

Besuch des PhotonLab der LMU und TUM der Klasse 10b am 22. Mai 2012

Seit Beginn des zweiten Schulhalbjahres befasst sich der Physikunterricht der 10b mit den unterschiedlichsten Themen rund um die Spezielle Relativitätstheorie, Wellenlehre und Einblicke in die Welt der Quantenphysik (Versuche zum Einfach- und Doppelspalt mit dem Laser, Dualismus von Licht, u. a.). Auch wenn die zahlreichen Versuche innerhalb des Unterrichts positiven Anklang bei den naturwissenschaftlich interessierten Schülern finden, so bleibt der vielfältige Praxisbezug der gelernten Theorie doch leider oftmals vollkommen auf der Strecke.

Die Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität und der Cluster Munich-Centre for Advanced Photonics erkannten die mangelnde Vernetzung von Theorie und Praxis in der Schule schon seit einiger Zeit, so dass hierfür eigens ein PhotonLab eingerichtet wurde. Das PhotonLab ist ein Labor, in welchem die Schüler Experimente zur Optik und Photonik größtenteils selbstständig oder unter Anleitung eines Wissenschaftlers durchführen können. Alle Experimente sind im Max-Planck-Institut für Quantenoptik auf dem Forschungscampus in Garching untergebracht.

Dieses einzigartige Angebot nahm die Klasse 10b gemeinsam mit ihrer Physiklehrerin gerne wahr und unternahm am 22. Mai 2012 eine Exkursion zum auf dem Forschungscampus in Garching gelegenen PhotonLab.

Zu Beginn der Veranstaltung nahm uns Frau Dr. Silke Stähler-Schöpf, die Koordinatorin des PhotonLabs-Angebots, in Empfang und referierte eine knappe Stunde über die Entstehungsgeschichte, die Umsetzung und Zielsetzung des Lasers, sowie über die Finanzierung des PhotonLabs.



Foto: Titel „Basics of laser physics“ des Vortrags

Der Titel des Vortrags von Frau Dr. Stähler-Schöpf lautete "Basics of laser physics". Die gesamte Präsentation war in englischer Sprache gehalten, denn wie die Physikerin Frau Dr. Stähler-Schöpf

eindringlich hinwies, sollte jeder Physikinteressierte gute Kenntnisse in der englischen Sprache – der Wissenschaftssprache – besitzen.

Der Vortrag präsentierte zunächst ein Portrait, das den Physiker und Begründer der Lasertechnik Theodor Maiman zeigte.

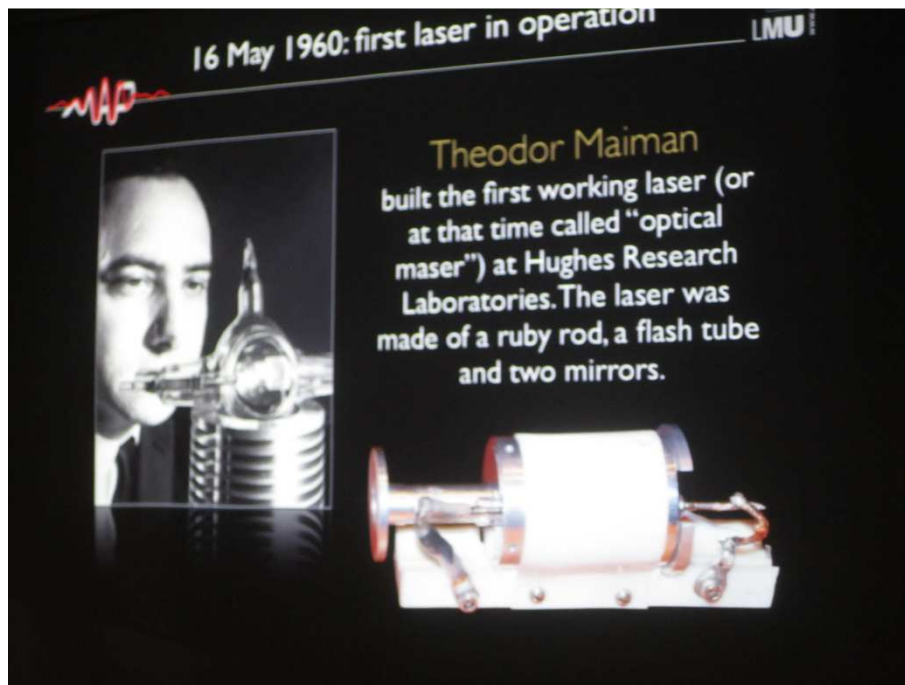


Foto: Theodor Maiman, der Erfinder des Lasers

Der erste Laser wurde in den 1960er Jahren erfunden, wobei die Koordinatorin Frau Stähler-Schöpf anmerkte, dass die Zeit reif für die Erfindung des Geräts gewesen sei, was heißt, wenn nicht er, dann hätte ein anderer früher oder später den Durchbruch mit der erstmaligen Lasertechnik erzielt.

Ein Laser besteht allgemein aus Energie, die über Spiegel auf beiden Seiten zum Lasermedium hingeführt und (zu etwa 97 %) reflektiert wird.

