

Physik macht an...



***9. Physik-Workshop
für
Schülerinnen und Schüler***

***Programm
25. bis 27. Oktober 2006***



FACHBEREICH PHYSIK der Philipps-Universität Marburg
Renthof 5, 35037 Marburg

Mittwoch, 25. Oktober 2006

- 10.00 - 12.00 Uhr** **Anmeldung im Dekanat Renthof 7, 3. Etage**
Nach der Anmeldung Aufsuchen der Unterkünfte
- 13.30 – 13.45 Uhr** **Eröffnung des Schüler-Workshops, Renthof 5, Großer Hörsaal**
und Begrüßung durch Herrn Prof. Dr. Wolfram. Heimbrodt, Studiendekan
- 13.45 – 14.30 Uhr** **„Physik in Marburg“**
Studieninformationen und Fragen rund um das Physik-Studium in Marburg geben und beantworten Prof. Heimbrodt und Mitglieder der Fachschaft Physik
- 14.30 - 15.30 Uhr** **Plenarveranstaltung Renthof 5, Großer Hörsaal**
Dr. Angela Thränhardt und Dr. Sangam Chatterjee
„Wellen, Laser, Leuchtdioden – Licht und Moderne Optik“
- 15.30 -18.00 Uhr** **Wir experimentieren selbst I**
- anschließend** **Zur freien Verfügung**
Als Abschluss des Tages solltet Ihr auf keinen Fall versäumen, noch die Oberstadt von Marburg mit den alten Fachwerkhäusern und dem historischen Rathaus anzusehen und vielleicht die eine oder andere Studentenkneipe kennen zu lernen.



Donnerstag, 26. Oktober 2006

- 09.00 -10.00 Uhr** **Plenarveranstaltung Renthof 5, Großer Hörsaal**
PD Dr. Andreas Schrimpf
„Gravitation – die Kraft, die das All (also Alles) zusammen hält“
- 10.15 -13.00 Uhr** **Wir experimentieren selbst II**
- 13.00 -14.30 Uhr** **Mittagspause**
- 14.30 -15.30 Uhr** **Plenarveranstaltung Renthof 5, Großer Hörsaal**
Dr. habil Jens Güdde
„Vom photoelektrischen Effekt bis zur zeitaufgelösten Photoelektronen-Spektroskopie“
- 15.30 -18.00 Uhr** **Wir experimentieren selbst III**
- ab 18.30 Uhr** **Gemütliches Beisammensein Renthof 7, 3. Etage**
Gemeinsames Abendessen mit Büfett und Getränken

Freitag, 27. Oktober 2006

- 09.00 - 10.00 Uhr** **Plenarveranstaltung RH 6, Hörsaal**
Prof. Dr. Bruno Eckhardt
„Synchronisation und schaukelnde Brücken“
- 10.15 -13.00 Uhr** **Wir experimentieren selbst IV**
- 13.15 Uhr** **Abschlussveranstaltung**
Aushändigung der Zertifikate

Plenarveranstaltungen

1. Wellen, Laser, Leuchtdioden - Licht und Moderne Optik

Licht - jeder kennt es, jeder kann es beschreiben, denn man sieht es ja. Aber was ist es wirklich? In diesem Vortrag soll zunächst ein Abriss der Beziehung Mensch-Licht gegeben werden. Denn obwohl Licht die Menschheit von Anbeginn an begleitet hat, rätselten Wissenschaftler lange über seinen Charakter. Erst 1905 erklärte Albert Einstein den Photoeffekt durch Beschreibung des Lichts durch Lichtquanten und legte damit den Grundstein für die Entwicklung der Quantenmechanik, die die Physik des 20. Jahrhunderts maßgeblich prägte.

Heutzutage hat sich die Quantenmechanik weiterentwickelt von einer mathematischen Beschreibung der Welt zu einer Theorie, auf deren Prinzipien vielfältige technische Anwendungen gerade auch im optischen Bereich beruhen. Diese werden durch einen Einblick in moderne Lichtquellen wie z.B. Leucht- und Laserdioden verdeutlicht. Die Optik im Alltag wird u.a. veranschaulicht durch Phänomene wie die „Glühgurke“, Lichtbeugungseffekte an einer CD und der Demonstration der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts.

