

Physikalische Sammlung

Über einen längeren Zeitraum hinweg wurden in den Physik-Instituten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) Demonstrationsobjekte entworfen und konstruiert, die physikalische Phänomene von der Mechanik bis zur Quantenmechanik und Teilchenphysik anschaulich darstellen. Die Objekte wurden beim Wissenschaftsmarkt, bei der Nacht der Wissenschaften, bei Veranstaltungen im Rahmen von "Mainz – Stadt der Wissenschaft 2011" und zu vielen weiteren Anlässen präsentiert. Einige Objekte sowie weitere Experimente aus der Vorlesungssammlung wurden auch bereits mehrfach für verschiedene Fernsehprogramme zur Verfügung gestellt. Einzelne Objekte bedürfen einer fachwissenschaftlichen Betreuung, andere sind selbsterklärende Ausstellungsstücke.

Die folgende Liste der Exponate der Physikalischen Sammlung umfasst nur einen Teil der zur Verfügung stehenden Objekte:

- **SEIFENBLASEN UND MINIMALE OBERFLÄCHEN**

Seifenlamellen bilden sich immer so aus, dass die Oberfläche möglichst klein ist. Dabei entstehen viele interessante geometrische Figuren, sogenannte Minimalflächen. Große, aus Draht hergestellte Formen werden mit Seifenlauge benetzt und zeigen viele unterschiedliche Effekte, die sich teils auch verändern, wenn es mehrere geometrische Formen gibt, die kleine Oberflächen bilden.

- **RIESENSEIFENZYLINDER**

Seifenblasen sind immer wieder faszinierend. Mit diesem Aufbau kann eine Person für kurze Zeit ein "Seifenblasenhaus" um sich herum aufbauen, indem ein Reifen zunächst in Seifenlauge getunkt und dann mit einem Seilzug nach oben bewegt wird. Nach kurzer Zeit schnürt sich der Seifenzyylinder ein und zerfällt. Begleitend können weitere Versuche mit Seifenblasen und geometrischen Draht-Figuren gemacht werden, auf denen Seifenlamellen veränderliche Formen bilden.

- **METRONOMSCHAUKEL**

Mehrere Metronome schlagen mit identischer Frequenz, sind allerdings in ihren Ausschlägen zunächst nicht synchron. Dann wird die "Wippe" in Gang gesetzt. Nach kurzer Zeit beginnen die Zeiger, synchron auszuschielen. Hierbei handelt es sich um ein anschauliches Beispiel für ein gekoppeltes Pendel, bei dem die Schwingungen über die Aufhängestange solange "kommunizieren", bis sie im Gleichklang sind.

- **UNGEWÖHNLICHE BAHNEN (BRACHISTOCHRONE)**

Unabhängig von der Form der Bahn kommen alle Kugeln mit identischer Geschwindigkeit am Ziel an. Allerdings erreichen sie das Ziel zu verschiedenen Zeiten. Mathematiker haben herausgefunden, dass die sogenannte Brachistochrone mit dem größten anfänglichen Gefälle in den Modellen die kürzeste Zeit benötigt.

- **FLAMMENROHE (DARSTELLUNG VON MUSIK-SCHWINGUNGSMUSTERN)**

Aus einem von Erdgas durchflossenen Rohr strömt in regelmäßigem Abstand Gas durch Löcher aus, das angezündet kleine Flammen bildet. Auf einer Seite des Rohrs ist ein Lautsprecher angebracht, der sowohl stehende als auch wandernde Schallwellen, die an der unterschiedlichen Flammenhöhe erkannt werden können, erzeugt. Auf diese Weise kann auf eindrucksvolle Weise Musik sichtbar gemacht werden.

- **GROßES PRISMA**

Sonnenlicht erscheint weiß, weil sich darin viele Lichtfarben überlagern. Mit einem Prisma kann man die Farben trennen und einen künstlichen Regenbogen erzeugen. Unser drehbares Prisma ist rund 50 Zentimeter lang, hat eine dreieckige Grundfläche mit jeweils 35 Zentimeter Seitenlänge und ist mit destilliertem Wasser gefüllt.

- **OPTISCHE SPEKTREN**

Nicht alle Lichtquellen senden Licht in allen Farben aus. Bringt man beispielsweise Edelgase mit Hochspannung zum Leuchten, dann werden nur wenige charakteristische Farben ausgestrahlt. Mit holographischen Gittern kann man diese Farben trennen und so verschiedene Elemente unterscheiden.

- **ADDITIVE FARBMISCHUNG UND FARBIGE SCHATTEN**

Durch das "Addieren" oder Überlagern von Licht verschiedener Wellenlängen kann man andere Farben erzeugen. Eine Mischung aller Lichtfarben nimmt das menschliche Auge als weißes Licht wahr. Dies ist das Grundprinzip der Additiven Farbmischung. Drei helle LED-Scheinwerfer mit blauem, rotem und grünem Licht sind so ausgerichtet, dass weißes Licht als Mischfarbe entsteht. Stellt man sich vor die Leinwand, entstehen farbige Schatten.

