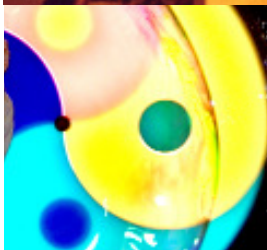
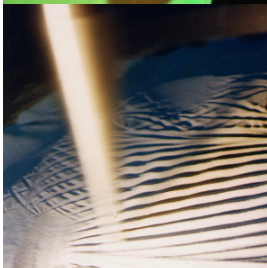




GRIPS TRIPS

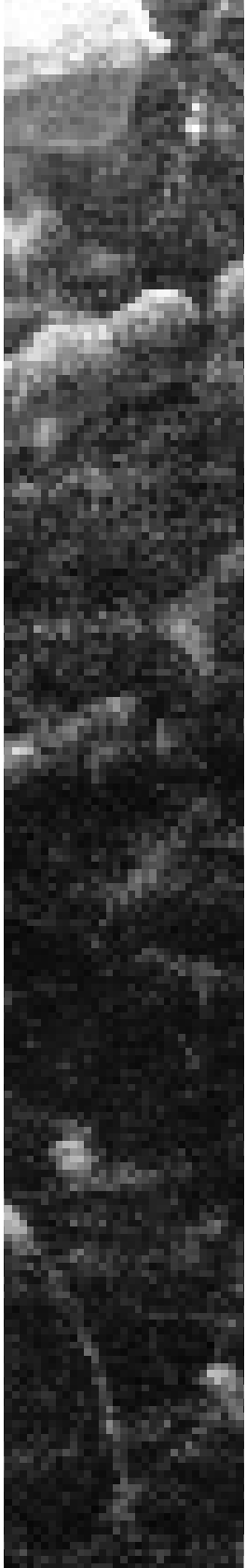
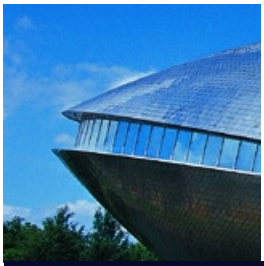


EINE REISE
DURCH DAS UNIVERSUM®
ZU

DEN KLEINSTEN
BAUSTEINEN
DER MATERIE

HANDREICHUNG FÜR LEHRERINNEN UND LEHRER MIT
ARBEITSMATERIALIEN (SEK I / SEK II)
FÜR DAS UNIVERSUM® BREMEN





INHALT

- HINTERGRUNDINFORMATIONEN
- REISEFÜHRER ZU DEN KLEINSTEN BAUSTEINEN DER MATERIE (ARBEITSBOGEN FÜR SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER)
- INTERNET-LINKS
- EINBINDUNG IN DIE RAHMENRICHTLINIEN DES LANDES BREMEN
- EINBINDUNG IN DAS UNIVERSUM® BREMEN



HINTERGRUNDINFORMATIONEN

MODELLVORSTELLUNG

UNTERSCHIEDLICHE ATOMVORSTELLUNGEN

GRÖSSENORDNUNGEN

WÄRMESTRAHLUNG

TEILCHENMODELL

ABSORPTION, EMISSION, FLUORESZENZ

NEBELKAMMER

MODELLVORSTELLUNGEN

Die Winzigkeit der Atome macht sie für unsere unmittelbare Erfahrung unzugänglich: Wir können einzelne Atome nicht fühlen, ja nicht einmal sehen, da die Wellenlänge des sichtbaren Lichts kleiner ist als ein Atom. Wissenschaftliche Experimente liefern jedoch indirekt Hinweise auf die Eigenschaften von Atomen. So wurden immer differenziertere Modelle entwickelt. Welches Modell das Beste ist, hängt davon ab, was man beschreiben möchte.

Atome haben ihren Namen vom griechischen Wort *atomos*, welches unteilbar bedeutet. Die Idee von kleinsten, nicht weiter teilbaren Bestandteilen der Materie entstand bereits im antiken Griechenland. Heute weiß man, dass Atome nur noch im chemischen Sinne unteilbar sind: Zerlegt man sie weiter, so verlieren sie ihre chemischen Eigenschaften. Atome sind höchst kompliziert aufgebaute Systeme, die man - mit Ausnahme der allereinfachsten - immer noch nicht exakt mathematisch erfassen kann.