2. Gravitation – die Kraft, die das All (also Alles) zusammen hält

Vier physikalische Kräfte sind bekannt, von denen die Gravitation die schwächste ist. Bis auf die Tatsache, dass wir meistens mit beiden Füßen auf festem Boden stehen, ist sie im Alltag auch die unbedeutendste Kraft, in den Weiten des Kosmos hingegen die einzig wirklich wirksame. Sämtliche Strukturen im Kosmos sind gravitativ gebunden: Staub- und Molekülwolken, die Sterne, die Planetensysteme, die Galaxien, die Galaxien-Haufen und Supercluster. Die Entdeckung der Gravitation und deren „Anwendung“, d.h. die Analyse ihrer Wirkungen hat mehr und mehr zum Verständnis für diese nicht ganz All-täglichen Strukturen beigetragen und viele dramatische Änderungen unseres Weltbildes bewirkt.

3. Photoemission: Vom Photoeffekt bis zur zeitaufgelösten Photoelektronenspektroskopie

Als Einstein im Jahr 1905 seine Lichtquantenhypothese zur Erklärung des von Hertz, Hallwachs, Lenard und anderen studierten Photoeffekts veröffentlichte, konnte er nicht ahnen, welche weit reichenden Anwendungen zur Spektroskopie von Molekülen, Festkörpern und Oberflächen die Photoemission einmal haben würde. Die experimentelle Basis entstand nämlich erst in den 60er Jahren mit der Entwicklung hochauflösender Spektrometer zur genauen Bestimmung der kinetischen Energie der emittierten Photoelektronen und mit der Verfügbarkeit intensiver monochromatischer Lichtquellen (heute hauptsächlich Synchrotronstrahlung und Laser). Nach einem kurzen Streifzug durch die Geschichte der Photoemission werden einige klassische Anwendungen in Chemie (Elektronenspektroskopie zur chemischen Analyse, ESCA) und Festkörperphysik (elektronische Struktur von Metallen, Halbleitern und ihren Oberflächen) vorgestellt. Bei den Experimenten der Arbeitsgruppe Oberflächenphysik wird die Photoelektronenspektroskopie mit ultrakurzen Laserpulsen kombiniert, um so die Elektronendynamik auf Oberflächen mit einer Zeitauflösung von wenigen Femtosekunden zu studieren.

4. Synchronisation und schaukelnde Brücken

Als am 10. Juni 2000 die Fußgänger auf die neu eröffnete Millenniumsbrücke im Herzen Londons strömten, wurde die Freude über die elegant geschwungene Brücke durch eine unangenehme seitliche Schwingung, die in der Amplitude so groß wurde, dass die Leute stehen blieben und sich am Geländer festhielten, stark eingetrübt. Wie sich erst später herausstellte, waren die Ingenieure Opfer eines Phänomens geworden, das auf eine synchronisierende Rückkopplung zwischen der Bewegung der Brücke und der Schrittfolge der Fußgänger zurückzuführen ist. Das Auftreten von Gleichschritt außerhalb des militärischen Drills ist nur ein Beispiel aus der weiten Klasse von Synchronisationsphänomenen, wie sie nur in gedämpften, nichtlinearen Systemen auftreten können.

Experimente

1. **Optik im 21. Jahrhundert – moderne Laser und ihre Anwendung** **(AG: Experimentelle Halbleiterphysik)**

In vielen Bereichen des täglichen Lebens erfährt das „alte“ Gebiet der Optik neuen Aufschwung. Dabei kommen zum Großteil moderne Laser zum Einsatz, sei es in der Augenheilkunde, der Chipherstellung oder der Telekommunikation. Wir möchten ermöglichen, einen solchen Laser genauer kennen zu lernen, und zeigen, worin die Vorteile dieser Lichtquellen liegen. Dazu werden die Grundlagen eines diodengepumpten, frequenzverdoppelten Festkörperlasers erarbeitet. Zunächst wird ein Nd:YAG – Laser aufgebaut, der mit einer Halbleiterlaserdiode, die z.B. in jedem CD-Player zu finden ist, optisch gepumpt wird. Danach wird der Nd:YAG – Laser, der unsichtbares Infrarotlicht emittiert, modifiziert: durch Frequenzverdopplung im Resonator emittiert der diodengepumpte Nd:YAG Laser dann im grünen Spektralbereich.

