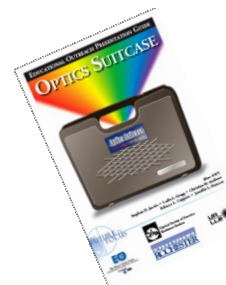


# Optics-Suitcase

Zusammengestellt von der Rochester-Abteilung der Optical Society of America, Inc.  
18. Februar 2011



## Einführung

Das *Optics-Suitcase* dient zur Erforschung von Farben in weißem Licht und enthält wiederverwendbare Materialien und Themenpakete, die in der Klasse ausgegeben werden können. Ziel dieser Ausbildungsoffensive ist es, Kinder schon in der Schule an technisch orientierte Berufe heranzuführen. Eine typische Präsentation dauert etwa 45 Minuten, sofern der Präsentator in der Handhabung des Materials geübt ist.

## Zwei Demonstrationen zur Einführung

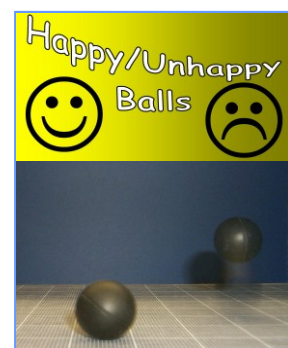
### Heizpad

Wählen Sie eine/n Schüler/in aus und bitten Sie sie/ihn, Ihnen zu helfen. Nehmen Sie das Pad heraus, geben Sie es dem Schüler und bitten Sie sie/ihn, sorgsam mit dem Pad umzugehen und es hochzuhalten, damit es für alle gut sichtbar ist. Lassen Sie sich von dem Kind bestätigen, dass das Pad eine gelartige Flüssigkeit enthält, die in etwa Umgebungstemperatur hat. Halten Sie das Pad hoch, damit es jeder sehen kann, und helfen Sie dem Kind, das Metallplättchen im Pad zu knicken. *[Durch das Knicken wird Flüssigkeit durch winzige Öffnungen im Metall gepresst, und die Flüssigkeit beginnt zu kristallisieren – u. U. müssen Sie das Metallplättchen mehrmals knicken.]* Die Kristallisierung und die Wärme breiten sich in wenigen Sekunden im gesamten Pad aus. Lassen Sie nun das Pad erneut beschreiben – es ist hart und heiß geworden! Dies ist ein Beispiel für eine exotherme Reaktion in einer übersättigten Lösung. Dieses im Handel erhältliche Produkt ist ein Wärmekissen, das für die Therapie und die Behandlung von bestimmten Schmerzen und Beschwerden eingesetzt wird. Eine Ausbildung in Chemie und verwandten Wissenschaften hat irgendeiner Person das notwendige Werkzeug und die Kenntnisse an die Hand gegeben, damit sie dieses Produkt erfinden konnte. Das Pad kann wieder verwendet werden, wenn es einige Minuten lang in kochendes Wasser eingelegt wird, damit sich die Kristalle auflösen. Legen Sie das Pad wieder in das *Suitcase* zurück.



### Happy/Unhappy-Bälle

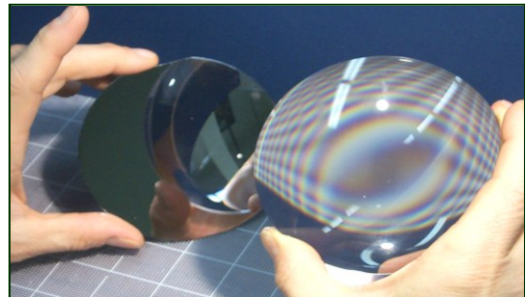
Rufen Sie zwei andere Schüler zu sich. Geben Sie beiden einen Gummiball und lassen Sie sich bestätigen, dass die Bälle sich gleich anfühlen und gleich aussehen. *[Die Antwort lautet "Ja".]* Bitten Sie beide Schüler, den Ball gegen eine harte Fläche (Tisch, Wand oder Boden) zu werfen, wobei der Kontaktbereich zwischen Ball und Fläche für jeden gut sichtbar sein soll. Ein Ball prallt an der Fläche ab, der andere nicht. Dies ist ein Beispiel für Polymer- und Werkstoffwissenschaften. Der "Happy Ball" ist vollständig vulkanisiert; seine Zusammensetzung ist so ausgeklügelt, dass er seine Form auch bei einem Aufprall auf eine harte Fläche nicht verliert. Aufgrund seiner geringeren Reibung würde der Ball eine Schräge schneller hinunterrollen als der "Unhappy Ball". Der "Unhappy Ball" absorbiert die Kraft des Aufpralls und wird deshalb deformiert. Er prallt nicht ab. Welcher Gummi eignet sich besser als Stoßdämpfer für Autos? Welcher Gummi eignet sich besser als Handball oder als Sohle für einen Turnschuh? Legen Sie das Experiment zur Seite.



