

Optische Phänomene im Technikmuseum

- Entwicklung eines Konzeptes für einen außerschulischen Lernort -

Ina Militschenko

Adolf-Reichwein-Straße 2, 57068 Siegen
militschenko@physik.uni-siegen.de

Kurzfassung

In der regionalen Bildungslandschaft nehmen Museen als außerschulische Lernorte einen besonderen Platz ein. Viele Ansätze bezüglich der Arbeit mit Kindern und Jugendlichen lassen sich auf Museen übertragen, doch für jeden Einzelfall muss ein spezifisch angepasstes didaktisches Konzept erarbeitet werden. Verschiedene zielgruppengerechte Führungen, die zum Konzept eines jeden Museums gehören, reichen allein nicht aus, um das Interesse für solche außerschulischen Lernorte aufrechtzuerhalten. Hinzukommen müssen mindestens Workshops für Lernende, denn solche Veranstaltungen berücksichtigen das Bedürfnis der Kinder und Jugendlichen nach Eigenaktivität. Darüber hinaus sind wechselnde Ausstellungen neben den dauerhaft angebotenen Exponaten enorm wichtig. Im Vortrag wird hierzu ein Beispiel aus dem Technikmuseum Freudenberg (Siegerland) vorgestellt, indem eine Ausstellung zu optischen Phänomenen geplant, durchgeführt und durch Workshops zum Bau eines einfachen Fernrohrs begleitet wurde. Ein Teil der Exponate und Versuchsanordnungen wurde von der Physikdidaktik der Universität Siegen angefertigt. Die Herausforderung bei der Gestaltung von Exponaten besteht in der Anpassung der Versuchsanordnungen an räumliche Gegebenheiten und in der Berücksichtigung einer größtmöglichen Eigenaktivität bei gleichzeitiger Beachtung von Sicherheits- und Kostenfaktoren.

1. Einleitung

In den letzten Jahren wurde Schülerlaboren als außerschulischen Lernorten für Naturwissenschaften viel Aufmerksamkeit geschenkt. Eine viel längere Tradition für außerschulisches Lernen haben jedoch die Museen, die in den letzten Jahren ein wenig in den Hintergrund geraten sind. Dabei zeigen Wirksamkeitsanalysen von Museen, dass diese bei günstigen Bedingungen über ein hohes Potenzial verfügen, Lernende in ihren Lernprozessen zu unterstützen [1].

2. Wirksamkeit der Museen als außerschulische Lernorte für naturwissenschaftliches Lernen

Die Wirksamkeit eines Museumsbesuches hängt von vielen Faktoren ab, unter anderem auch vom Grad der Vor- und Nachbereitung, wie eine Reihe von Untersuchungen zeigt [2], [3], [4]. Ein weiterer nicht unwesentlicher Faktor ist der Zeitpunkt des Museumsbesuches innerhalb der Unterrichtsreihe, wie Orion und Hofstein [5] herausgefunden haben. Dabei erwiesen sich Museumsbesuche am Anfang der Unterrichtssequenz wirksamer als am Ende einer solchen Reihe.

Es existieren unterschiedliche Modelle, die die Wirksamkeit von Museen beschreiben und erfassen. Eines davon ist das Modell von Falk und Dierking [6], das auf verschiedenen Ebenen unterschiedliche Faktoren identifiziert, die für Lernerfahrungen bedeutsam sein können wie z.B. auf der Persönlich-

keitsebene des Besuchers oder auf der physischen Ebene der Ausstellung. Auf der letztgenannten Ebene ist z.B. der Faktor „Gestaltung der Museumsausstellung“ enorm wichtig.

Die Studie von Waltner und Wiesner [7], [8] zeigt, dass Optikunterricht mit einem integrierten Museumsbesuch lernförderlicher ist als ohne einen solchen Besuch und zwar unter der Bedingung, dass die Museums- bzw. die Lernumgebung stark strukturiert ist. Darüber hinaus kommen die Autoren der Studie zu dem Schluss, dass Schülerexperimente zur Verbesserung der Lernumgebung des Museums beitragen können [7].