2. **Dualismus Welle-Teilchen – am Beispiel von Röntgenstrahlung** **(AG: Oberflächenphysik)**

Licht hat außer seiner Wellennatur auch Teilcheneigenschaften, die sich besonders bei der Emission und Absorption bemerkbar machen. Seit Beginn des letzten Jahrhunderts ist klar, dass die Energie des Lichtes nur durch die Frequenz der „Lichtwelle“ bestimmt wird, während die Intensität des Lichtes nur von der Anzahl der „Lichtteilchen“ abhängt. Dieser Dualismus wird in zwei Versuchen mit Hilfe von Röntgenstrahlung untersucht. Röntgenstrahlung ist wie Licht eine elektromagnetische Strahlung, allerdings mit höherer Energie.

Im ersten Experiment wird die Welleneigenschaft mit Hilfe der Strahlung einer Röntgenröhre und der „Beugung“ untersucht. Beim Streuen von Röntgenstrahlung an einem Kristall treten wie in der Optik Interferenzmaxima auf, die für den Wellenaspekt stehen. Gleichzeitig wird aber auch der Teilchencharakter deutlich, da unregelmäßige Zeitabstände zwischen den Messereignissen beobachtet werden. Diese Schwankung ist charakteristisch für Teilchen oder Quanten und nicht mit einer zeitlich kontinuierlichen Welle zu erklären!

Im zweiten Experiment wird die Teilcheneigenschaft mit Hilfe von Röntgenstrahlung einer schwach radioaktiven Quelle und des „Photoeffekts“ untersucht. Die Strahlung wird durch einen Absorber geschickt und dann gemessen. Dabei verlieren zahlreiche Röntgenquanten ihre gesamte Energie beim Stoß mit den Elektronen in den Atomen und fehlen hinter dem Absorber, was für den Teilchenaspekt steht. Gleichzeitig wird aber auch der Wellencharakter beobachtet, da diese Photoabsorption für Absorber mit unterschiedlicher Kernladungszahl direkt proportional zur Wellenlänge der verwendeten Röntgenstrahlung ist!

3. **Moderne Mikroskopie - Einblicke in die Nanowelt** **(AG: Zentrales Materiallabor)**

Mittels moderner hochauflösender Mikroskopieverfahren lassen sich räumliche Strukturen in Festkörpern im Nanometerbereich (Millionster Teil eines Millimeters) bis hinab zu atomaren Dimensionen nachweisen. Die Funktionsprinzipien (Elektronen- und Kraftmikroskopie) werden anhand einfacher Modelle erklärt. Anschließend werden gemeinsam Experimente an Halbleiterstrukturen, wie sie in einer Vielzahl optoelektronischer Bauelemente eingesetzt sind, durchgeführt.

4. **Lasersimulation – Numerische Experimente** **(AG: Halbleitertheorie)**

Als Einstein vor einem Jahrhundert die erzwungene Emission einführte, dachte er wohl kaum daran, dass damit einmal Musik gehört werden kann. 50 Jahre später wurden die ersten Laser entwickelt, die Licht durch erzwungene Emission aussenden. Aufgrund ihrer besonderen Strahleigenschaften spielen sie heute in vielen Bereichen des täglichen Lebens eine Rolle. In einigen Gebieten, z.B. in der Unterhaltungselektronik

(CD-Spieler), kommt es dabei darauf an, die Bauelemente klein zu machen. Dies ist der Einsatzbereich von Halbleiterlasern.

Der Versuch „Lasersimulationen“ beschäftigt sich mit der Modellierung von Lasern am Computer. Bei der Entwicklung neuartiger Strukturen wird heutzutage u.a. wegen der hohen Kosten nur noch ungern ein „Trial and Error“-Verfahren verwendet. Hier ist es wichtig, die Vorgänge im Inneren eines Lasers zu verstehen und zu programmieren. Ein solches Programm wird hier vorgestellt und ausprobiert.