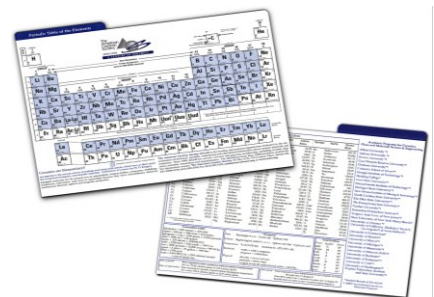
## Optische Technik – Silizium und Siliziumdioxid

Die Sponsoren des *Optics-Suitcase* möchten durch die Verbreitung dieses Lehrmaterials Berufswege in der Optik und Optischen Technik fördern. Als Einführung in diese Bereiche enthält das *Suitcase* auch zwei optische Elemente: eine Siliziumscheibe (dünn, zerbrechlich, sorgsam behandeln!) und ein Siliziumdioxidglas.

Halten Sie die Siliziumscheibe, mit der glänzenden Seite nach vorne, und das große Siliziumdioxidglas nach oben, damit sie jeder sehen kann. Bitten Sie Ihre Schüler, diese “optischen Elemente” zu identifizieren. [Das Glas wird in der Regel ohne größere Probleme erkannt, während die Scheibe auch als “Spiegel” beschrieben werden dürfte]. Stellen Sie die Scheibe als einkristallines Silizium vor, als reines Element, das u. a. Grundlage für die gesamte Computertechnik ist (Chips und Mikroschaltkreise). Zeigen Sie die matte Rückseite der Scheibe, und erläutern Sie, dass diese Seite geschliffen und die andere Seite hochglanzpoliert wurde. Die Techniken, wie aus rauen Siliziumscheiben integrierte Schaltkreise für Computerchips geschliffen werden, werden von optischen Ingenieuren entwickelt. Bei Bedarf können Sie dies weiter ausführen.



Verteilen Sie Kopien des Periodensystems der Elemente (8.-9. Klasse und höher). Beschreiben Sie das Periodensystem der Elemente als visuelle Darstellung aller bis heute bekannten Elemente – jedes Stückchen Materie im Universum besteht aus einem oder mehreren dieser Elemente. Keramikingenieure, Chemiker, Werkstoffwissenschaftler, Geologen und optische Ingenieure arbeiten mit vielen solchen Elementen oder ihren Verbindungen. Erklären Sie, dass sich die Siliziumscheibe und das Siliziumdioxidglas lediglich durch das Element Sauerstoff unterscheiden. Helfen Sie Ihren Schülern, Silizium (Nr. 14) und Sauerstoff (Nr. 8) zu finden. Weisen Sie daraufhin, dass ein *undurchsichtiges* Material durch die Zugabe von Sauerstoff *durchsichtig* wird. Machen Sie Ihren Schülern außerdem klar, dass die Siliziumscheibe für Aliens, die im Infrarotbereich sehen, undurchsichtig wäre – und das Siliziumdioxidglas durchsichtig! Erwähnen Sie auch, dass optische Ingenieure Linsen in Systeme einbauen, die Licht abbilden, wie z. B. das Hubble-Weltraumteleskop, das Chandra-Röntgenteleskop, Digitalkameras und Handys oder Smart-Phones.