UNTERSCHIEDLICHE ATOMVORSTELLUNGEN

DEMOKRIT VON ABDERA (CA. 460-370 V. CHR.): UNTEILBARE TEILCHEN

Demokrit gilt neben Leukipp als einer der bedeutendsten griechischen Atomisten. Nach seiner Auffassung setzte sich die Welt aus einzelnen, mit dem menschlichen Auge nicht sichtbaren Bausteinen zusammen. Die Atome sollten sich lediglich durch ihre Form und ihre Größe unterscheiden. Einige stellte sich Demokrit mit Haken und Ösen vor, andere muldenartig eingebuchtet. Es gab unzählige Gestaltsvarianten.



J. DALTON (1766-1844): KUGELMODELL

John Dalton gründete die moderne Atomtheorie: Nach seiner Vorstellung sind Atome winzige, unteilbare, feste Kugeln gleicher Form, aber mit unterschiedlichen Eigenschaften. Atome gleicher Eigenschaft bilden die Bausteine der chemischen Elemente wie Gold, Eisen oder Kohlenstoff. Dieses sehr einfache Modell erlaubt es, die Massengesetze zu erklären. Desgleichen bildet das Modell die Grundlage für die Erklärung des Teilchenmodells und der Aggregatzustände. Es macht keine Aussagen zu den elektrischen Eigenschaften.

J.J. THOMSON (1856-1940): ROSINENKUCHENMODELL

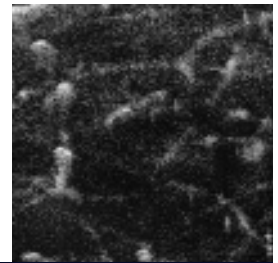
Joseph John Thomson gilt als Entdecker des Elektrons. Mit der Existenz von Elektronen musste die Idee vom unteilbaren Atom aufgegeben werden. In seinem Atommodell ist die Masse des Atoms gleichmäßig auf das kugelförmige, positiv geladene Atom verteilt. Im Inneren des Atoms befinden sich Tausende von winzigen Elektronen wie Rosinen in einem Kuchenteig. Mit dem Thompsonmodell kann die Existenz von positiver und negativer Ladung erklärt werden, der bekannte Streuversuch von Rutherford führte zur Erweiterung dieses Modells.

E. RUTHERFORD (1871-1937): DAS HOHLE ATOM

Lord Ernest Rutherford führte Streuversuche durch, die das Rosinenkuchenmodell widerlegten. Er beschoss eine dünne Goldfolie mit einem positiven Teilchenstrom. Das Ergebnis war verblüffend: Die meisten Teilchen passierten die Goldfolie ungehindert, aber einige Teilchen wurden sehr stark abgelenkt und sogar zurückgeworfen. Im Inneren der Atome musste daher etwas sehr viel Massiveres verborgen sein als nur die leichten, winzigen Elektronen. Der Rest eines Atoms musste hingegen leer sein. Die Atomhülle ist mehr als 100 000 Mal größer als der Kern. Die Frage, warum die negativen Elektronen nicht in den positiven Kern "fallen", blieb durch das Rutherfordmodell unbeantwortet.

N. BOHR (1913-1963): SCHALENMODELL

Im Atommodell des Physiker Niels Bohr bewegen sich Elektronen um den Kern auf genau definierten Bahnen, wie Planeten um die Sonne. Diese Bahnen unterscheiden sich dabei untereinander immer um bestimmte "Energiepakete", die sogenannten "Quanten". Je weiter außen eine Bahn liegt, desto energiereicher ist sie. Um von einer niedrigen Bahn in eine weiter außen liegende Bahn zu gelangen, muss das Atom Energie aufnehmen. Dort angekommen befindet sich das Atom in einem angeregten Energiezustand. Fällt das Elektron dagegen auf eine niedrigere Bahn zurück, gibt es die nun überschüssige Energie in Form eines Lichtblitzes ab. Dieser erscheint in einem Spektrum als Linie. Mit diesem Modell konnte das Wasserstoffatom berechnet werden. Bei komplexeren Atomen versagt es allerdings.



E. SCHRÖDINGER (1887- 1961): ORBITALMODELL

Beim Orbitalmodell löst sich die Vorstellung von Elektronen als Teilchen auf. Elektronen haben keinen festen Ort und keine feste Geschwindigkeit. Erwin Schrödinger entwickelte eine Gleichung, nach der den einzelnen Energiezuständen des Atoms Aufenthaltswahrscheinlichkeiten des Elektrons zuzuordnen sind. Diese Bereiche werden Orbitale genannt.