- **KÜNSTLICHE OPALE**

Mit Licht bestrahlte Opale, die aus winzigen Kügelchen bestehen, "sprühen Feuer". Da die Kügelchen unterschiedlich groß sind, reflektieren sie das einfallende Licht in verschiedene Richtungen und erzeugen so verschiedene Farben.

- **VERZERRUNGSSPIEGEL IM SAND**

Eine verchromte Eisentonne wird teilweise in ein 2 x 2 Meter großes Feld mit Sand eingegraben. Wenn Kinder Figuren in den Sand zeichnen, zeigen sich im Spiegelbild interessante Verzerrungen.

- **CAMERA OBSCURA**

Die Camera Obscura ist die Urform der Kamera. Bereits Aristoteles beschrieb, wie ein auf dem Kopf stehendes Bild entsteht, wenn das Licht durch ein kleines Loch in einen dunklen Raum fällt. Um mehr Licht zu sammeln, haben wir das Loch in unseren beiden Kameras durch eine Linse mit 20 Zentimeter Durchmesser ersetzt, die ein über 1 Meter großes Bild auf einer Mattscheibe erzeugt.

- **RELATIVITÄTSTHEORIE-ICE**

Die Relativitätstheorie beschreibt mathematisch die gewöhnungsbedürftige Folgerung aus der experimentellen Beobachtung, dass keine Information schneller als die Lichtgeschwindigkeit übermittelt wird. Die physikalischen Prozesse verlaufen in Systemen, die sich voneinander nur durch eine konstante Geschwindigkeit unterscheiden, gleich. Jedoch sind zeitgleiche Vorgänge in einem System keinesfalls zeitgleich in einem anderen. Verständlicherweise kann die Relativitätstheorie schlecht in einem Exponat demonstriert werden, da sie erst nahe der Lichtgeschwindigkeit relevant wird. Was jedoch gezeigt werden kann, ist die Relativität der Bewegung in Systemen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. In einem bewegten Zug wird ein Ball – vom Mitfahrer betrachtet – senkrecht nach oben geworfen und an der Abwurfstelle wieder aufgefangen. Vom ruhenden Beobachter aus betrachtet macht der Ball jedoch eine parabelförmige Bewegung und es verblüfft, dass dieser immer wieder an der Abwurfstelle ankommt.

- **GRAVITATIONSLINSE**

Die allgemeine Relativitätstheorie erklärt die Wirkung der Massenanziehung durch eine Krümmung der Raumzeit in der Nähe von großen Massenansammlungen wie Sternen oder Galaxien. Auch massenloses Licht kann demnach abgelenkt werden. Dies ist mit Teleskopen zu beobachten ("Einsteinringe"). Bei besonders kompakten schwarzen Löchern wird das Licht seltsam verzerrt. Zwei speziell gefertigte Linsen lenken das Licht in ähnlicher Weise ab und demonstrieren damit die Effekte der allgemeinen Relativitätstheorie.

- **WIRBELSTROMEXPERIMENT (ABBREMSUNG DES FALLS IN RÖHREN MIT VERSCHIEDENEM MATERIAL)**

Mit einer Wirbelstrombremse kann man einen starken Widerstand erzeugen und beispielsweise am Heimtrainer das Erklimmen eines Bergs vortäuschen. In diesem Fall werden kleine, starke Magnete durch Röhren aus verschiedenen Materialien (Plexiglas, Kupfer, Edelstahl) fallen gelassen. Das Klingeln der am Boden eingelassenen Schellen markiert den Ankunftszeitpunkt. Der Magnet fällt ohne Widerstand durch die Plexiglasröhre, etwas langsamer durch die Edelstahl- und am langsamsten durch Kupferrohre. Offensichtlich hängt dies mit der Leitfähigkeit des Materials zusammen, da das bewegte Magnetfeld Ströme im Material erzeugt, die letztlich kinetische Energie in Wärmeenergie umwandeln. Um die Verluste gering zu halten, werden deshalb also aus gutem Grund Kupferlitzen für Stromkabel.

- **SCHWEBENDES GRAPHITPLÄTTCHEN**

Technisch realisierbar ist der Schwebezustand von Teilchen aufgrund magnetischer Abstoßung. Allerdings muss man bei Ferromagneten den Zustand durch eine elektronische Regelung (Magnetschwebbahn) oder einen Kreisel stabilisieren. Sogenannte diamagnetische Materialien wie Graphit können allerdings auf geeignet angeordneten Permanentmagneten stabil in kleiner Entfernung auf Dauer fliegen. Diamagnete mögen keine Magnetfelder, egal ob diese von einem Nord- oder einem Südpol ausgehen. Nur die Erdanziehungskraft verhindert, dass sich diese nicht weiter von den Magneten entfernen können. Da auch Wasser diamagnetisch ist, kann man in starken Magneten auch hier kleine Dinge schweben lassen. Eine andere Möglichkeit, Dinge stabil schweben zu lassen, bieten elektromagnetische, optische oder akustische Fallen sowie die Supraleitung.