5. Hirnphysik - Hirnwellen, Sehen und Aufmerksamkeit

(AG: Neurophysik)

Die Physik des Gehirns ist ein neues attraktives Gebiet der Physik. Mit interdisziplinären Ansätzen werden Funktion und Struktur des Gehirns untersucht. Häufig münden die Forschungsergebnisse in technischen und medizinischen Anwendungen. Wie funktioniert unser Gehirn und wie kann man Hirnfunktion messen? Der wichtigste Lösungsweg ist das Experimentieren: Bei unserem angebotenen Experiment werden elektrische Signale des Sehsystems von der Oberfläche des Kopfes registriert (Elektroenzephalographie, EEG), die von externen Lichtreizen erzeugt werden. In Abhängigkeit von der Aufmerksamkeit werden einige Signalübertragungseigenschaften unseres visuellen Systems bestimmt.

6. Rastertunnelmikroskop – Kann man Atome tanzen sehen?

(AG: Oberflächenphysik)

Es war ein uralter Wunschtraum der Wissenschaftler, Oberflächen mit höchster räumlicher Auflösung sehen zu können – vielleicht sogar einzelne Atome im realen Raum sichtbar zu machen. Der Bau immer leistungsstärkerer Mikroskope (z.B. die Entwicklung vom Licht- und Elektronenmikroskop) führte zu einer erheblichen Steigerung des Auflösungsvermögens. Allein der Blick auf die einzelnen Atome blieb den Forschern verwehrt. Erst die geniale Idee zweier Wissenschaftler im IBM-Forschungslabor bei Zürich (Gerd Binnig und Heinrich Rohrer, Nobelpreis 1986), für die Abbildung den sogenannten Tunneleffekt auszunützen, brachte den Durchbruch: Oberflächenatome konnten erstmals direkt sichtbar gemacht werden.

Das Rastertunnelmikroskop (RTM) oder englisch scanning tunneling microscope (STM) ist ein Mikroskop, das sich das einfache Prinzip zunutze macht ein Objekt durch „Abtasten“ abzubilden. Bei diesem indirekten Abbildungsverfahren wird eine elektrisch leitende Spitze systematisch (in einem Raster) über das Untersuchungsobjekt gefahren. Der Abstand wird dabei so gering gehalten, dass ein schwacher elektrischer Kontakt entsteht und Elektronen zwischen der Spitze und dem Objekt ausgetauscht werden (Quantenmechanischer Tunneleffekt). Dies geschieht üblicherweise erst bei einem Abstand von unter 1 nm, d.h. wenige Atomdurchmesser. Wird nun eine Spannung zwischen Spitze und Objekt angelegt, so kann ein Strom, der so genannte Tunnelstrom, fließen. Die Stärke dieses Stroms hängt extrem empfindlich vom Abstand der Spitze zum Objekt ab. Für jeden Rasterpunkt lässt sich nun über die Position der Spitze das dreidimensionale Bild der Oberfläche rekonstruieren,

In dem Versuch soll die Oberfläche einer Graphitprobe mit atomarer Auflösung abgebildet werden. Das Ergebnis kann dann in Form eines Ausdrucks präsentiert werden.

7. Astronomie

Der Stern von Bethlehem – eine mehrfache Konjunktion von Jupiter und Saturn? (Planetarium und Sternwarte des Fachbereichs Physik)

Jeder kennt die auffallend hellen „Sterne“, die hin und wieder in den Morgen- oder Abendstunden den Himmel dominieren und sich so gänzlich anders verhalten als die Sterne am Nachthimmel. Es sind meist einige der hellen Begleiter unserer Sonne: Mars, Venus, Jupiter und Saturn – Planeten wie auch unsere Erde. Beobachtet man ihre Positionen in regelmäßigen Zeitabständen, dann entdeckt man Phänomene wie Oppositionen, Konjunktionen sowie Schleifen der Bahnen. Kopernikus fand schließlich die richtige Interpretation dieser Beobachtungen.

In diesem Schauversuch wollen wir zum einen im *Planetarium* des Fachbereichs Physik nach einer gründlichen Orientierung am Sternenhimmel die Bewegungen der Sonne und der Planeten studieren. Zum anderen lernen wir in der *Sternwarte* des Fachbe-

reichs verschiedene astronomische Fernrohre und deren Montierungen kennen. Bei gutem Wetter können wir Sonnenflecken beobachten; eine kleine Herausforderung ist es, die Fernrohre so zu justieren, dass auch bei Tage Planetenbeobachtungen (z.B. Venus) möglich sind.

