine Kugel in Bewegung. Sie rollt auf denjenigen zu, der im Moment angespannter ist.

**1. Was versteht man unter einem EEG?**



---

**2. Was versteht man unter einem neuronalen Netzwerk?**



---

**3. Welche verschiedenen Gehirnwellen unterscheidet man?**



---

**4. Kann man Gehirnwellen auch anregen?**



---

**5. Kann man andererseits mit Gehirnwellen eine Elektronik steuern?**



---




# AstroMedia – zugeschaut und mitgebaut

Mikroskope und Teleskope selbstgebaut

Mit Karton den Sternenhimmel entdecken, verstehen, erklären und beobachten! Kartonmodelle von AstroMedia bieten Produkte für Einsteiger, Fortgeschrittene, SchülerInnen und Lehrkräfte: voll funktionstüchtige Instrumente für die Sternen- und Sonnenbeobachtung, ausgefallene Sternkarten und interessante Literatur.



**1. Wie herum hält man eine drehbare Sternkarte?**





---




---

**2. Welches Navigationsinstrument kann mit einem künstlichen Horizont verbessert werden?**



(A)  Kompass      (B)  Sextant

**3. Arbeitet ein einfaches Handspektroskop mit einem Gitter oder einem Prisma?**




---





# Astronomische Inhalte im Unterricht spannend gestalten

(Analogie-)Experimente und „Augmented-Reality“

Astronomie kann den Physikunterricht bereichern, denn der Blick in den Sternenhimmel fasziniert die meisten Menschen. Dabei gibt es moderne Hilfsmittel, die weit über die klassische drehbare Sternkarte hinausgehen: Mithilfe von Augmented-Reality kann man das System Erde/Mond erforschen und mit einem Experiment nachvollziehen, wie Physikerinnen und Physiker auf die Suche nach Leben im Weltall gehen.



**1. Wie können Physikerinnen und Physiker Planeten entdecken, die sich um Sterne – nicht die Sonne – bewegen?**



---

---

**2. Um welchen der „Sterne“ im Exoplaneten-Experiment bewegt sich ein „Exoplanet“?**



---

**3. Seit wann beschäftigt die Menschheit sich mindestens schon mit der Astronomie?**



---

**4. Welche Geräte benötigt man, um seine Position auf hoher See zu bestimmen, wenn man kein GPS hat?**



---

**5. Wie würden sich die Gezeiten auf der Erde verändern, wenn sich der Abstand Erde/Mond verändern würde?**



---



# Ganz hoch hinaus

Höhenforschungsrakete der Mobilien Raketenbasis (MORABA) des DLR

Auf unbemannten Höhenforschungsraketen können Experimente verschiedenster Forschungsdisziplinen durchgeführt werden. Messungen der Mesosphäre (80–100 km) liefern interessante Einblicke für die Atmosphärenphysik. Für materialphysikalische oder biologische Experimente herrschen mehrere Minuten Schwerelosigkeit. Darüber hinaus werden z. B. für den Test neuer Technologien Hyperschallbedingungen beim Aus- und Wiedereintritt in die Atmosphäre erzielt.



**1. Wie oft durchquert eine Höhenforschungsrakete auf ihrer Flugbahn die Atmosphäre, sodass dort Messungen durchgeführt werden können?**




---



---

**2. Wie können wissenschaftliche Nutzlasten nach einem erfolgreichen Flug auf einer Höhenforschungsrakete geborgen werden?**




---

**3. Wie lange dauert die Schwerelosigkeitsphase für Mikrogravitations-Experimente bei einer Scheitelhöhe der Höhenforschungsrakete von ca. 250 km?**




---

**4. Höhenforschungsraketen sind auch eine Plattform für Hyperschall-Experimente. Wie heißt das Maß für Fluggeschwindigkeit im Verhältnis zur Schallgeschwindigkeit?**




