

Science Center - Naturwissenschaft als Erlebnis

H.J. Schlichting

„Explain all that,“ (...).
“No, no! The adventures first“

Lewis Carroll: Alice in Wonderland

Science Center sind Ausstellungsorte, die mithilfe naturwissenschaftlich geprägter vorwiegend interaktiver Exponate Spaß und Freude bereiten und dadurch Zugänge zu Gegenständen und Zusammenhängen der Naturwissenschaften fördern wollen. Dabei soll das sinnliche Wahrnehmen und Erleben durch Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Tasten und körperliche Interaktionen einen besonderen Stellenwert erhalten. Science Center sind beliebt wie ihre weltweit wachsende Zahl zeigt. Aus lerntheoretischen Gründen kann man davon ausgehen, dass durch den Besuch von Science Centern positive Impulse auf das schulische Lernen der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik ausgehen¹. Über diese generelle Einschätzung hinaus scheint es jedoch schwierig zu sein, detaillierte Aussagen bezüglich einer unmittelbaren Wirkung des Besuchs von Science Centern auf den konkreten Lernerfolg etwa in Physik zu machen. Dabei dürfte zum einen die Erfassung der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes und zum anderen die Tatsache Schwierigkeiten bereiten, dass man es vor allem mit Langzeitwirkungen und Einstellungsänderung der Adressaten zu tun hat ([2] bis [5]).

Im vorliegenden Beitrag wird der Versuch unternommen, anhand konkreter Beispiele einige wesentliche Merkmale interaktiver Exponate von Science Centern zu analysieren und hinsichtlich möglicher Wirkungen auf die Besucher darzustellen. Damit soll auf die didaktischen Möglichkeiten von Phänomenen hingewiesen und die Bedeutung von Science Centern als außerschulische Lernorte hervorgehoben werden.

1 Science Center, Science Museen

Science Center sind keine Science Museums, also keine naturwissenschaftlichen Museen wie etwa das Deutsche Museum². Dieser kleine begriffliche Unterschied ist von entscheidender Bedeutung, wenn man sich den typischen Merkmalen eines Science Centers als außerschulischem Lernort nähern möchte. Dennoch sind Science Center und die Science-Center-Bewegung aus naturwissenschaftlichen Museen hervorgegangen (siehe z.B.: [6], [7]) In machen Fällen unterhalten naturwissenschaftliche Museen ein eigenes Science Center, wobei in den uns bekannten Fällen (z.B. Science Museum London, Verkehrsmuseum Berlin mit dem Science Center Spektrum) die Chance weitgehend unausgenutzt bleibt, beide Einrichtungen über die bloße räumliche Nähe hinaus in konstruktive Beziehung zu setzen. Ein Grund dafür dürfte vielleicht in der Tatsache zu sehen sein, dass trotz des gemeinsamen Anliegens, Menschen mit den Ideen und Errungenschaften der Naturwissenschaften in Verbindung

zu bringen, bei der Umsetzung völlig verschiedene Konzepte verfolgt werden.

Die Museen sind in erster Linie Sammlungen seltener, oft sogar einmaliger und daher historisch wertvoller Exponate, die es der Nachwelt unbeschadet zu erhalten gilt³. Daher dürfen die Exponate auch nur aus der Distanz betrachtet werden und Glaskästen schützen sie vor der Berührung der Besucher. Demgegenüber sollen sich die Besucher in Science Centern aktiv mit den Exponaten auseinandersetzen. Das ist fast immer mit Anfassen und nicht selten mit kraftvollem Hantieren verbunden (Abb. 1), so dass die Gegenstände je nach der Sensibilität der Besucher ganz unterschiedlichen Einwirkungen ausgesetzt sind. Trotz robuster Bauweise unterliegen sie der Abnutzung und Beschädigung, so dass sie von Zeit zu Zeit repariert oder ersetzt werden müssen. Die Gegenstände in Science Centern sind daher keine Unikate hinsichtlich ihres materiellen Substrats, sondern allenfalls hinsichtlich der durch sie bzw. in ihnen verkörperten Idee.



Abb. 1: Körperlicher Einsatz im *Phaeno* (Wolfsburg)

¹ Es gibt allerdings auch einzelne Gegenstimmen: „When education and entertainment are brought together, education will be the loser“ [1] Shortland, M.: No business like show business, Nature 28 (1987), 21-214.[1]

² Obwohl gerade das Deutsche Museum als Vorläufer der Science Center angesehen werden kann.