8. Besser als die Sonne - Photovoltaischer Strom und die Konzentration von Licht (AG: Optik)

Heiß wie die Sonne ist Sonnenlicht, wenn es geschickt gebündelt wird. Mit ungewöhnlichen Linsen und Spiegeln werden wir den Mechanismen der Konzentration im Experiment auf die Spur kommen; bei Regen im Labor, sonst in der Sonne. Effiziente Photovoltaik ist eine Anwendung für konzentriertes Licht. Wie sieht ein Konzentrator aus und wie funktioniert er? Welche Bedingungen muss eine Linse erfüllen, um für Solarzellen tauglich zu sein? Wie muss das Licht verteilt werden, und wie sehen gute Photovoltaikzellen aus? Was ist der photovoltaische Effekt? Wie passt die Photovoltaik in das Konzept der Erneuerbaren Energien?

9. Elektronik zum Anfassen - Wir bauen eine elektrische Schaltung (AG: Elektronik)

Elektronik bestimmt unser Leben. Nahezu jedes technische Gerät enthält elektronische Komponenten. Keine Waschmaschine, kein Auto, sogar viele Kaffeemaschinen kommen ohne Elektronik nicht aus. Der immer häufiger werdende Gebrauch von offensichtlich elektronischen Geräten wie Computer, Mobiltelefonen oder z.B. Navigationssystemen legt wohl nahe, dass wir uns in einem „Elektronischen Zeitalter“ befinden.

Dass Elektronik im Wesentlichen aus Transistoren, Widerständen, Kondensatoren und Spulen besteht gehört zum Allgemeinwissen. Wie man aber diese Bauteile kombiniert, um zu einem funktionierenden Gerät zu gelangen, erscheint vielen wie schwarze Magie. Die zu Grunde liegenden Prinzipien sind jedoch einfach und die Funktionsweise eines Transistors ist schnell erklärt. Am Beispiel einer einfachen Kippschaltung, die von den Teilnehmern selbst aufgebaut werden kann, können dann viele Eigenschaften von Transistoren demonstriert werden.