---

**5. Welche aerodynamische Profilform hat die Finne einer Höhenforschungsrakete?**




---



# ALLEN AUSSTELLERN EIN HERZLICHES DANKESCHÖN FÜR IHRE BEITRÄGE ZUR AUSSTELLUNG.

## REDAKTION

Dr. Axel Carl, AC-Science-Consulting  
Dr. Jens Kube, awk/jk

## GESTALTUNG

iserundschmidt GmbH

## DRUCK

Brandt GmbH

## SAMMELBILDNACHWEIS

A1: DESY | A2: DESY | A3: CERN; Sonne: Bemmi83, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons  
A4: KATRIN, KIT | A5: FAIR, GSI | A6 (beide): PANDA | A7: FZ Jülich, Universität Bonn  
A8: CERN; CMS-Kollaboration | A9: ELSA / A10: Pexels by Pixabay; ATLAS | A11: Uni München  
A12: Physikalisches Institut, Universität Bonn | B1: ESO; DESY, Milde Science Comm.  
B2: IceCube | B3: Juliana Socher, TU Dresden | B4: Benjamin Winkel, Universität Bonn  
B5: Karte: TUBS, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons; Pierre Auger Observatorium  
B6: eROSITA | B7: Kilo-Degree Survey Collaboration/H. Hildebrandt & B. Giblin, ESO  
B8: Orren Jack Turner | B9: MPIfR | B10: ESO/M. Kornmesser | B11a: NASA, IPAC; NASA  
B12: ALMA (ESO, NAOJ, NRAO, A. Marinkovic, X-Cam) | B14: Fa. Theo Schmitz | C2: Uni-  
versität Bonn | C4: Suidroot, CC BY-SA 4.0 | C5: Universität Siegen | C6: Universität Bonn  
C7: FZ Jülich | C8 (beide): DESY | C9: European XFEL / C10: Hitachi High-Technologies  
C11: Universität Duisburg-Essen | C12, D1, D2: Universität Bonn | D3: Georg-August-Uni-  
versität Göttingen | D4: NASA's Goddard Space Flight Center Scientific Visualization  
Studio | D5: Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik Kühlungsborn | D6: Fraunhofer-Institut  
für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT | D7: Universität des Saarlandes  
D8: CNES | D9: awk/J. Kube | D10: ESA | D11: geralt, Pixabay | D12: awk/J. Kube nach Hugo  
Gambao, CC-BY-SA | D13: AstroMedia | D14: NASA, Ames, SETI Institute, JPL-Caltech  
D15: Mobile Raketenbasis Weßling

---

## INFORMATIONEN

Die Highlights der Physik im Internet:  
[www.highlights-physik.de](http://www.highlights-physik.de)

---

Aufgabenheft (ab sofort) und Lösungen (ab dem 23.9.2019)  
als PDF zum Download unter:  
[www.highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte](http://www.highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte)



Inspiziert und begeistert durch den Erfolg des „Jahres der Physik 2000“ veranstalten das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Deutsche Physikalische Gesellschaft seit 2001 ein jährliches Physikfestival: die „Highlights der Physik“. Das Festival zieht mit jährlich wechselnder Thematik von Stadt zu Stadt. Mitveranstalter sind stets ortsansässige Institutionen. Die vorliegende Broschüre erscheint zu den „Highlights der Physik 2019: Zeig dich!“ (Bonn, 16.–21.9.2019). Infos: [highlights-physik.de](http://highlights-physik.de)

## Veranstalter



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung




Deutsche Physikalische Gesellschaft



UNIVERSITÄT BONN

## Partner

WILHELM UND ELSE  
HERAEUS-STIFTUNG 

welt  
der physik 

FREUDE.  
JOY.  
JOIE.  
BONN.



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG



Deutsche Telekom Stiftung



xarvio™  
Digital Farming  
Solutions



LD DIDACTIC

## Medienpartner

General-Anzeiger  
ganz-und-wild

## Förderer

HITACHI  
Inspire the Next

RK  
Regioverkehr Köln GmbH

wetteronline

BEET  
HOVEN  
FEST  
BONN  
6.9. - 20.9.2019