Nicht nur große Museen, wie das deutsche Museum in München, das in der Studie von Waltner und Wiesner als Untersuchungsort fungierte, sondern auch kleinere Museen wie Heimatmuseen spielen für das außerschulische Lernen auf der regionalen Ebene eine große Rolle. Solche kleinen Museen weisen gegenüber den großen eine Reihe von Vorteilen auf, unter anderem die viel privatere Atmosphäre und der enge persönliche Kontakt zu den Museumsbetreibern.

3. Kooperation zwischen Museen und Hochschulen

3.1 Gründe für enge Kooperationen

Naturwissenschaftliche Museen sowie Technikmuseen stellen für entsprechende Fachdidaktiken an

Hochschulen interessante Kooperationspartner dar und zwar sowohl im Rahmen von Konzeptentwicklungsarbeiten als auch bei fachdidaktischen und pädagogischen Untersuchungsvorhaben.

Eine enge Kooperation zwischen Hochschulen und kleineren Museen ist aus einem weiteren Grund besonders wichtig: In solchen kleinen Museen sind aufgrund ihrer Größe oft keine Stellen für pädagogisch-didaktisch ausgebildete Mitarbeiter eingerichtet, sodass die Entwicklung von didaktischen Konzepten für Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Altersgruppen ohne fachdidaktische oder pädagogische Expertise geleistet werden muss.

3.2 Kooperation zwischen der Physikdidaktik der Universität Siegen und dem Technikmuseum Freudenberg (Siegerland)

Seit über einem Jahr existiert an der Universität Siegen eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe für Sachunterricht (IAG-SU) mit dem Arbeitstitel „Den Sachunterricht vernetzen - Perspektiven öffnen“ [9]. Die Fachdidaktiken der Universität Siegen haben sich im Rahmen dieses Projektes zusammengeschlossen, um verschiedenen Zielen wie z.B. dem Aufbau eines regionalen Netzwerkes aus Fachdidaktiken, Schulen und außerschulischen Lernorten nachzugehen. Der Schwerpunkt der Teilprojekte liegt im Bereich der Grundschule, doch Projekte auf der Ebene der Übergangphase sowie der Sekundarstufe I sind nicht ausgeschlossen.

Die Didaktik der Physik engagiert sich im Rahmen des genannten Teilziels für eine enge Kooperation zwischen dem Institut für Physikdidaktik, dem Schülerlabor für Physik und dem Technikmuseum Freudenberg. Die bisherigen Kooperations Schwerpunkte bei der Zusammenarbeit mit dem Technikmuseum bestehen im Austausch von didaktischen Konzepten für außerschulische Lernorte, in der Unterstützung des Museums bei der Entwicklung eigener Konzepte für Kinder und Jugendliche unterschiedlicher Altersstufen sowie in der Konzeption von didaktischen Materialien, die im Rahmen von Bachelorvorhaben ausgearbeitet und gesammelt werden.

4. Das Technikmuseum Freudenberg

Das Technikmuseum Freudenberg zeigt nicht nur vielfältige technische Exponate aus früheren Zeiten, vielmehr steht das Museum für die geschichtliche Entwicklung der Region, in der Bergbau, Metallverarbeitung und Maschinenbau eine lange Tradition haben, die sich bis in die Gegenwart hinein fortsetzt.

Das Museum wurde im Jahr 2002 von Mitgliedern eines regionalen Technikvereins gegründet und wird seit diesem Zeitpunkt von ihnen ehrenamtlich betrieben. Das Herzstück des Museums bildet die an ihrem Originalstandort stehende, vollkommen funktionstüchtige, über 100 Jahre alte Dampfmaschine. Die Vorführung ihrer Funktionsweise stellt ein ech-

tes Erlebnis für große und kleine Museumsbesucher dar.