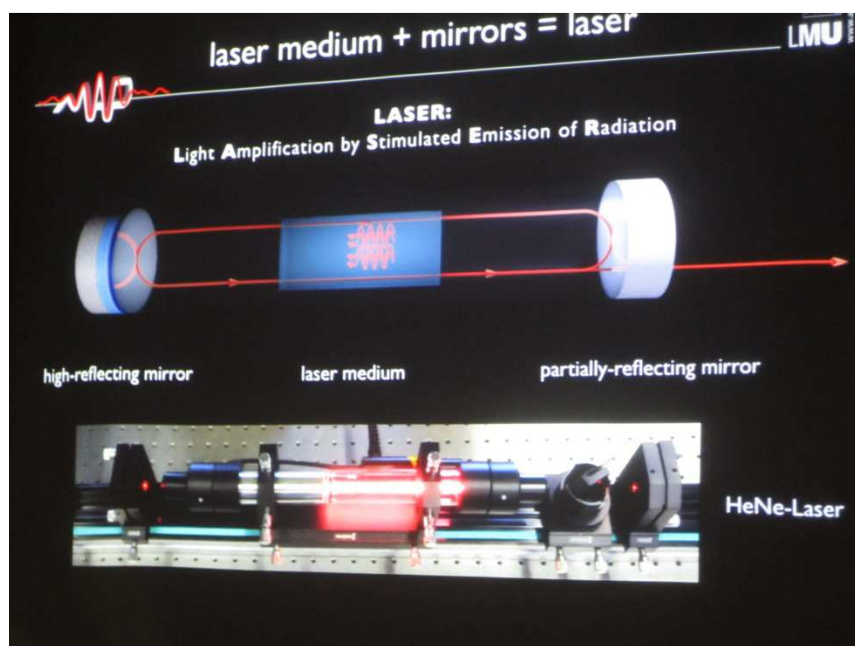


Foto: Aufbau eines HeNeLasers – Medium und Spiegel, Erklärung des Akronymes Laser

In einem Video, welches den Titel „Lasers are everywhere“ trug, waren Funktionsbeispiele eines Lasers zu sehen: Ob in der Medizin für die Behandlung von Menschen, für die Erforschung bisher noch nicht erkundeter Galaxien, den Bau von Aufzügen, für die Fernsteuerung von Fahrzeugen oder als Teil unserer Wirtschaft (Barcodes): Der ein-und ausschaltbare Laser ist nahezu überall einsetzbar.

Im weiteren Teil des Videos ging es dann speziell um die Eigenschaften von Laser. Es wurde deutlich, dass ein Laser nichts weiter erzeugt als energiereiches Licht. Am Beispiel der im Unterricht bereits behandelten Versuche wurden der Teilchen- und Wellencharakter von Licht erneut aufgegriffen.

Die Koordinatorin unseres Besuchs ging auf die Frage ein, wann und wie Licht erforscht wurde, nämlich im 19. Jahrhundert durch den Physiker Heinrich Hertz (er führte die Experimente durch) und James Maxwell. Auf Letzteren sind die nach ihm benannten Maxwell-Gleichungen zurückzuführen, die unabdinglich für ein Physikstudium sind und Licht mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen beschreiben. Licht besteht immer aus elektromagnetischen und elastischen Energiefeldern.

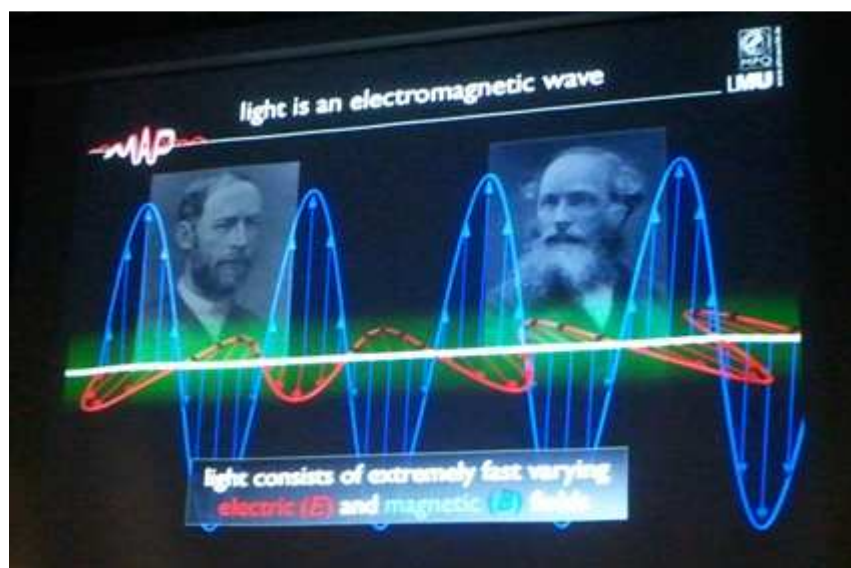


Foto: Licht als elektromagnetische Welle – Heinrich Hertz und James Clerk Maxwell im Hintergrund

Das Video wurde sodann mit dem Thema Wellenlänge fortgesetzt. Eine Wellenlänge gibt den charakteristischen Energiegehalt jeder Welle eines Mediums an (im Nanometer-Bereich: 10^{-9} m). Um die Wellenlänge von Laserlicht zu bestimmen braucht man ein Interferometer, welches die einfallende Lichtwelle mithilfe eines halbdurchlässigen Spiegels aufteilt, die durch diesen teils reflektiert und teils weitergeleitet wird, um dann auf einen weiteren Spiegel zu treffen. Hinter den Spiegeln kommt es zur Interferenz (= Überlagerung).