M. MURRAY GELL-MANN (*1929), G. ZWEIG (*1937): QUARKTHEORIE

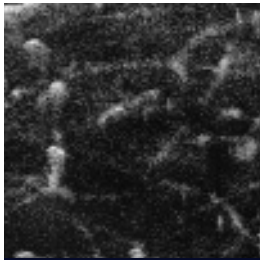
Alle Materie setzt sich aus den Elementarteilchen Quarks, Bosonen und Leptonen zusammen. Das "Lichtteilchen" Photon ist beispielsweise ein Boson, das Elektron gehört zu den Leptonen und ein Proton besteht aus Quarks.

Von den sechs Quarks kannte man zuerst nur die drei leichtesten: das up-Quark (Teilchensymbol u), das down-Quark (Teilchensymbol d) und das strange-Quark (Teilchensymbol s). Die Quarktheorie wurde im Jahre 1964 gleichzeitig von den amerikanischen Physikern Murray Gell-Mann (*1929) und George Zweig (*1937) unabhängig voneinander aufgestellt. Als man 1968 durch Elektronenstreuung an Protonen herausfand, dass die Nukleonen tatsächlich aus kleineren Teilchen zusammengesetzt sind, war die Existenz der ersten drei Quarks praktisch gesichert. Es erwies sich, dass das Proton aus zwei up-Quarks und einem down-Quark aufgebaut ist und dass die Bausteine des Neutrons zwei down-Quarks und ein up-Quark sind. Man nahm jedoch an, dass das Teilchenmodell, das aus diesen drei Bausteinen besteht, noch nicht vollständig war. Die Richtigkeit dieser Annahme zeigte sich 1974, als das charme-Quark (Teilchensymbol c) als viertes Quark nachgewiesen werden konnte. Das fünfte Quark, das bottom-Quark (Teilchensymbol b), wurde 1977 gefunden. Das sechste, letzte und schwerste Quark, das top-Quark (Teilchensymbol t), konnte erst 1995 im Experiment nachgewiesen werden. Die Masse des top-Quarks beträgt etwa $175 \text{ GeV}/c^2$ und entspricht damit der Masse eines mittleren Atomkerns.

GRÖSSENORDNUNGEN

Der Durchmesser eines Atoms liegt im Bereich 10^{-10} m (Zehnmillionstel Millimeter). Diese Größenordnung wird auch ein Angström genannt. Der Durchmesser eines Atoms ist nicht exakt definierbar, weil es keine scharfen Umrisse gibt. Man weiß jedoch, dass nicht alle Atome gleich groß sind:

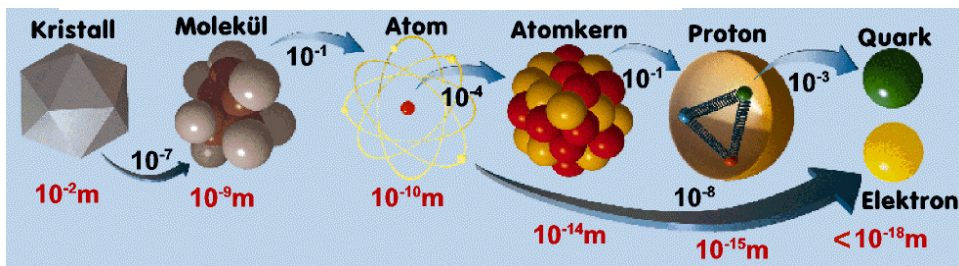
Ein Wasserstoffatom ist etwa $8 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ "dick", während ein Caesiumatom einen viermal so großen Durchmesser besitzt. Die Masse eines Atoms reicht von $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ kg}$ (Wasserstoffatom) bis $435 \cdot 10^{-24} \text{ kg}$ (Element 106).



Fast die gesamte Masse des Atoms ist in seinem Kern vereinigt. Dieser ist aus Protonen und Neutronen aufgebaut, um die sich Elektronen bewegen. Diese Elektronen sind cirka 2000 Mal leichter als die Protonen und Neutronen. Gleichzeitig ist der Kern im Vergleich zum Atomdurchmesser winzig klein:

sein Durchmesser beträgt 10^{-14} m. Das Atom besteht demnach größtenteils aus leerem Raum. Wäre ein Atomkern so groß wie ein Stecknadelkopf, dann hätte das gesamte Atom einen Durchmesser von 20 m. Die Elementarteilchen, aus denen der Kern aufgebaut ist, sind in der Größenordnung von 10^{-14} m.