Das Hauptgebäude des Museums bildet eine Fachwerkhalle mit einer historischen Maschinenwerkstatt, vielen Oldtimernutzfahrzeugen und – Motorrädern, einigen landwirtschaftlichen Geräten, einer alten Schmiede, einigen historischen Webstühlen sowie einer Sammlung von Oldtimermodellen und Modelldampfmaschinen. Im Jahr 2015 wurde das Museum um eine zusätzliche Ausstellungsfläche und insbesondere um eine Werkstatt für Grundschulen erweitert. [10]

5. Konzeptentwicklung

5.1 Der Rahmen des Konzeptes

Die dauerhaft ausgestellten Exponate des Technikmuseums sind sehr sehenswert, doch sie allein können die Schulklassen der umgebenden Schulen nicht dazu bewegen, das Technikmuseum wiederholt (z.B. mindestens einmal im Jahr) zu besuchen. Aus diesem Grund behilft sich das Museum Freudenberg seit einigen Jahren mit Sonderausstellungen. So wurde z.B. im Jahr 2015 die Leonardo da Vinci-Sonderausstellung erfolgreich durchgeführt.

Doch für kleinere Museen ist es sowohl finanziell als auch organisatorisch nicht einfach, passende Sonderausstellungen zu veranstalten. Hinzukommt auch, dass nicht jede beliebige Ausstellung zum Konzept des Museums passt, diese sollte selbstverständlich eine Verbindung zur Technik bzw. zur Physik aufweisen. Neben den genannten Herausforderungen liegt genau darin die hauptsächliche Schwierigkeit des Konzeptrahmens.

5.2 Der Beitrag der Physikdidaktik zum Gesamtkonzept

Im Jahr 2016 konnten Teile der Wanderausstellung „Tour der Sinne“ für das Technikmuseum organisiert werden, deren Schwerpunkt bei optischen Täuschungen lag. Eine Verbindung zum Technikmuseum musste also zunächst durch einen didaktisch aufbereiteten Rahmen geschaffen werden. Diese Aufgabe übernahm das Institut für Physikdidaktik der Universität Siegen.

Um eine Verbindung zwischen optischen Täuschungen und der Technik bzw. der Physik zu schaffen, wurden von Mitarbeitern der Physikdidaktik ergänzende Exponate zu optischen Naturphänomenen sowie optischen Instrumenten geplant und konstruiert, z.B. mehrere Stationen zum Aufbau und zur Funktionsweise eines Fernrohrs (Abb. 1.).



Abb. 1: Eines der Exponate zur Erläuterung des Aufbaus eines astronomischen Fernrohrs.

Das vorgestellte Konzept wurde darüber hinaus durch Workshops zum Bau eines eigenen Galileischen Fernrohrs ergänzt, die in der Werkstatt des Technikmuseums durchgeführt wurden. Auf diese Weise konnte das Bedürfnis der Schülerinnen und Schüler nach Eigenaktivität berücksichtigt sowie die Funktionsweise eines Fernrohrs vertieft und handlungsaktiv erkundet werden. Der Workshop sowie die Sonderausstellung zusammen bildeten somit das Programm für einen kompletten Vormittag im Museum für eine Grundschul- bzw. eine Sekundarstufenklasse. Auf diese Weise konnten auch die Schülerinnen und Schüler, denen das Technikmuseum bereits bekannt war, das Museum von seiner neuen thematischen Seite kennenlernen.

5.3 Anforderungen an die entwickelten Exponate

Das Konstruieren und Aufbauen von Museumsexponaten ist eine vollkommen neuartige Aufgabe für die Mitarbeiter der Physikdidaktik in Siegen. Die bisherigen experimentbezogenen Tätigkeiten lagen im Bereich der Planung und Durchführung von Versuchsaufbauten für Lehramts- sowie für Schülerlaborveranstaltungen.

Im Vergleich zu Vorführversuchen, Schülerexperimenten bzw. Versuchen zum Zwecke der Lehrerausbildung werden an Museumsexponate bzw. Museumsexperimente zusätzliche Anforderungen gestellt. Neben den für die aufgezählten Experimente wichtigen Sicherheitsaspekten spielen hier Faktoren wie robuster Aufbau zum Zwecke der wiederholten Nutzung eine wichtige Rolle. Darüber hinaus erfordern Ausstellungsexponate aufgrund einer anderen Betreuungssituation als z.B. im Rahmen einer Schülerlaborveranstaltung andere Sicherheitsmaßnahmen und damit einen viel umfangreicheren konstruktions-technischen Aufwand. Diese bautechnischen Maßnahmen dürfen das Kernphänomen des Experiments jedoch nicht verfälschen. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass Beobachtungs- und Durchführungshinweise im Rahmen einer Museumsausstellung nur kurz ausfallen dürfen und zwar bei gleichzeitiger möglichst hoher Besucheraktivität.