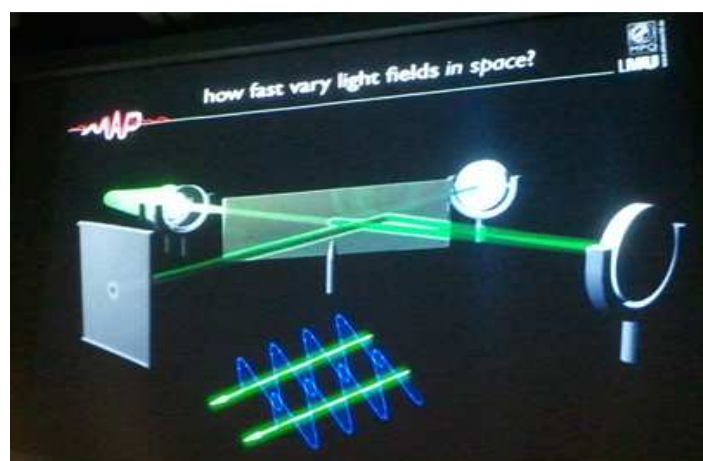


Foto: Aufbau und Prinzip eines Interferometers (z.B. nach Michelson-Morley)

Verschiebt man nun die Spiegel und es entsteht eine Phase, so kann man eine konstruktive Interferenz erkennen. Löschen sich die Wellen jedoch aus, herrscht destruktive Interferenz. Mithilfe des ablesbaren Gangunterschiedes kann man nun die Wellenlänge berechnen ($\Delta s = n \cdot \lambda$, mit $n \in \mathbb{N}_0$).

Auch lernten die Schüler bei dieser Gelegenheit eine neue Größenordnung für Sekunden kennen: die Femto-Sekunde ($1 \text{ fs} = 1,0 \cdot 10^{-15}$ Sekunden).

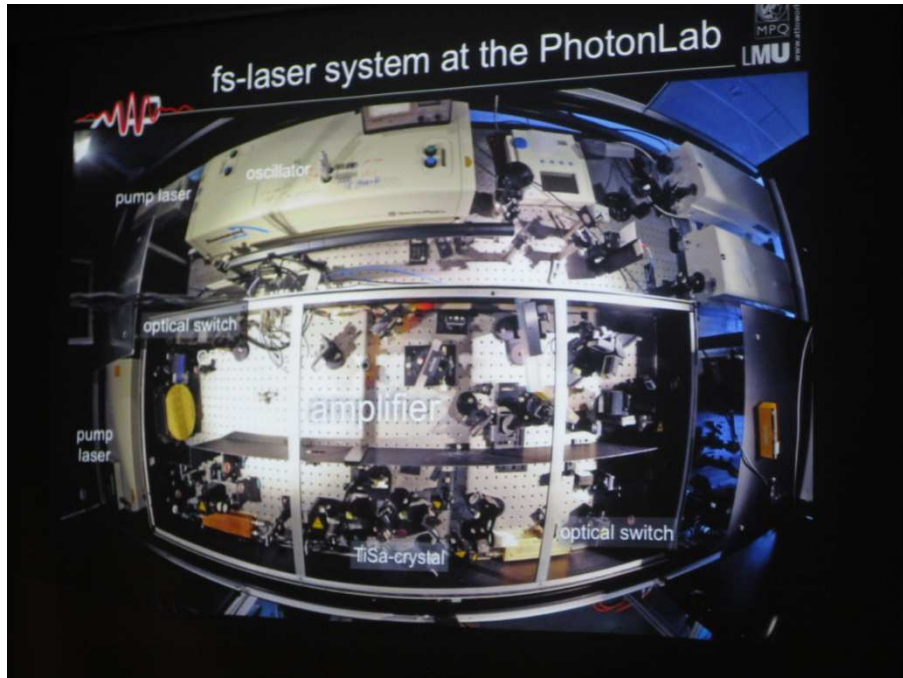


Foto: Aufbau des fs-Lasers im PhotonLab

Im Folgenden wurde im Video auf die verschiedenen Farben von Licht eingegangen. Bei *Inkohärenz* (=Unabhängigkeit) verlaufen Phasen verschiedener Farben nacheinander, ohne gegenseitig voneinander abzuhängen. Diese Zusammenmischung von Wellen unterschiedlicher Länge ist in etwa wie bei einer Glühlampe als weißes, gemischtes Licht zu erkennen.

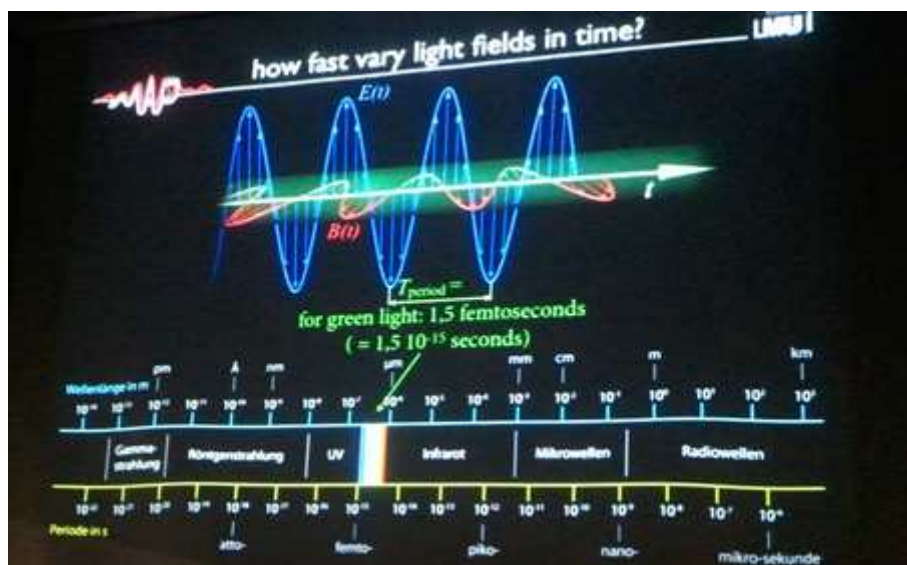


Foto: Verschiedene Wellenlängenbereiche von Gammastrahlung bis hin zu Radiowellen

Abschließend erklärte die Referentin, dass der Begriff LASER ein Akronym für *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ist. Der Laser weist Kohärenz auf, also gleichphasig schwingende

Wellen gleicher Wellenlänge, die immer parallel verlaufen. Dies ist auch der Grund, warum Laser eigentlich gefährlich für das menschliche Auge ist. Das Licht erscheint in Bündeln, erfährt also eine hohe Energiedichte bei hohem Energiegehalt und schwingt gleichphasig. Aus diesem Grund muss man Schutzbrillen tragen, die das Laserlicht reflektieren und entbündeln.