GRÖSSENORDNUNG



WÄRMESTRAHLUNG

Obwohl der Grieche Demokrit die Vorstellung, dass es kleinste, unteilbare Teilchen gibt, schon 2400 Jahre vor unserer Zeitrechnung entwickelte, zweifelten zu Beginn des 19. Jahrhunderts viele namhafte Wissenschaftler die Existenz von Atomen an. Neben den theoretischen Überlegungen und Gedankenexperimenten verlangten sie experimentelle Hinweise auf Atome. Da man Atome nicht direkt sehen, beobachten oder entdecken kann, mussten wissenschaftliche Experimente indirekt Hinweise auf die Existenz von Atomen liefern. Aus den durchgeführten Experimenten wurden so Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Atome gezogen. Nachdem Wärme als Energieform entdeckt und mit Hilfe der Teilchenvorstellung erklärt werden konnte, war eine wissenschaftliche Erklärung des Atomismus geschaffen.

Um 1750 führte der russische Wissenschaftler Michail Lomonossow (1711-1765) Wärme auf die Bewegung von Stoffteilchen zurück. Für ihn war die Temperatur nichts weiter als der Ausdruck für die Beweglichkeit der Stoffteilchen: Die tiefste Temperatur entsprach der Bewegungslosigkeit von Teilchen, während es nach oben keine Begrenzung für mögliche Temperaturen gab. Alles sendet aufgrund seiner Temperatur Strahlung aus. Diese Wärmestrahlung ist, wie das sichtbare Licht, eine elektromagnetische Welle. Im Spektrum schließt sich die Wärmestrahlung direkt an das rote Ende des sichtbaren Lichts an und wird deshalb auch Infrarotstrahlung genannt. Die Temperatur von allem, ob fest, flüssig oder gasförmig, wird durch die Bewegungsenergie ihrer Atome bestimmt.


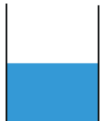









TEILCHENMODELL

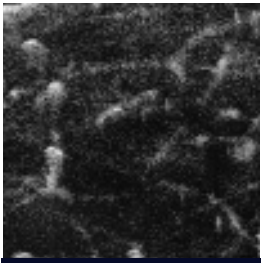
Die Existenz der verschiedenen Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig ist ein weiteres wissenschaftliches Phänomen, welches im Rahmen des Teilchenmodells sehr gut erklärt werden kann und es deshalb in der Geschichte stützte.

Mit der Vorstellung, die Temperatur spiegele das Maß der mittleren Bewegungsenergie von Molekülen bzw. Atomen wider, ist der Übergang der verschiedenen Aggregatzustände bei Wärmezufuhr leicht verständlich.

AGGREGATZUSTÄNDE IM TEILCHENMODELL

	Festkörper	Flüssigkeit	Gas
Form	 <p>Festkörper behält Form unabhängig vom Gefäß bei.</p>	 <p>Flüssigkeit passt sich jeder Gefäßform an.</p>	 <p>Gas nimmt den ganzen angebotenen Raum ein.</p>
Volumen	 <p>Körper behält bei nicht zu großer Kraft Volumen bei</p>	 <p>Körper behält Volumen bei (Inkompressibilität)</p>	 <p>Volumen verändert sich (Gase sind kompressibel)</p>
Kräfte zwischen den Teilchen	Die Atome üben relativ große Anziehungskräfte aufeinander aus.	Kleinere Kräfte zwischen den Atomen als beim Festkörper.	Nahezu keine Kräfte zwischen den Atomen.
Teilchenanordnung (unter einem "Supermikroskop")	 <p>geringer Teilchenabstand; die ortsfesten Teilchen schwingen um die Ruhelage</p>	 <p>geringer Teilchenabstand; die Teilchen sind gegeneinander verschiebbar</p>	 <p>relativ großer Teilchenabstand; die Teilchen bewegen sich völlig frei und regellos im Raum</p>

[HTTP://LEIFI.PHYSIK.UNI-MUENCHEN.DE/SEITEN/INHALT_GEBIETE.HTM](http://leifi.physik.uni-muenchen.de/seiten/inhalt_gebiete.htm)



EMISSION, ABSORPTION, FLUORESZENZ

Die Prozesse der Absorption, Emission und Fluoreszenz lassen sich im Rahmen des Bohr'schen Atommodells der diskreten Energieniveaus gut verstehen. Die Elektronen befinden sich in bestimmten Energieniveaus, je weiter außen die Bahn ist, desto höher ist die entsprechende Energie. Nimmt ein Atom Energie auf (Absorption), befindet es sich in einem angeregten Zustand. Im sichtbaren Wellenlängenbereich entspricht das genau der Energiedifferenz von zwei Bahnen. Das Elektron wechselt die Bahn. Geht das Atom wieder in seinen Grundzustand über, dann "fällt" das Elektron in seine ursprüngliche Bahn zurück und sendet Energie als Licht (Emission) aus. Dabei kann das Atom nur die Energiemengen aufnehmen bzw. abgeben, die seinen Energieniveaus entsprechen. Neben den Anregungen von Elektronen, die Energien im sichtbaren Wellenlängenbereich entsprechen, existieren im Atom auch noch Schwingungs- und Rotationsenergieniveaus. Nimmt ein Atom höherenergetische Strahlung auf als es wieder aussendet, spricht man von Fluoreszenz. Das Atom nimmt UV - Strahlung auf und sendet bei Übergang in den Grundzustand Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich aus. Der Energieunterschied zwischen der aufgenommenen und der abgegebenen Energie wurde in Wärme umgewandelt.