6. Vorstellung der Beispielexponate

Neben Exponaten, die von vornherein nur einen kleinen baulichen Aufwand aufweisen, wie die Ausstellungsstücke zur Entstehung der Mondphasen, der Regenbogenfarben sowie zur additiven Farbmischung, wurde eine Reihe von Exponaten mit einem hohen Konstruktionsaufwand entwickelt. Diese werden im Folgenden exemplarisch für die konzipierte Teilausstellung beschrieben.

6.1 Beispielexponat „Fluoreszenz in Olivenöl“

In der Abb. 2 ist ein weniger bekanntes, jedoch sehr interessantes optisches Phänomen dargestellt, nämlich das der Fluoreszenz in Flüssigkeiten. Diese Erscheinung kann durch Anregung von Elektronen in Flüssigkeitsatomen durch Licht sowie durch anschließende Emission des in der Regel energieärmeren Lichtes erklärt werden. Im konkreten Fall heißt es, schickt man einen grünen Laserstrahl durch Olivenöl, wird das Licht des Lasers von Atomen des Olivenöls absorbiert und regt diese an. Die Fluoreszenz äußert sich darin, dass ein rötliches (energieärmeres) Licht im Inneren des Olivenöls wieder emittiert wird.

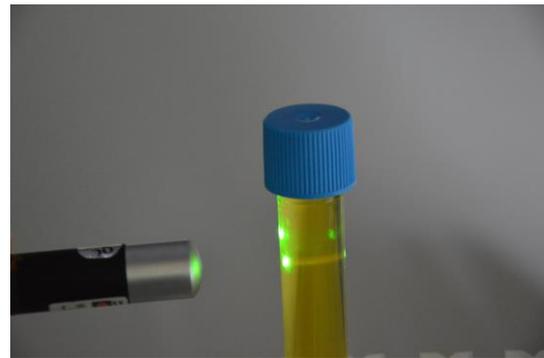


Abb. 2: Fluoreszenz in Olivenöl als Vorführversuch.

Das Experiment lässt sich noch spannender gestalten, wenn man unterschiedliche Flüssigkeiten der „Prüfung“ mit dem grünen Laserlicht unterzieht (z.B. Olivenöl, Sonnenblumenöl und gelb gefärbtes Wasser). Nur eine der genannten Flüssigkeiten lässt sich auf diese Weise zur Fluoreszenz anregen, daher müssen die Besucher das Experiment sehr genau beobachten. Eine sehr ähnliche äußere Erscheinung der drei Flüssigkeiten trägt dazu bei, dass das Exponat für Besucher zu einem Rätsel wird, bei dem es darum geht, das Olivenöl zu identifizieren.

In der Form wie in der Abb. 2 dargestellt, kann der beschriebene Versuch im Museum jedoch nicht als Exponat ausgestellt werden. Es müssen Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, die das Gelangen des Laserstrahls in die Augen der Besucher sowie das Auslaufen des Öls verhindern. Hierfür wurde der Versuch in einem Acrylglasaquarium aufgebaut, der zusätzlich mit einer schwarzen, lichtundurchlässigen Folie beklebt sowie anschließend von oben ver-

geschlossen wurde. Da ein Dauerbetrieb des Lasers nicht sinnvoll ist, wurde der Laser so präpariert, dass er per Druckschalter von außen durch die Besucher betätigt werden konnte (Abb. 3).