- **SUPRALEITENDE SCHWEBEBAHN UND EXPERIMENTE MIT HOCHTEMPERATURSUPRALEITERN**

Hochtemperatursupraleiter verdrängen magnetische Felder aus einem Teil ihres Volumens, lassen es jedoch an bestimmten Positionen in Form von sogenannten Flussschläuchen eindringen und halten es fest. Wenn jetzt die Position des Supraleiters in einem ungleichmäßigen Magnetfeld verändert wird, gleicht dieser einem zusätzlichen Feld, das diese Veränderung kompensiert. Solches "Schweben" gelingt nur mit Supraleitern. Zwei Permanentmagnete dagegen können keine stabile Lage einnehmen, sie ziehen sich immer an. Bei unserem Demonstrationsexperiment besteht die "Straße" aus Permanentmagneten. Im Inneren des schwebenden Fahrzeugs befindet sich ein mit flüssigem Stickstoff gekühlter Hochtemperatursupraleiter. Aufgrund des oben geschilderten physikalischen Effekts schwebt das Fahrzeug immer im gleichen Abstand zur magnetischen "Straße", es bewegt sich also auf Bahnen mit konstanter magnetischer Feldstärke.

- **QUANTENPHYSIK MIT DEM DOPPELSPALT (TEIL 1)**

Eine wichtige Eigenschaft der Quantenmechanik ist die Verschränkung von Zuständen: Quantenzustände können über größere Entfernung so verzwirbelt sein, dass die Messung an einem Ort den Zustand an anderer Stelle beliebig schnell ändert, eindeutig festlegt und die typischen quantenmechanischen Interferenzen unterbindet. In diesem Fall wird die Messung mithilfe von Licht durchgeführt, der Messprozess erfolgt durch Polarisierung.

- **QUANTENPHYSIK MIT DEM DOPPELSPALT (TEIL 2)**

Der sogenannte Doppelspaltversuch ist ein grundlegendes Experiment der Quantenmechanik. Licht, Elektronen und selbst schwere Moleküle werden durch Wellenfunktionen beschrieben, die es Teilchen erlauben, wie eine Welle gleichzeitig durch zwei Spalte zu dringen. Ein klares Indiz dafür ist die Bildung von Interferenzmustern. Mit Lichtstrahlen ist der Effekt aus der Wellenoptik wohlbekannt. Hier wird gezeigt, dass Interferenzen auch bei einzelnen Lichtteilchen, den Photonen, auftritt, die mit einem empfindlichen Sensor, dem Photonenvervielfacher, nachgewiesen werden. Nach und nach baut sich ein Interferenzmuster auf, das verschwindet, wenn eine der Spalte verschlossen wird.

- **NACHWEIS KOSMISCHER STRAHLUNG MIT DER "KAMIOKANNE"**

Die kosmische Höhenstrahlung strömt kontinuierlich auf uns nieder. Jede Sekunde treffen ungefähr zwei Teilchen auf eine Fläche so groß wie die menschliche Hand. Mit diesem einfachen Experiment, bestehend auf einer wassergefüllten, innen verspiegelten Thermoskanne und einem empfindlichen Nachweisgerät für einzelne Lichtblitze, kann die kosmische Strahlung nachgewiesen und akustisch oder elektronisch dargestellt werden.

- **STREUKUGEL EXPERIMENT**

Sobald Strukturen kleiner als Atome werden, können diese selbst mit den besten Elektronenmikroskopen nicht mehr aufgelöst werden. In diesen Fällen kann man über die Vorgänge nur über Streuversuche lernen, wobei z.B. anhand der Streuwinkel von Elektronen Aussagen über Form und Eigenschaften des Streuzentrums gemacht werden. Dies ist ungefähr so, als ob man in völliger Dunkelheit durch Vermessung der Abprallrichtungen von geworfenen Bällen die Marke eines Autos bestimmen wollte. Mit diesem Versuch kann man bei häufiger Wiederholung typische Muster, die verschieden geformte Streuzentren erzeugen, unterscheiden. Ein Rechner mit einem eigens erstellten Ausleseprogramm erleichtert die Auswertung.

- **LKW-HIGGS-SIMULATOR**

Die Massen von Elementarteilchen, z.B. die des Elektrons, werden durch ein Hintergrundfeld erzeugt, das das ganze Universum durchdringt. Manche Elementarteilchen spüren dieses sogenannte Higgs-Feld stark und bewegen sich entsprechend träge. Andere Teilchen sind weniger beeinträchtigt. Wiederum andere wie die Lichtteilchen bemerken das Feld überhaupt nicht und sind deshalb masselos. Das Exponat nutzt das Magnetfeld, um den Effekt zu demonstrieren. Anders als das Higgs-Feld kann das Magnetfeld an- und abgeschaltet werden und so die Trägheit eines Spielzeug-LKWs vergrößern und verkleinern. Trägheit und Masse sind durch die Newton'schen Gesetze auf engste Weise verknüpft. So beschleunigt beim Ampelstart ein Motor ein leichtes Auto doppelt so schnell wie ein doppelt schweres gleich motorisiertes Auto.