10. Ramanspektroskopie – die Atome im Kristall tanzen sehen (AG: Experimentelle Halbleiterphysik)

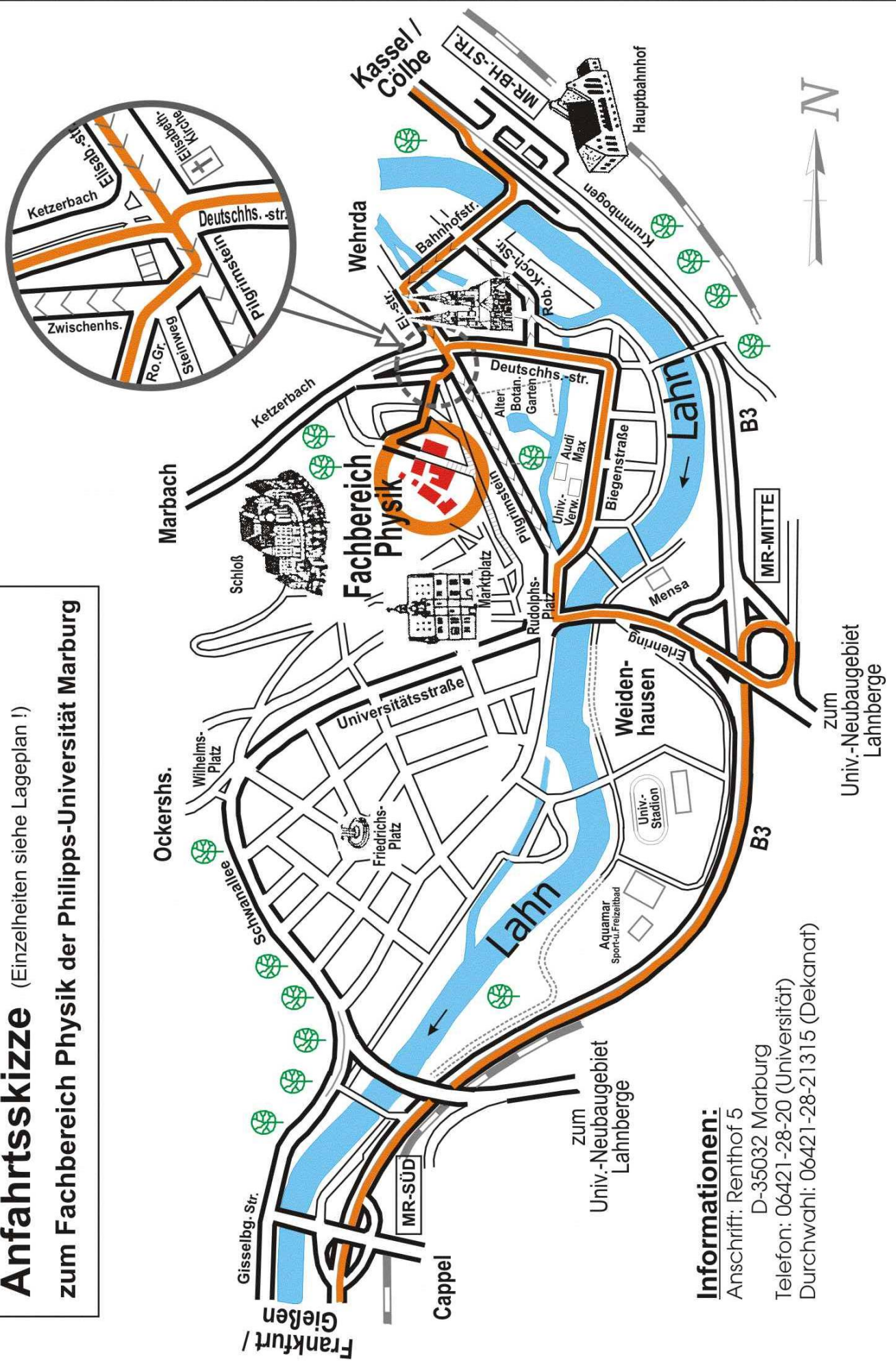
Analysiert man genau das Laserlicht, das von einem Kristall gestreut wird, dann kann man Schwingungen von Atomen im Kristall beobachten, also die Atome tanzen sehen. Allerdings durchläuft nur ein gestreutes Lichtquant in einer Million diesen Prozess. Wie kann man diese wenigen finden? Was hat sich verändert, seit Sir Chandrasekhara Venkata Raman 1930 für die Entdeckung des nach ihm benannten Effekts den Physik Nobelpreis bekommen hat?

Diese Fragen werden wir während des Versuches beantworten und praktisch vorführen. Wozu wird der Raman-Effekt technisch genutzt? Die Anwendungsfelder reichen von Drogenfahndung, Kunstfälschung, Qualitätskontrolle bis zur Temperaturmessung. Warum ist das so? Ein Ramanspektrum ist wie ein Fingerabdruck des Materials.

11. Kohärente Phänomene am Beispiel des Pendelechos (AG: Theoretische Halbleiterphysik)

Magnetische Resonanztomographie und zahlreiche diagnostische Verfahren in der Materialwissenschaft basieren auf so genannten kohärenten Phänomenen, wovon die "Echos" zu den spektakulärsten zählen. Hier handelt es sich jedoch nicht um das "Echo im Walde", sondern um einen Wiederkehreffekt, der bei der zeitlichen Bewegung von vielen schwingungsfähigen Systemen auftauchen kann, sofern deren Resonanzfrequenzen nicht alle gleich sind. Bei den oben genannten Verfahren betrachtet man Spins oder optisch angeregte Atome, Moleküle oder Festkörper. In diesem Demonstrationsversuch werden statt dessen mechanische Pendel untersucht, die auf besondere Weise angeregt und manipuliert werden, und dann das Echophänomen zeigen. Theoretisch-mathematische Kenntnisse, die über \sin und \cos herausgehen, sind zum Verständnis nicht notwendig. Dagegen erfordert die Durchführung des Versuches gut trainierte Armmuskeln.

Anfahrtsskizze (Einzelheiten siehe Lageplan !)
zum Fachbereich Physik der Philipps-Universität Marburg



Informationen:

Anschrift: Renthof 5
 D-35032 Marburg
 Telefon: 06421-28-20 (Universität)
 Durchwahl: 06421-28-21315 (Dekanat)