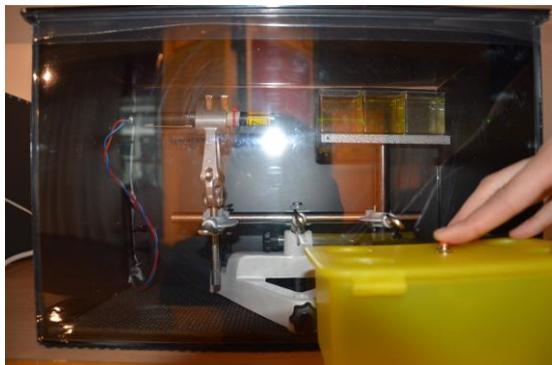


Abb. 3: Fluoreszenz in Olivenöl als Museumsexponat.

6.2 Beispielxponat „Funktionsweise von Lichtwellenleitern“

Eine Anwendung, die in der Ausstellung eines Technikmuseums zum Thema Optik nicht fehlen darf, sind die Lichtwellenleiter oder auch Glasfaserkabel genannt. Diese werden zur Datenübertragung mit hoher Geschwindigkeit verwendet. Die Funktionsweise der Lichtwellenleiter basiert auf der Totalreflexion, die im Schulunterricht oder im Rahmen einer Schülerlaborveranstaltung durch ein einfaches Demonstrationsexperiment veranschaulicht werden kann, indem man mit einem Laser durch einen durchsichtigen gebogenen Kunststoffstab leuchtet. Im Museum kann dieser Versuch aus Sicherheitsgründen nicht in seiner ursprünglichen Form gezeigt werden. Genauso wie im Beispielxponat 1 mussten Maßnahmen getroffen werden, bevor der genannte Versuch zum Ausstellungsexponat wird (siehe Abb. 4).



Abb. 4: Exponat zur Funktionsweise der Lichtwellenleiter.

6.3 Beispielxponat „Veranschaulichung von Abendrot und Himmelsblau“

Das allseits bekannte Experiment zur Veranschaulichung des Abendrots und des Himmelsblaus, der mit Lichtstreuung in der Erdatmosphäre (Rayleigh-Streuung) erklärt werden kann, gilt im Rahmen des Schulunterrichts in Bezug auf das verwendete Material fast als ein Freihandversuch. Für die Ausstellung

musste dieser jedoch in vielfältiger Weise präpariert werden, dabei durfte das Grundphänomen aber nicht verfälscht werden. Ein wichtiger Parameter für die Änderung des Versuchsaufbaus neben dem Sicherheitsaspekt ist der modellhafte Charakter des fertiggestellten Exponates, wodurch sich die Erklärung des Versuchszwecks erübrigen sollte.

Auf folgende Weise wurde der Versuchsaufbau geändert: Das Acrylglasgefäß wurde mit Ausnahme eines schmalen Sichtfensters mit einer schwarzen Folie beklebt, um eine entsprechende Abdunkelung des Umgebungsraums zu erreichen. Von oben wurde dieses mit einer robusten, ebenfalls schwarz gefärbten Holzplatte abgedeckt, um den Kontakt mit dem Wasser-Milch-Gemisch zu verhindern.

Anschließend wurde auf die vordere Seite des Acrylglasgefäßes eine Abbildung der Erde sowie der Erdatmosphäre (mit Aussparungen an entsprechenden Stellen) angebracht. Durch Betätigen eines Druckschalters konnte die Leuchtquelle durch die Besucher ein- und ausgeschaltet werden (Abb. 5).



Abb. 5: Exponat zur Veranschaulichung von Abendrot und Himmelsblau.

6.4 Beispielxponat „Winkelvergrößerung eines Fernrohrs“

Zu den bereits erwähnten Exponaten, die den Aufbau eines astronomischen Fernrohrs zeigen und erklären, wurde zusätzlich eine etwas aufwändigere Station vorbereitet, die die Winkelvergrößerung eines Fernrohrs demonstriert: Hierzu wurde auf einer optischen Schiene eine Linsenkombination aus zwei Linsen im Abstand der Summe ihrer Brennweiten aufgebaut. Durch einen Laserstrahl, der die beiden Linsen durchquert, wird die Winkelvergrößerung verdeutlicht. Ein mindestens 1,5-meter langer schwarzgefärbter Kasten (z.B. aus dünnen Holzplatten) verhindert das Gelangen des Laserstrahls in die Augen der Besucher und sorgt für die entsprechende Abdunkelung. Um den Verlauf des Laserstrahls sichtbar zu machen, wird mit einer Nebelmaschine für eine kleine Menge Nebels gesorgt, der in der Kiste mit einem kleinen Ventilator gleichmäßig verteilt wird. Der Laser sowie die Nebelmaschine

können mit entsprechenden Schaltern durch den Besucher von außen betätigt werden (Abb. 6).