### Themen-Experimente zum Mitnehmen nach Hause: *Farben in weißem Licht*

Erklären Sie Ihren Schülern, dass Sie jetzt drei Experimente durchführen werden, die die Farben im weißen Licht zutage treten lassen. Bitten Sie um besondere Aufmerksamkeit, da Sie einige geheimnisvolle Besonderheiten dieser Experimente enthüllen werden, **damit Ihre Schüler die Experimente zuhause** ihren Eltern und Geschwistern vorführen können.

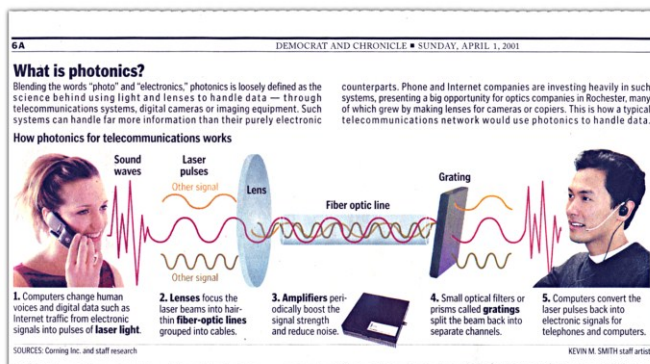
#### **Experiment 1: Regenbogen-Guckloch und Diffraktion**

Verteilen Sie die Pakete zum Thema “Regenbogen-Guckloch” und bitten Sie Ihre Schüler, die Pakete **vorherst nicht zu öffnen**. Wenn jeder ein Paket bekommen hat, nehmen Sie das Blitzlicht und das Guckloch aus Ihrem Paket heraus, halten beides hoch und identifizieren es. Bitten Sie Ihre Schüler, es Ihnen gleich zu tun und lassen Sie sie überlegen, was zu tun ist, indem Sie sie auf das Bild der jungen Frau auf der Rückseite des Pakets hinweisen. Fragen Sie in das Staunen und Raunen der Klasse “Woher kommt die Farbe?” [Die Mehrzahl der Kinder wird Ihnen antworten, das Guckloch sei für die Farbe verantwortlich. Sagen Sie ihnen, dass das weiße Licht des Blitzlichts die Farbe macht.] Bitten Sie Ihre Schüler dann, einige Fragen zu



beantworten. Seht ihr ein Muster? Beschreibt das Muster. Nennt alle Farben. Sind sie an jeder Stelle gleich? Ändert sich das Muster mit dem Abstand des Blitzlichts zum Guckloch? Wie ändert es sich? Ändert sich das Muster, wenn das Guckloch gedreht wird? Seht ihr Farben von den Blitzlichtern der anderen, auch von denen, die nicht direkt neben euch sitzen? Seht ihr Farben von der Raumbeleuchtung?