SCHEMATISCHE ABSORPTION



SCHEMATISCHE EMISSION



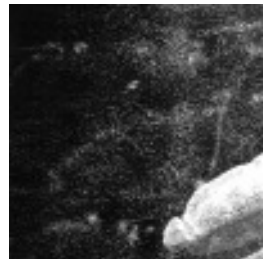
[HTTP://WWW.IAP.UNI-BONN.DE/P2K/APPLETS_ST.HTML](http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/APPLETS_ST.HTML)

NEBELKAMMER

Die Nebelkammer macht Unsichtbares sichtbar. Oberhalb einer dünnen, den Boden bedeckenden Flüssigkeitsschicht befindet sich eine Zone aus übersättigtem Alkoholdampf. In diesem Bereich erzeugen geladene Teilchen längs ihrer Flugbahnen Ionen. Bei der Ionisation trennt das einfliegende Teilchen Elektronen von den Gasmolekülen der übersättigten Dampfschicht ab. Es entstehen positive Ionen. An diesen Ionen setzen sich die Alkoholtröpfchen fest und kondensieren. Die sichtbaren Nebelspuren sind ein faszinierendes Schauspiel der natürlichen Umgebungsstrahlung. Die Art der Teilchenspur lässt Rückschlüsse auf das ionisierende Teilchen zu. Je schwerer die Teilchen sind, desto kürzer und dicker erscheint die Spur. Geradlinige Spuren zeugen von energiereichen, schnellen Teilchen. In der Nebelkammer können alpha-Strahlung, beta-Strahlung, Protonen, Myonen nachgewiesen werden.