³ Für Konservatoren sind Besucher daher eher lästig.

eine ganz neue Qualität ins Spiel. Man erlebt sich selbst gewissermaßen im Plural, was neben der spiegelnden Vervielfältigung einen Blick auf die eigene und die anderen Personen aus unterschiedlichen Blickwinkeln ermöglicht, wobei jede Bewegung eine instantane und simultane kollektive Mitbewegung der Betrachter nach sich zieht. Als besonders eindrucksvoll wird die Tatsache empfunden, dass die eigenen Bewegungen wie auf ein Kommando auf einen Teil der Spiegelbilder übertragen wird, die wegen der Vielzahl und oft ungewöhnlichen Perspektive so schnell gar nicht als eigene Spiegelbilder erkannt werden.

Durch Vergrößerung von Gegenständen die Phänomene näher an unseren Körper heranzuholen, wird bei zahlreichen Phänomenen ausgenutzt. Genannt sei hier noch der „Fliegende Teppich“ (im *Phaeno* (Wolfsburg)), bei dem sich Personen auf einem Luftkissen zum Schweben bringen können. Erst durch die Vergrößerung des von der Luftkissenbahn oder von einem entsprechenden Freihandversuch bekannten Effekts auf ein Maß, dass den eigenen Körper ins Spiel zu bringen erlaubt, kann aus einem allenfalls als interessant empfundenen Vorgang ein Erlebnis werden. Martin Wagenschein hat bereits sehr früh auf die didaktische Bedeutung der bloßen Vergrößerung hingewiesen [10].

Nicht nur durch Vergrößerung, sondern auch durch Verkleinerung, können direkte erlebnishafte Zugänge zu Objekten und Phänomenen ermöglicht werden, die „dimensional“ zu weit von der sinnlichen und körperlichen „Wahrnehmung“ entfernt sind. Im *Technorama* in Winterthur gibt es beispielsweise eine karussellartige begehbare Vorrichtung, in der geophysikalische Vorgänge, denen der Corioliseffekt und andere vom Bezugssystem abhängige Wirkungen zugrunde liegen, körperlich erfahrbar werden und damit einen bleibendem Eindruck hinterlassen können. Die ansonsten allenfalls auf dem Jahrmarkt zu machenden Erlebnisse können in Kooperation mit anderen Teilnehmern planvoll variiert und in einen physikalischen Kontext eingebunden werden.

Durch dimensionale Variationen können besonders große, kleine, schnelle, langsame usw. Vorgänge auf ein den menschlichen Sinnen unmittelbar zugängliches Maß bezogen werden. Die meisten Anschauungsmodelle entstehen auf diese Weise. Erwähnt sei bei-

spielsweise die in mehreren Science Centern in entsprechenden Phänobjekten realisierte Möglichkeit, die Entstehung und Wanderung von Dünen in einer Modellsandwüste mit Hilfe einer Windmaschine darzustellen. Auch die extrem einfache Veranschaulichung von Mäandern, bei der man kleine Wasserströme auf einer schräg gestellten Scheibe ablaufen lässt, gehört hierher. Im Vergleich zu einer natürlicherweise senkrecht im Regen stehenden Fensterscheibe wird hier das Fließen so verlangsamt, dass die Dynamik der Mäanderbildung direkt beobachtet werden kann. Betrachtet man diesen Vorgang jedoch als Modell für die Entstehung von Flussmäandern in der Natur, so hätte man es mit einer Beschleunigung eines sehr langsam ablaufenden geologischen Vorgangs zu tun. Anders als bei den oben angesprochenen auf körperliches Erleben ausgerichteten Anpassungen von Abläufen in der natürlichen und wissenschaftlich-technischen Welt sind die eigenen Gestaltungsmöglichkeiten und die Erlebnisintensität bei solchen Anschauungsmodellen begrenzt.

Zu solchen Anschauungsmodellen gehören auch die in einigen Science Centern anzutreffenden begehbaren Modelle des menschlichen Körpers. Obwohl damit nur die Topologie des Körperinneren aus einer sehr ungewöhnlichen Perspektive zugänglich gemacht wird, kann die Begehung durchaus als Erlebnis erfahren werden. Inwieweit die dadurch gewonnenen Eindrücke das Verhältnis zum eigenen Körper beeinflussen und ob das Verständnis der körperlichen Funktionen dadurch gefördert wird, ist jedoch fraglich.