Anschließend teilte sich die 10b in zwei gleich große Gruppen auf, so dass eine Gruppe eine versierte Führung durch die Labore des MPI für Quantenoptik und Demonstrationsexperimente mit einem Femtosekundenlaser wahrnehmen konnte, und die andere Gruppe sich sogleich auf die Experimente stürzen durfte.



Foto: Interessierte Schüler der 10b bei der Führung durch die Räume des MPQs

Der Diplomphysiker Herr Peter Schauß führte die erste Gruppe engagiert durch die Labore. Er erklärte, dass er seit zwei Jahren im Photon Lab an seiner Dissertation arbeitet. Auf einem Poster führte er den Schülern einen Versuch vor Augen, an dem er wesentlich beteiligt ist. Inhaltlich befasst sich dieser Versuch mit der Kühlung von Atomen, sie also in eine Art Momentzustand zu bringen, um sie anschließend im stabilen Milieu genauer u. a. auf ihre Teilchenstruktur (Gitter) und ihr Aussehen zu erforschen, da sie sich in einem energiearmen Zustand befinden und nicht reagieren können.

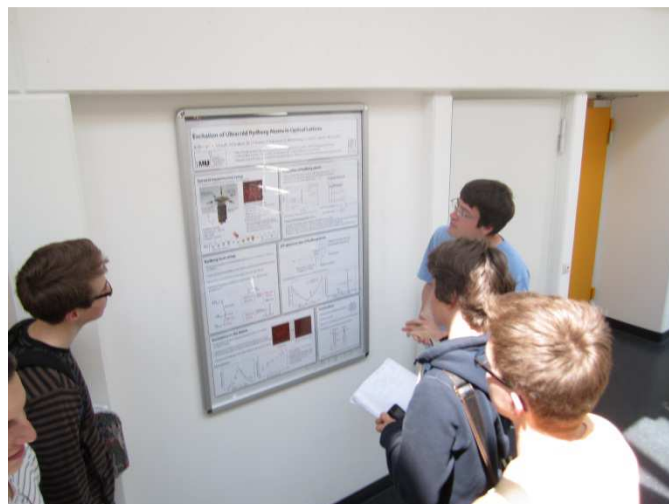


Foto: Dipl.-Physiker Peter Schauß liefert Erklärungen zu kalten Atomen

Durch Laser werden die Atome hin und her bewegt und anschließend zum Stillstand gebracht. Gleichzeitig werden mit einer Fotokamera Bilder erzeugt, auf welchen Leuchtpunkte zu erkennen sind. Vor allem für die Entwicklung von Festplatten oder technischen Geräten sei diese Erforschung von Atomen (in diesem Fall Rubidium) sehr hilfreich, merkte P. Schauß an. Für den Alltag ließe sich daraus jedoch (noch) kein unmittelbarer Nutzen ziehen.