REISEFÜHRER ZU DEN KLEINSTEN BAUSTEINEN DER MATERIE



WELT DES KLEINSTEN

EXPONATE

Fest-Flüssig-Gasförmig
Wärmebildkamera
Galerie der Atome

Energieniveaus

Anregung
Nebelkammer
Kleinste Bausteine

MODULE

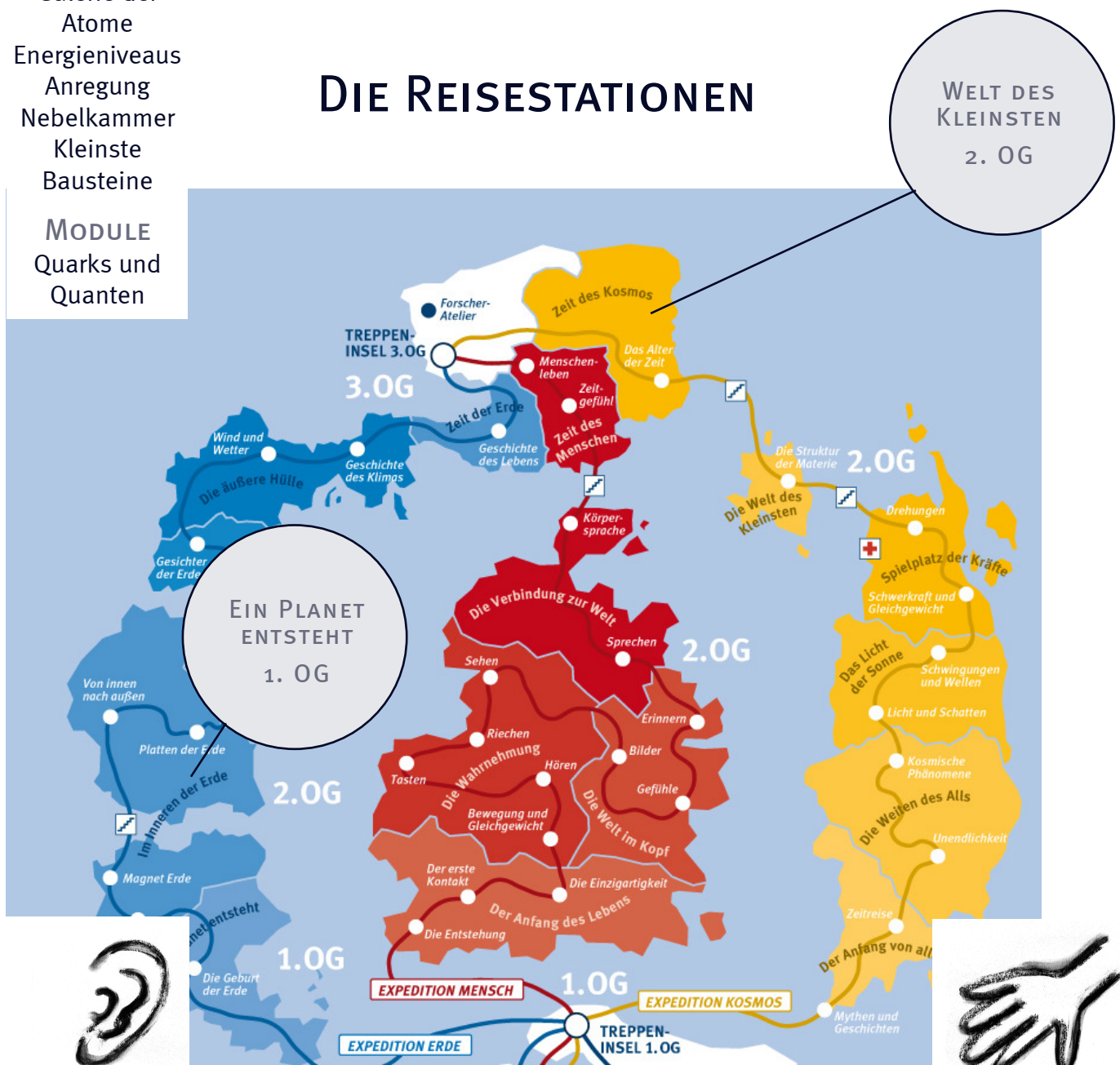
Quarks und Quanten

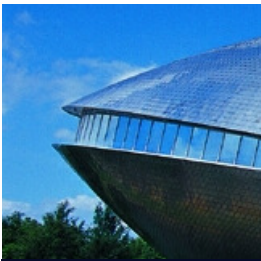
Dieser Reiseführer weist dir den Weg durch das Universum® und zeigt dir Phänomene, bei denen du etwas über die kleinsten Bausteine der Materie lernen kannst. Du lernst verschiedene Atommodelle kennen, siehst Spuren von Atomteilen und kannst deine Vorstellung von den kleinsten Bausteinen mit denen von anderen Besuchern vergleichen. Die Scouts, die Texttafeln und die Animationen an den Infoterminals helfen dir bei deiner Reise.

EIN PLANET ENTSTEHT

EXPONATE
Zeitzeugen der Erdgeschichte

DIE REISESTATIONEN





WÄRMEBILDKAMERA

1 Deine Reise beginnt in der Expedition Kosmos im Bereich "Welt des Kleinsten". Die Wärmekamera zeigt die Temperaturverteilung an der Oberfläche deines Körpers. Sie misst dazu die von deinem Körper abgegebene Wärmestrahlung.



Wo bist du am wärmsten?

Wie kannst du die Temperatur in einem Bereich erhöhen?

.....

Wie stellst du dir Wärme vor?

.....

FEST, FLÜSSIG, GASFÖRMIG

2



Dieses Exponat zeigt dir die Vorstellung der drei Aggregatzustände auf atomarer Ebene. Über die Kurbel des Modells führst du dem System Energie zu. Was meinst du ist für jeden dieser Zustände charakteristisch?

Fest:

Flüssig:

Gasförmig:

Als Temperatur eines Objektes kann man die Bewegungsenergie seiner Teilchen, der Atome verstehen. Die Atome bewegen sich dabei im Raum oder beginnen im Ganzen zu schwingen.

3

GALERIE DER ATOME

Seit der Antike haben Menschen Vorstellungen über den Aufbau der Materie entwickelt. So glaubte z.B. Demokrit (ca. 460-370 v. Chr.), dass Materie aus Tetraedern, Würfeln und Kugeln aufgebaut ist, die über hakenähnliche Strukturen miteinander verbunden sind.