Halten Sie das Paket hoch und zeigen Sie das Bild auf der Vorderseite. Beschreiben Sie es als stark vergrößerte Darstellung der Oberfläche auf einer Seite des durchsichtigen Plastiks im Guckloch. Das Bild wurde mit einem so genannten Rasterkraftmikroskop aufgenommen. [*Instrumente wie diese werden von optischen Ingenieuren und Physikern erfunden.*] Merken Sie an, dass die Skala in Mikron geteilt ist, dass ein menschliches Haar 30 bis 80 Mikron dick ist und dass das Plastik ein reguläres Muster mit kleinen Dellen aufweist, die nur 2 Mikron hoch sind – zu klein, als dass man sie sehen oder fühlen könnte. Etwa fünfzig Stück dieser dicht an dicht liegenden Dellen würden in ein einziges menschliches Haar passen. Weisen Sie daraufhin, dass diese Dellen das in das Guckloch einfallende weiße Licht in die verschiedenen Farben brechen. Dieser Vorgang heißt **Diffraction**. Betonen Sie die Ähnlichkeit zwischen den regelmäßig angeordneten Dellen und dem Muster, das durch das Guckloch zu sehen ist. Beenden Sie das Experiment, indem Sie die Schüler aufklären, dass Lichtwellenleiter und Laser und Gucklöcher, so genannte **Beugungsgitter**, in der Telekommunikationstechnik und für das Internet eingesetzt werden, und Licht in unterschiedlichen Farben von einem Ort an viele Orte verteilen. Ohne diese Technik wäre es nicht möglich, rund um den Globus gleichzeitig Daten zu übertragen. Leute, die auf diesem Gebiet arbeiten, arbeiten in der **Photonik**. Bitten Sie Ihre Schüler, die Blitzlichter und Gucklöcher wieder in die Pakete zurückzulegen. Weisen Sie noch einmal daraufhin, dass sie die Pakete behalten dürfen, damit sie z. B. zuhause vorführen können, wie weißes Licht in verschiedene Farben gebrochen wird. *Achtung! Das Guckloch darf auf keinen Fall verwendet werden, um die Sonne zu betrachten!*

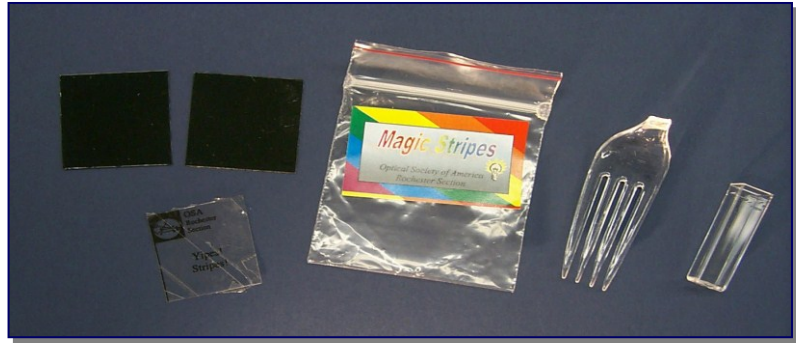


## Experiment 2: Magische Streifen und Polarisierung

Nehmen Sie die **Spirale** aus dem *Suitcase* und holen Sie sich einen Freiwilligen nach vorne. Geben Sie dem Schüler ein Ende der Spirale in die Hand und bitten Sie ihn/sie, dieses Ende ungefähr auf Brusthöhe zu halten. Entfernen Sie sich ungefähr 4 Fuß von dem Schüler und schwingen Sie Ihr Ende in einer **kreisförmigen** Bewegung auf und ab. Sie sollten eine stehende Welle mit einigen wenigen Knoten und einer nicht genau definierten Schwingungsebene erzeugen. Erklären Sie, dass Licht nicht nur aus Farben, sondern auch aus Wellen besteht. Die Spirale stellt eine Lichtwelle dar. Diese zufällige Bewegung zeigt nicht polarisiertes Licht – Licht ohne bevorzugte Schwingungsrichtung. [*Der Einfachheit halber soll zirkular-polarisiertes Licht ignoriert werden.*] Beenden Sie die kreisförmige Bewegung und schwingen Sie nur noch auf und ab. Erklären Sie, dass Licht **polarisiert** ist, wenn es nur in eine Richtung schwingt – senkrecht oder (ändern Sie die Schwingungsrichtung) horizontal (*diese Bewegung kann nur für kurze Zeit aufrecht erhalten werden, während Sie sprechen; gehen Sie deshalb wieder zur vertikalen Schwingung über.*) Definieren Sie **linear-polarisiertes Licht** als Licht, dessen Schwingungsebene in einer Ebene liegt. Legen Sie die Spirale zur Seite.



Verteilen Sie die **Pakete zum Thema "Magische Streifen"** und bitten Sie Ihre Schüler, die Pakete **vorherst nicht zu öffnen**. Wenn jeder ein Paket erhalten hat, lassen Sie Ihre Schüler das Paket auspacken und die 5 Teile auf den Tisch legen. Lassen Sie kontrollieren, ob jeder zwei dunkle Plastikstücke, ein durchsichtiges Plastikstück mit Beschriftung, eine abgebrochene Gabel und ein Plastikfläschchen erhalten hat.