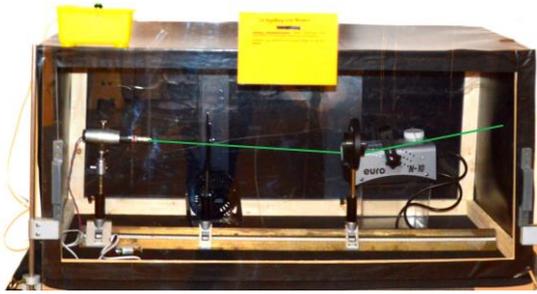


Abb. 6: Exponat zur Veranschaulichung der Winkelvergrößerung eines Fernrohrs.

7. Zusammenfassung

Das Technikmuseum Freudenberg hat sich aus physikdidaktischer und pädagogischer Sicht als interessanter Kooperationspartner erwiesen. Wie auch zu erwarten war, haben beide Seiten von der Zusammenarbeit profitiert und sich auf mögliche zukünftige Kooperationsvorhaben geeinigt.

Im Rahmen der beschriebenen Kooperation entstand für das Technikmuseum ein erfolgreiches didaktisches Konzept der Sonderausstellung in Verbindung mit Workshops, das an etwa 300 Schülerinnen und Schülern erprobt und durch persönliche Gespräche mit Lehrpersonen zum Teil evaluiert werden konnte. Die Mitarbeiter der Physikdidaktik der Universität Siegen haben im Rahmen dieser Zusammenarbeit die ersten Einblicke in die Gestaltung einer Museumsausstellung erhalten und Expertise in der Entwicklung und Aufbau von Museumsexponaten erworben.

Auf der Ebene des unter 3.2 beschriebenen Projektes wurde ein wichtiger Schritt in Richtung des Aufbaus eines regionalen Netzwerkes aus Fachdidaktiken, Schulen und außerschulischen Lernorte getan. Die konstruierten Exponate finden nach Beendigung der Sonderausstellung im Schülerlabor der Physikdidaktik ihre Anwendung.

8. Literatur

[1] Lewalter, D., Geyer, C. (2005): Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. Zeitschrift für Pädagogik, 51(6), 774-785.
 [2] Anderson, D., Lucas, K. B. (1997). Effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior visitation. Research in Science Education, 27, 485 - 495
 [3] Bitgood, S. (1993). Putting the horse before the cart: a conceptual analysis of educational exhibits. In: Bicknell, S., Farmelo, G. (Eds.). Museum visitor studies in the 90s. London: Science Museum, 133-139.
 [4] Gilbert, J., Priest, M. (1997). Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. Science Education 81, 749-762.

[5] Orion, N., Hofstein, A. (1994). Facts that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. Journal of Research in Science Teaching, 31, 1097-1119.
 [6] Falk, J. H., Dierking, L. D. (2000). Learning from Museums. Altamira Press
 [7] Waltner, C.; Wiesner, H.: Optikunterricht mit und ohne Museumsbesuch. Ergebnisse einer Vergleichsstudie. In Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, S. 286-288, 2008.
 [8] Waltner, C.; Wiesner, H.: Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs im Rahmen von Physikunterricht. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 15, 2009.
 [9] <http://www.bildung.uni-siegen.de/sachunterricht/iag-su/?lang=de>
 [10] <http://www.technikmuseum-freudenberg.org/main.php>
 [11] Langensiepen, F. et al.: Optik. Handbuch des Physikunterrichtes. Band 4/II, 1995.