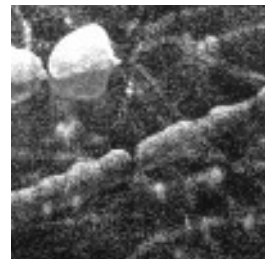
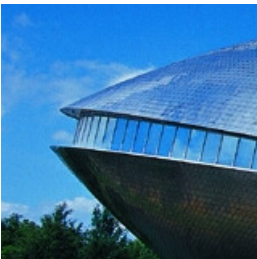
Die Galerie der Atome zeigt künstlerische Interpretationen von fünf Atomvorstellungen der letzten 300 Jahre. Versuche, die Beschreibungen der Modellvorstellungen, die du an der Wand lesen kannst, den jeweiligen Bildern zuzuordnen.

1. 2.

3. 4.

5.





GALERIE DER ATOME

4



Die Atommodelle wurden im Laufe der Zeit immer differenzierter. Je nachdem, was man erklären möchte, eignet sich eines der Modelle am besten. Suche dir ein Atommodell aus und erkläre, was es zeigt und wo seine Grenzen sind.

.....
.....

5

ENERGIENIVEAUS

Dieses Exponat veranschaulicht, wie ein angeregtes Atom Licht ganz bestimmter Frequenz aussenden kann. Hilfreich ist dabei die vereinfachte Vorstellung, dass sich Elektronen auf konkreten Bahnen gleicher Energie um den Atomkern bewegen.

Kannst du dir erklären, wie die unterschiedlichen Farben zustande kommen?



.....
.....

ANREGUNG

6



Siehst du das farbig leuchtende Gestein? Man nennt diesen Effekt Fluoreszenz. Sie geht auf Fremdatome im Kristallgitter der beteiligten Minerale zurück. Diese als Gitterstörung bezeichneten Atome werden durch das UV-Licht angeregt.

Versuche, Fluoreszenz auf atomarer Ebene zu erklären.

.....
.....

Welches Atommodell nutzt du für deine Erklärung?

7

NEBELKAMMER

Um die Bausteine von Atomen zu beobachten, kann man sichtbares Licht nicht verwenden, auch wenn die Optik der Untersuchungsgeräte optimal wäre. Das liegt daran, dass die Wellenlänge des sichtbaren Lichts größer ist als Elektronen, Protonen oder Neutronen. Aus diesem Grund werden elektromagnetische Strahlungen mit kürzeren Wellenlängen oder indirekte Methoden verwendet. Die Nebelkammer benutzt eine indirekte Methode. Beschreibe, warum diese Methode als indirekt bezeichnet werden kann.

.....
.....



ZEITZEUGEN DER ERDGESCHICHTE

8

Deine Reise führt dich nun in das 1. OG. Dort findest du vier Gesteine, die ein sehr unterschiedliches Alter haben. Was glaubst du, wie alt die Atome und deren Elementarteilchen in diesen Gesteinen sind? Kreuze deine Antwort entsprechend an.

- Atome und ihre Teile entstehen erst bei der Bildung eines Gesteins aus heißem Magma. Daher sind die Atome der gezeigten Gesteine so alt wie die Gesteine selber.
- Alle Materie und somit alle Bausteine der Atome sind im Moment der Entstehung des Universums während des Urknalls vor ca. 13,5 Milliarden Jahren entstanden.
- Die Atome und Elementarteilchen der Erde und der Planeten sind zum Zeitpunkt der Entstehung unseres Sonnensystems vor 4,6 Milliarden Jahren gebildet worden.



COMPUTERMODUL "QUARKS UND QUANTEN"

9

Setze dich an einen unserer Computer und starte das Computermodul "Quarks und Quanten" unter ›Animation‹. Dort erfährst du, dass Elektronen, Protonen und Neutronen lange Zeit als unteilbare Elementarteilchen galten. Mittlerweile werden von Forschern aber kleinere Grundbausteine der Atome beschrieben. Welche sind das?

.....

.....

.....

In dem Modul wird auch ein Paradoxon beschrieben. Welches ist das und welche Erklärung haben Physiker und Physikerinnen dafür gefunden?

.....

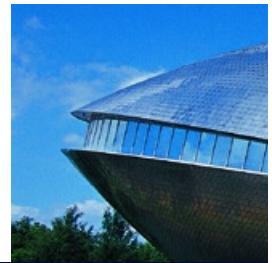
.....

.....

.....



Jetzt ist deine Expedition zu Ende. Du hast viel über die kleinsten Bausteine der Materie erfahren. Sicherlich bist du auf weitere Fragen gestoßen. Vielleicht findest du ja die Antworten bei deinen Eltern, in einem guten Buch oder in deiner Fantasie. Viel Spaß dabei wünscht dir das Universum-Team!