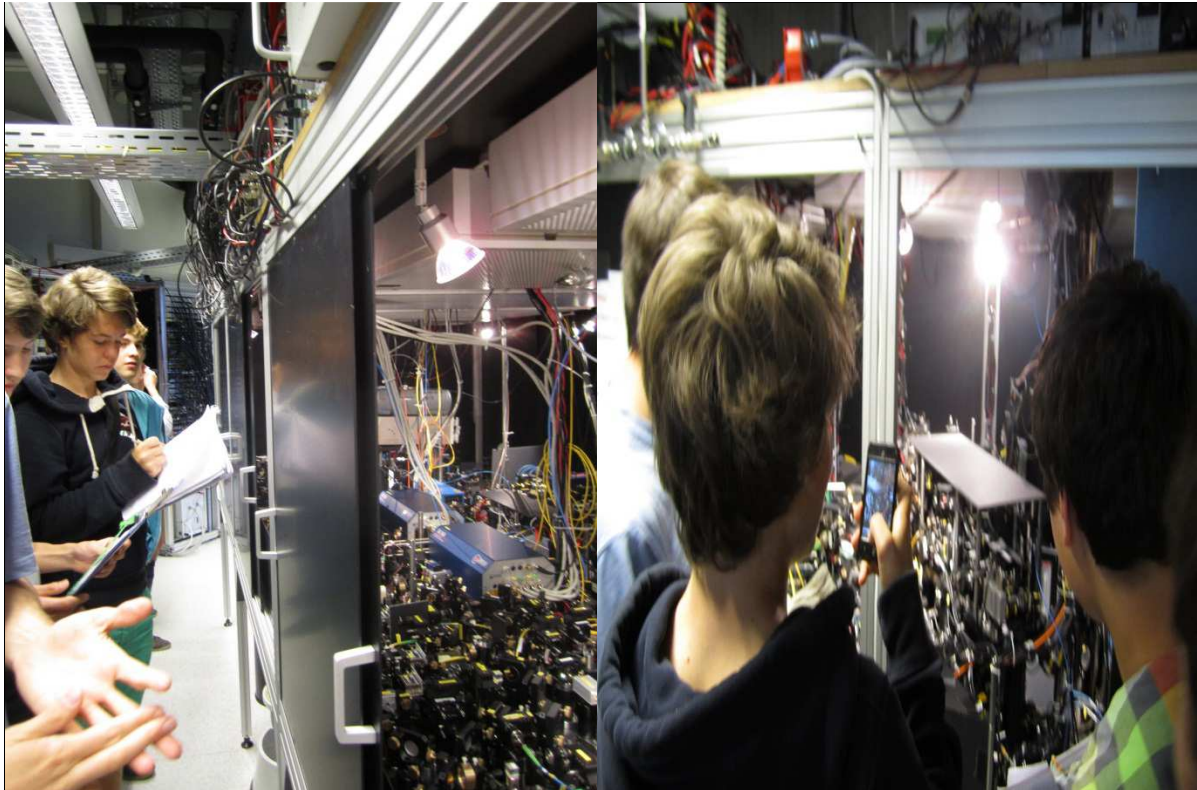


Foto: Faszinierte Schüler im Labor

Nach diesen Erläuterungen und einigen (auch persönlicheren Fragen) an den Koordinator unserer Gruppe begaben sich die Schüler in einen sehr engen Forschungsraum, wo sie einerseits die genannten Bilder in Computerprogrammen entdecken und andererseits auch eine Ansammlung von Riesenlasern mit Spiegeln begutachten konnten, die offensichtlich unter sehr großem Aufwand hergestellt wurden waren.

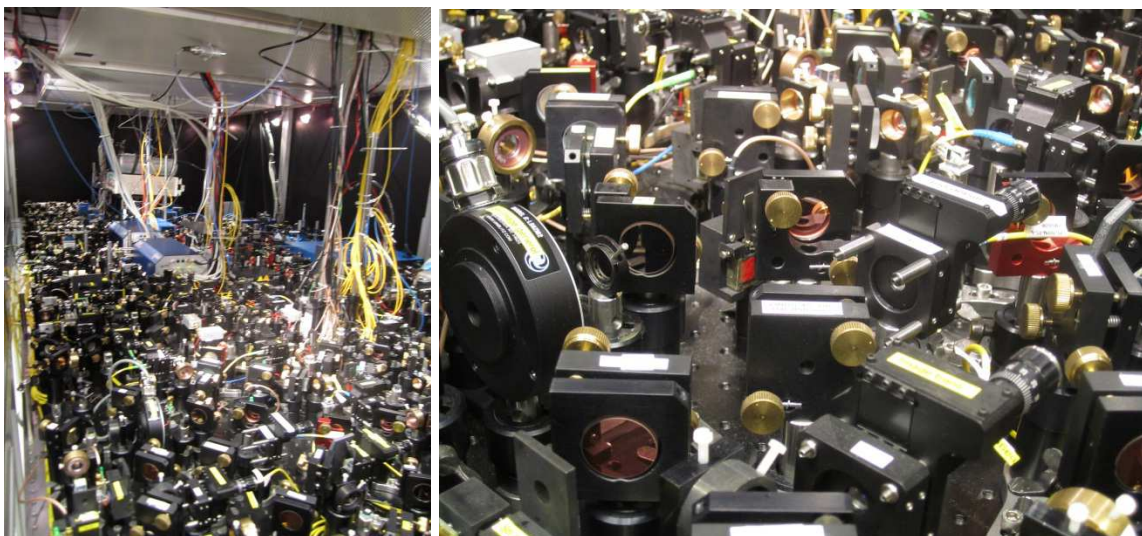


Foto: Blick in das Labor – Spiegel und Kabel soweit das Auge reicht

Nach der beeindruckenden Demonstration durch Herrn Peter Schauß übernahm die Diplomphysikerin Frau Ann-Kathrin Sommer die Führung durch ein weiteres, ebenfalls enges Labor. Frau Sommer erklärte, dass die vielen uns umgebenden Laservorrichtungen durch Rohrsysteme von oben aus anderen Räumen geleitet werden und durch Computerprogramme und Monitore frei justierbar sind.