Nehmen Sie die beiden **großen Stücke der linearen Polarisationsfolie** aus dem *Suitcase* und halten Sie sie, jede in einer Hand, hoch. Legen Sie sie etwa 30 cm vor Ihrem Gesicht so übereinander, dass die Transmissionsachsen parallel zueinander liegen. Sie sollten Ihre Schüler sehen können, und Ihre Schüler sollten Sie sehen können. Bitten Sie Ihre Schüler, ihre beiden dunklen Plastikstücke ebenfalls in Form eines Sandwichs übereinander zu legen. Sagen Sie Ihren Schülern, dass diese Plastikfolien zwei **Polarisatoren** sind und zeigen Sie ihnen,



was geschieht, wenn die beiden gegeneinander verdreht werden. Bitten Sie Ihre Schüler, es Ihnen gleich zu tun. Erklären Sie in das Staunen und Raunen, dass jeder Polarisator einen geheimen Code besitzt, eine kleine Linie. Legen Sie die beiden Plastikpolarisatoren parallel übereinander, damit Sie durch sie hindurchsehen können. Legen Sie die beiden Plastikpolarisatoren rechtwinklig übereinander, damit kein Licht durchgelassen wird. Wenn ein Plastikpolarisator in die Raumbeleuchtung gehalten wird, wird das **nicht polarisierte weiße Licht** linear polarisiert. Das auf diese Weise linear polarisierte Licht schwingt in einer Ebene (z. B. vertikal) und wird vom zweiten Plastikpolarisator entweder absorbiert oder durchgelassen. Polarisierte Sonnenbrillen sind aus dieser Art von Plastik hergestellt.

Wenn Sie einen Overhead-Projektor zur Verfügung haben und den Raum abdunkeln können, legen Sie die großen Polarisatoren auf den Overhead-Projektor, um zu zeigen, wie sie das weiße Licht des Projektors polarisieren, durchlassen oder nicht durchlassen können. Trennen Sie die beiden rechtwinklig aufgelegten Polarisatoren an allen vier Ecken mit **Plastikbechern**, um ein **Polariskop** zu bauen. Legen Sie das **Plastikbesteck** aus dem *Suitcase* in das Polariskop, treten Sie einen Schritt zurück und genießen Sie die Überraschung. Fragen Sie, woher die Farben kommen. [Eventuell können einige Schüler die Frage richtig beantworten.] Erläutern Sie, dass die Qualität des linear polarisierten Lichts, das durch das Polariskop fällt, durch innere Spannungen im durchsichtigen Material gemindert wird und dass deshalb die verschiedenen Farben erzeugt werden. Geologen können mit einem Polariskop bestimmte Kristalle und Mineralienstrukturen erkennen. Bauingenieure können Brückenmodelle auf innere Spannungen untersuchen, und ihre Brückenbautechnik verbessern. Photoniker nutzen Polariskope, um die Güte von Lasergläsern und Laserkristallen zu untersuchen.



Lassen Sie die Raumbeleuchtung wieder einschalten. Zeigen Sie den Schülern mit den Teilen aus Ihrem Paket, wie sie in einer Hand ein Polariskop zusammenbauen. Bitten Sie sie, die farbigen Streifen in der durchsichtigen Plastikfolie in ihrem Paket zu suchen. [Die Schüler müssen die durchsichtige Plastikfolie zwischen die Polarisatoren schieben, während sie gleichzeitig durch die rechtwinklig übereinander gelegten Polarisatoren im Overhead-Licht blicken.] Bitten Sie Ihre Schüler, die inneren Spannungen im Plastikfläschchen und in der Gabel zu begutachten. Lassen Sie die Schüler die Gabelzinken drücken und biegen, um zu sehen, wie zusätzliche Spannungen erzeugt und sichtbar gemacht

werden. Danach lassen Sie alle Teile wieder einpacken. Schlagen Sie Ihren Schülern vor, jetzt, da sie den geheimen Polarisatorcode kennen und wissen, wie man ein Polariskop baut, den Trick mit den magischen Streifen zuhause vorzuführen.