INTERNET-LINKS

http://leifi.physik.uni-muenchen.de/seiten/inhalt_gebiete.htm

LEHRMATERIAL ZU VERSCHIEDENEN THEMEN DER PHYSIK U.A. AGGREGATZUSTÄNDE

<http://www.quantenwelt.de>

MATERIAL ZU ATOMEN UND QUANTEN

<http://www.astro.uni-bonn.de/~deboer/pdm/pdm.html>

MATERIAL ZU ATOMEN UND QUANTEN

http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/applets_ST.html

INTERAKTIVE ANWENDUNGEN ZUR ATOMPHYSIK

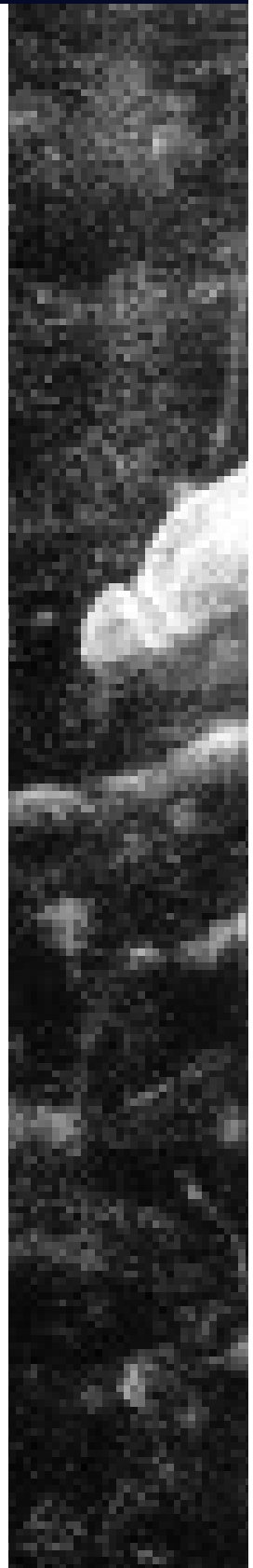
EINBINDUNG IN DIE RAHMENRICHTLINIEN DES LANDES BREMEN

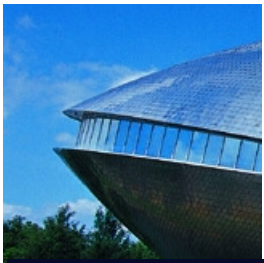
Dieser Reiseführer ermöglicht den Schülerinnen und Schülern Erfahrungen im Bereich SEHEN, LICHT UND FARBE, RADIOAKTIVITÄT UND KERNENERGIE UND MODERNE PHYSIK zu sammeln. Zu folgenden Schlagwörtern führen die Schülerinnen und Schüler Experimente durch: TEILCHENVORSTELLUNG, UNTERSCHIEDLICHE ATOMMODELLE, RADIOAKTIVE STRAHLUNG, QUARKS UND QUANTEN, IR-KAMERAS, EMISSION, ABSORPTION, FLUORESCENZ, AGGREGATZUSTÄNDE.

EINBINDUNG IN DAS UNIVERSUM® BREMEN

Dieser Reiseführer begleitet die Schülerinnen und Schüler in die Themenbereiche WELT DES KLEINSTEN auf der Expedition Kosmos sowie EIN PLANET ENTSTEHT auf der Expedition Erde. An folgenden Exponaten erleben sie Phänomene zu diesen Themengebieten: WÄRMEBILDKAMERA, GALERIE DER ATOME, ENERGIELEVELS, FEST-FLÜSSIG-GASFÖRMIG, NEBELKAMMER, ANREGUNG, KLEINSTE BAUSTEINE, ZEITZEUGEN DER ERDGESCHICHTE. Vertiefte Informationen erhalten die Schülerinnen und Schüler durch das Computermodul QUARKS UND QUANTEN.

Weitere Informationen befinden sich auf der Homepage:
www.universum-bremen.de





KURZBESCHREIBUNG

Dieser Reiseführer wurde für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II entwickelt. Er führt sie durch das Universum® Bremen und zeigt ihnen Phänomene, bei denen sie etwas über die kleinsten Bausteine der Materie erfahren. Sie lernen verschiedene Atommodelle sowie die ihre Möglichkeiten und Grenzen kennen, sehen Spuren von Atomteilen und können ihr Bild von den kleinsten Bausteinen mit denen anderer Besucher vergleichen.



DIESE HANDREICHUNG WURDE VOM UNIVERSUM® BREMEN
UNTER DER MITARBEIT DES LANDESINSTITUTES FÜR SCHULE,
BREMEN ENTWICKELT.
AUTOREN: DR. KERSTIN HALLER, DR. TOBIAS WOLFF