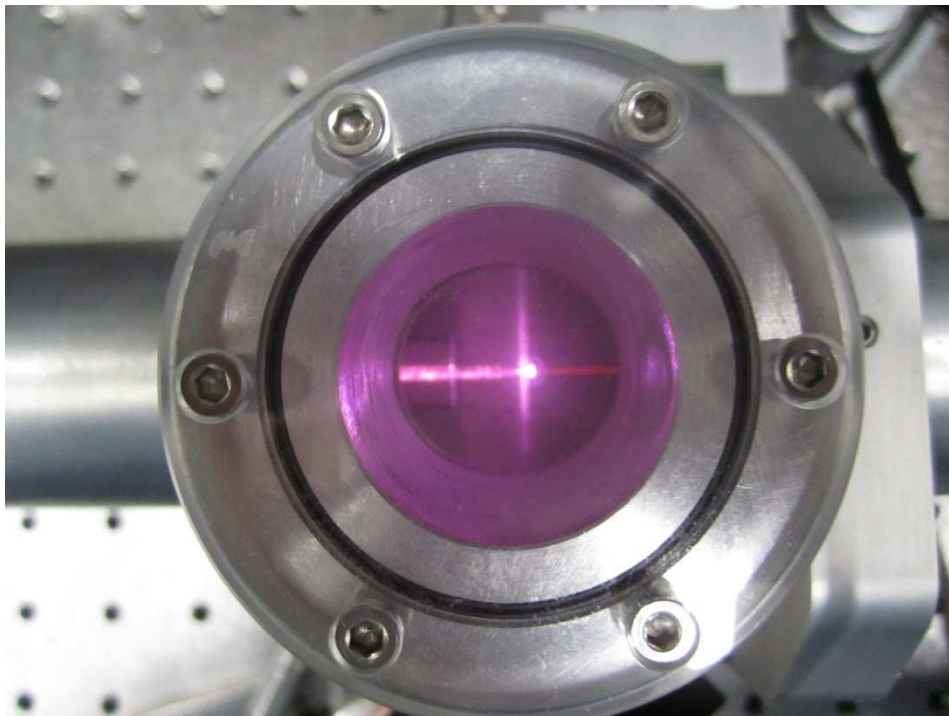
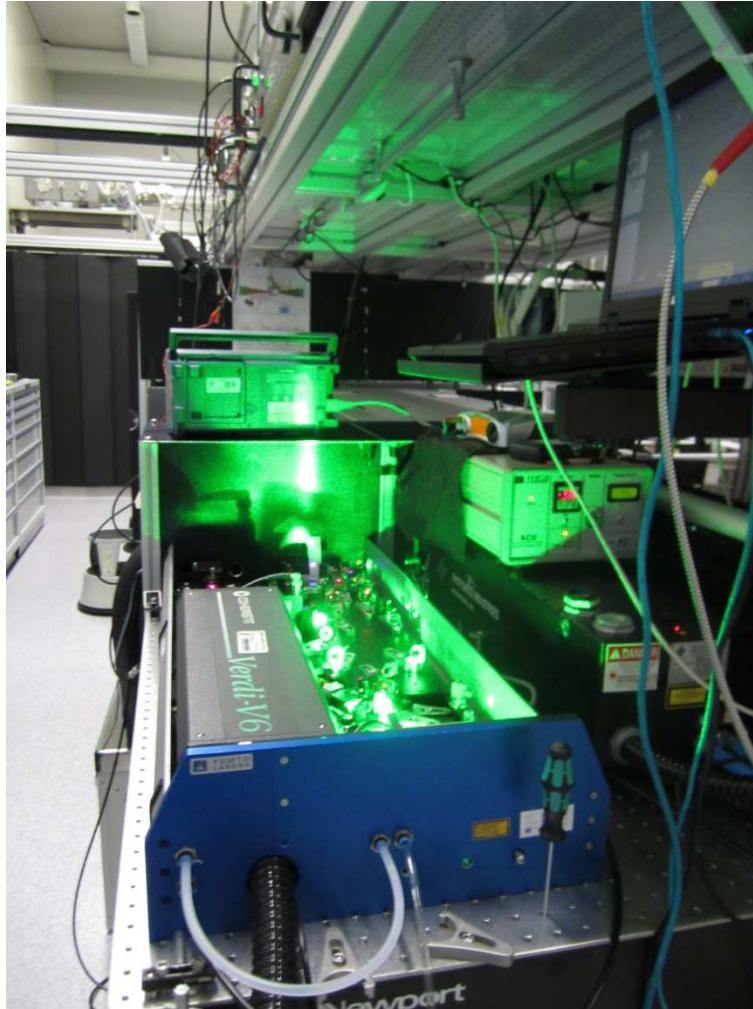


Foto: Frau Ann-Kathrin Sommer erklärt die Funktion der Gerätschaften

Anschließend gingen wir über eine Treppe in den größten uns zugänglichen Laserraum des Instituts, der so empfindlich für Verunreinigungen ist, dass wir dazu aufgefordert wurden, den Raum nur mit Schutzbekleidung zu betreten.



Foto: Ausstattung der Schülergruppe mit Schutzkleidung



Fotos: der fs-Laser und Laserlicht

Nach einem kurzen Aufenthalt in diesem Raum ging es in die Mittagspause.



**Fotos: Die Schülerinnen und Schüler genießen die Mittagspause
und diskutieren über das bisher im PhotonLab erlebte**

Im Anschluss an die Mittagspause wurden die beiden Gruppen getauscht, so dass die eigenständige Versuchsdurchführung ausgewählter Versuche für die eine Gruppe bzw. die Laborführung für den anderen Teil der Klasse den letzten Programmpunkt des Besuchs zum Gegenstand hatte.

Hierfür begab sich die erste Gruppe und Frau Dr. Stähler-Schöpf in einen eigens für Schüler eingerichteten Experimentierraum. Als erstes wies die Physikerin die Jugendlichen auf die geltende Sicherheitsvorschrift hin, der zu Folge alle Versuche nur mit Schutzbrille durchgeführt werden durften.