### Experiment 3: Magisches Patch und selektive Reflektion

Versichern Sie sich, dass jeder zu Ihnen schaut. Nehmen Sie die **große Folie mit mikrokapselten Flüssigkristallen** heraus und halten Sie sie mit der glänzenden Seite nach außen vor Ihr Gesicht. [*Wenn Sie eine Brille tragen, setzen Sie sie vorher ab.*] Warten Sie, bis das Staunen und Raunen verklingt und fragen Sie... "Woher kommen die Farben?" [*Wenn einige Schüler mutmaßen, es sei die Wärme Ihres Gesichts, sagen Sie nein.*] Erläutern Sie, dass die Farbe von dem weißen Raumlicht stammt, das vom schwarzen "Papier" reflektiert wird. Verteilen Sie die **Pakete zum Thema "Magisches Patch"** und erklären Sie, dass das eingeschlossene schwarze Plastikrechteck ein **Flüssigkristallmaterial** enthält, das in winzigen Bläschen auf der glänzenden Seite eingekapselt ist. Bei entsprechender Raumtemperatur (**29-33 °C für dieses kleine Rechteck**) können die Flüssigkristalltröpfchen die **Farben** des weißen Lichts selektiv reflektieren. Ist das Plastikrechteck kalt, wird nichts reflektiert und die Fläche erscheint schwarz. Sobald die Flüssigkristalle warm werden, beginnen sie, rotes Licht zu reflektieren. Später, mit zunehmender Temperatur, reflektieren sie dunkelblaues Licht. Dies nennt man **selektive Reflektion**. "Stimmungsringe" verwenden die selektive Reflektion von Flüssigkristallen, und ändern ihre Farbe je nach Temperatur des Fingers. Bitten Sie Ihre Schüler, das Magische Patch mit der glänzenden Seite nach außen auf die Handgelenkinnenfläche zu legen, um den Vampirtest durchzuführen. [*Vampire sind lebendige Tote, die keine Wärme abgeben.*] Fragen Sie, ob jemand eine Vene sieht. [Eine Vene würde als blaue Linie sichtbar werden.] Dieser Effekt ist umkehrbar. Die Schüler können das Patch auch auf einen Eiswürfel legen oder unter eine Tasse mit heißem Kakao, um den Effekt der selektiven Reflektion zu erforschen. Ermahnen Sie Ihre Schüler, dass die Folie nicht geknickt und nicht mit einem spitzen Gegenstand wie z. B. einem Stift beschrieben werden darf.



### Danksagungen

Das **Optics-Suitcase** wurde mit großer Sorgfalt und hohem Aufwand entwickelt. Seit 1999 wurden mehr als 330 **Optics-Suitcases** an Institutionen, Schulen und Firmen in den USA und in anderen Ländern verteilt. Das **Optics-Suitcase** wird kostenlos zur Verfügung gestellt, wenn Sie sich bei der Optical Society of America Foundation (OSAF) [<http://www.osa.org/forms/opticssuitcase.aspx>] bewerben. Das Programm wird von vielen verschiedenen Quellen gefördert. Wir danken der OSA Foundation, Mr. James L. Ferguson, SPIE, der Rochester-Abteilung des OSA und dem Laboratory for Laser Energetics (LLE) der University of Rochester für ihre maßgebliche Unterstützung. Weitere Unterstützung erhält das Programm von der American Physical Society und dem Electro-Optics Center der Penn State University.

*Stephen D. Jacobs*

Stephen D. Jacobs  
Senior Scientist, LLE  
Prof. of Optics and ChE  
University of Rochester

*Theresa M. Pfuntner*

Theresa M. Pfuntner  
Kordinator Öffentlichkeitsarbeit  
Copyright © 2011