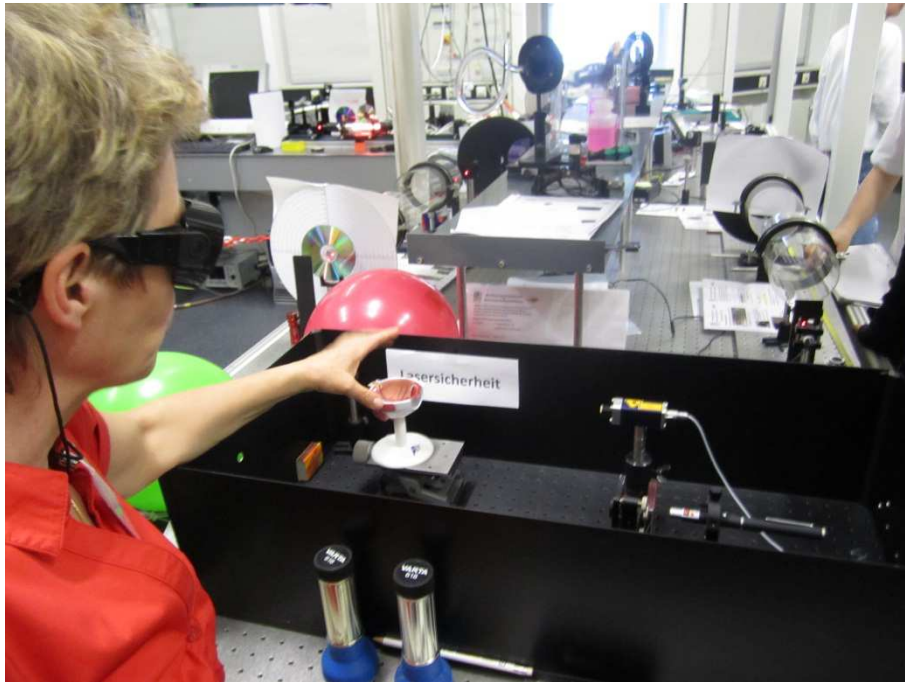


Foto: Belehrung über die geltenden Sicherheitsvorschriften der Lasersicherheit

Frau Schöpf zeigte uns, wie sie grünes Laserlicht auf einen grünen Luftballon lenkte. Der Ballon platzte jedoch wider allen Erwartungen nicht, denn das Licht des Lasers hat nicht nur die gleiche Farbe, sondern auch die gleiche Wellenlänge wie der Luftballon: Das Licht wird reflektiert.

In einem weiteren Versuch lenkte Frau Schöpf sodann grünes Laserlicht auf einen roten Luftballon, wohin dieser wie erwartet zerplatze. Die Ursache dafür ist, dass das Licht des Lasers, also seine gebündelten Strahlen, den Luftballon durchdringen können, da dieser nicht die gleiche Wellenlänge besitzt (Energieportion).

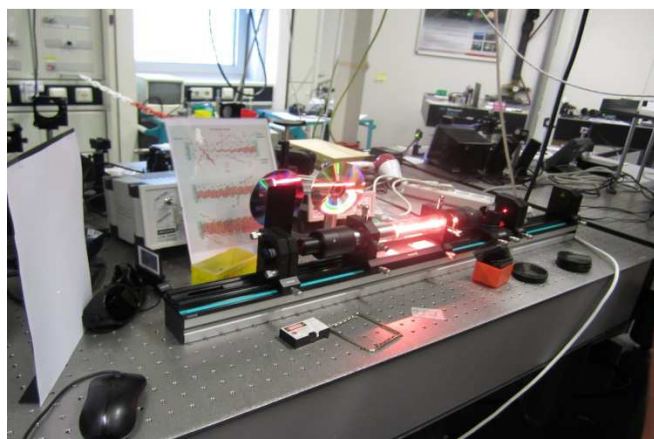


Foto: Laser im Betrieb

Es folgte ein weiteres Experiment. Frau Schöpf schaltete einen sogenannten Pumplaser ein, der mit einer Stromstärke von 22 Ampere betrieben wird (bereits Werte im Bereich von Milli-Ampere sind für den Menschen tödlich). Dieser Laser sendete Energie im Infrarotbereich (nicht sichtbare Lichtwellen) aus, welche auf ein Plasmakügelchen in der Mitte der Versuchsanordnung traf. Dieses wandelte die energiearmen Photonen in energiereiche Photonen um, so dass auf dem Schirm eine Art rote Sonne zu sehen war (Wiederholrate von $f=1000$ Hz).

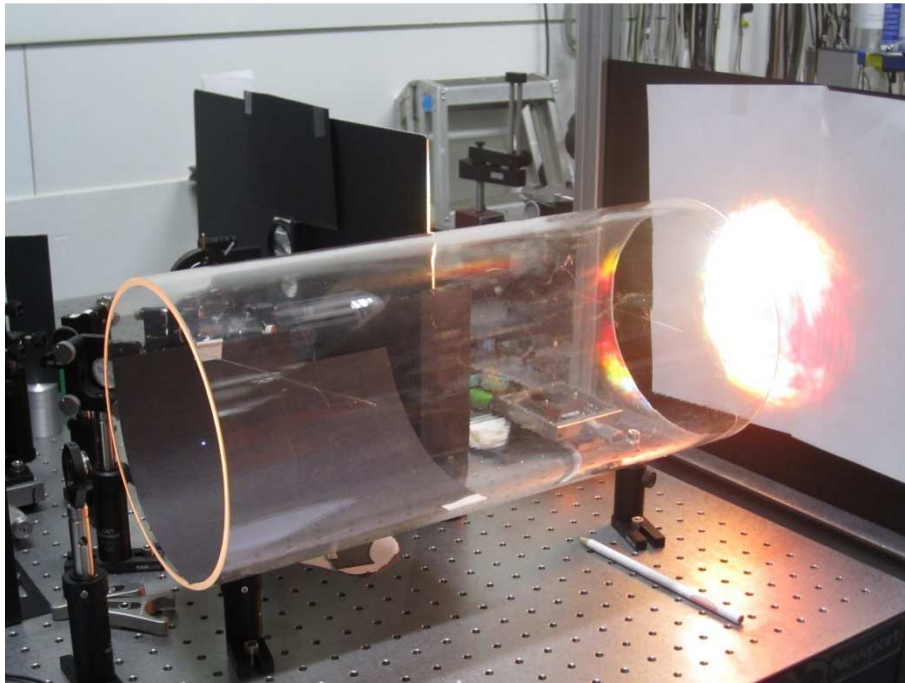


Foto: Versuchsaufbau mit Pumplaser, Plasmakügelchen ist links sichtbar

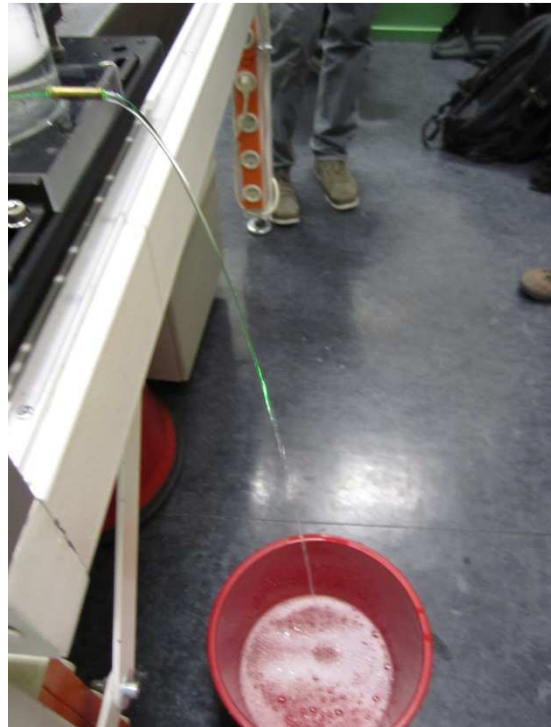
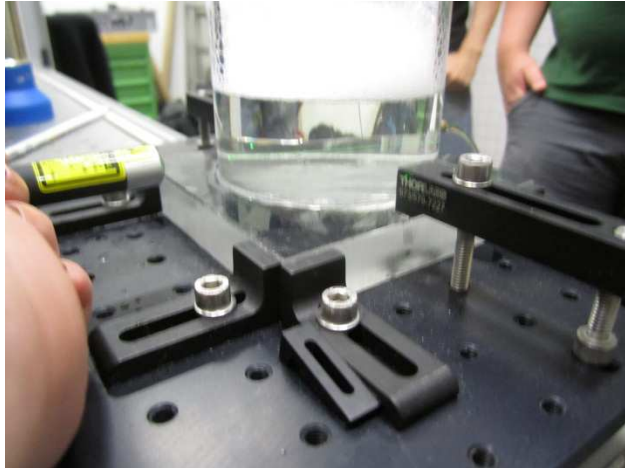
Im Anschluss an das Demonstrationsexperiment durften die Schüler nun (endlich) experimentieren.

In Teams von maximal drei Schülern wurden z. B. die eigene Haardicke oder auch die Speicherkapazität einer CD bestimmt. An einer anderen Versuchsstation ermittelte man mit Hilfe eines Interferometers die Wellenlänge eines Lasers, auch befasste man sich in einem weiteren Versuch mit der Einkopplung von Licht in einen Lichtleiter. Für die künstlerisch Interessierten war das Experiment zur Musikübertragung mit Licht ein besonderes Highlight. Im letzten Versuch fanden die Schülerinnen und Schüler die Zuckerkonzentration in Cola einmal mit einem Polarimeter und zum anderen über die Brechung heraus. Während der Versuchsdurchführung standen den Holbeinern neben der Versuchsanleitung drei Münchner Gymnasiasten zur Seite, die bereits Erfahrungen mit diesen Versuchen hatten.

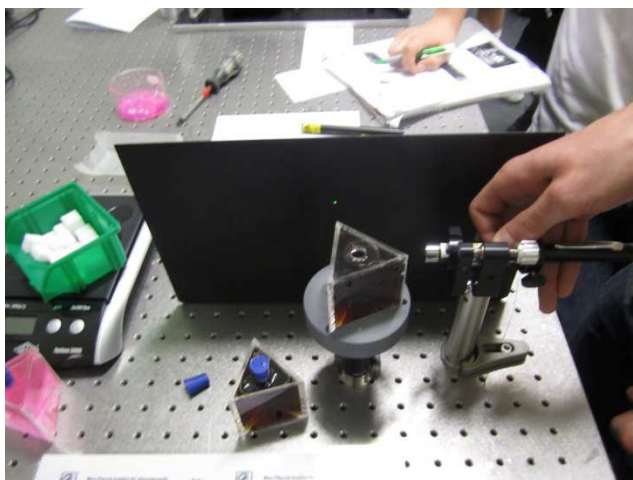


Foto: Versuchsaufbau „Musikübertragung mit Laserlicht“

Fotos: Versuch zum „Tyndall-Effekt“



Fotos: Bestimmung der Zuckerkonzentration von Cola – Ergebnis: 1 Liter Cola enthält 38 Zuckerwürfel!!!





Fotos: Bestimmung der Haardicke mittels Beugung von Laserlicht am eigenen Haar

Ergebnis: Das menschliche Haar besitzt eine Dicke von ca. $80 \mu\text{m}$

Nach erfolgreicher Durchführung der Versuche erhielten die Schüler von Frau Stähler-Schöpf ein Arbeitsblatt, auf dem die Versuchsergebnisse noch einmal schriftlich fixiert und überprüft wurden.

Wir, die Klasse 10b und ihre Physiklehrerin, danken an dieser Stelle Frau Dr. Stähler-Schöpf für die koordinierte Planung unseres Besuchs im PhotonLab und den vielen beteiligten Wissenschaftlern des MPI für Quantenoptik, die geduldig und engagiert unsere Schülergruppe in ihre Welt eintauchen und teilnehmen ließen. Auch bedanken wir uns für die großzügige Übernahme der Kosten für die Bayertickets im Rahmen der Nachwuchsförderung durch das Max-Planck-Institut für Quantenoptik.

Isabel Hörmann, StRin