4 Erhellende Täuschungen

Bisher haben wir Phänobjekte hervorgehoben, die eine Steigerung der sinnlichen Wahrnehmung und erlebnishafte Beziehungen zum eigenen Körper ermöglichen. Eine solche „Intensivierung“ von Wahrnehmungen und Erfahrungen bedeutet aber nicht unbedingt, dass diese dadurch sicherer, vertrauenswürdiger oder wahrer werden. Davon zeugen zahlreiche Phänobjekte, die zu frappierenden Sinnestäuschungen Anlass geben. Trotz einer gewissen Irritation durch am eigenen Körper erlebte Täuschungen, erfreuen sich entsprechende Phänobjekte großer Beliebtheit. Die Diskrepanz zwischen objektiver Gegebenheit und subjektiver Empfindung

wird in der Regel als lustvoll empfunden. Sinnestäuschungen sind wie Witze ins Sinnliche gesteigert mit der eigenen Person zugleich als Subjekt und Objekt der Beobachtung.

Über das affektive Moment hinaus stellt die Erfahrung von Sinnestäuschungen eine Perspektive dar, durch die das sogenannte Normale gewissermaßen von Außen betrachtet werden kann und zu Einsichten führt, die anders kaum zu erlangen wären. Nicht umsonst spielen Sinnestäuschungen in der Wahrnehmungspsychologie eine wichtige Rolle.

An dieser Stelle soll nur ein besonders eindrucksvolles Beispiel einer Täuschung angesprochen werden, die aktiv in die Motorik und das Befinden der Besucher einwirkt. Im Berliner *Spektrum* wird man eingeladen, auf einer Bank in einem kleinen „Hexenhaus“ Platz zu nehmen. Dann beginnt sich das Haus mit allen Einrichtungsgegenständen um die auf den feststehenden Bänken sitzenden Besucher herum zu drehen. Was man jetzt erlebt, erscheint auch im Nachhinein unfassbar. Die Besucher versuchen sich durch allerlei körperliche Verrückungen vor dem vermeintlich drohenden Sturz von der Bank zu bewahren. Und das alles, obwohl sie wissen, dass ihre Bank rein physikalisch gesehen völlig in Ruhe bleibt. Die einzige Möglichkeit, den Hexenbann zu brechen, besteht darin, einfach beherzt die Augen zu schließen.

5 Vom rätselhaften Kunstwerk zur technischen Anwendung

Sinnestäuschungen sind allgegenwärtig. Die (gegenständliche) Malerei ist eine einzige Täuschung. Sie macht dem Betrachter vor, dass er auf der Leinwand etwas Dreidimensionales sieht. Die dabei wirksam werdende perspektivische Wahrnehmung wird in mehreren Phänobjekten ausgenutzt und führt zu faszinierenden Erlebnissen. Genannt sei hier nur der Ames-Raum (z.B. im Musée de la Découverte, Paris), bei dem aufgrund der ausgeklügelten perspektivischen Konstruktion eine von vorn nach hinten gehende Person von außen betrachtet mit jedem Schritt zu wachsen scheint.

Auch zum ersten Mal in der Malerei (Pointelismus) ausgenutzt wurde eine optische Täuschung aufgrund derer beliebige Farbeindrücke durch Aneinanderfügen von Farbtupfern in den Grundfarben hervorgerufen werden.



Abb. 3: Schwarz-weiße Scheiben erscheinen in Bewegung bunt.



Abb. 4: Schwarz-weiße Scheiben erscheinen in Bewegung bunt.

Die Farbmischung wird hier gewissermaßen von der Palette in das Auge der aus einiger Entfernung betrachtenden Person verlagert. Auf ähnliche Weise werden Farben beim Fernsehbild erzeugt.

Farbtäuschungen sind ein beliebter Gegenstand von Phänobjekten. Hier soll auf eine besonders eindrucksvolle Version aufmerksam gemacht werden, die inzwischen in mehreren Science Centern genossen werden kann⁴. Der Beobachter erlebt, dass im weißen Licht schwarz-weiß erscheinende Scheiben in lebhaften bunten Farben aufleuchten, wenn sie per Knopfdruck in Rotation versetzt werden (Abb. 4). Wie kann das sein? Wer angesichts dieser Beobachtung gleichsam die eigene Verständnislosigkeit kommentierend die Hand mit gespreizten Fingern vor dem Gesicht hin und herbewegt, sieht sich dann unversehens selbst in das Rätsel hineingezogen: Die bewegten Finger breiten einen Fächer wechselnder intensiver Farben aus (Abb. 3). Dadurch sensibilisiert bemerkt man schließlich, dass selbst das Blinzeln

geisterhaft erscheinende Farbwechsel hervorrufen kann.

Das Phänomen beeindruckt wohl auch deshalb, weil gewohnheitsgemäß davon ausgegangen wird, man habe es hier mit ganz normalem weißem Licht zu tun. Erst die Aufgabe dieser stillschweigenden Voraussetzung kann zu der Idee führen, dass das weiße Licht durch eine schnelle Abfolge, geeigneter farbiger Lichtimpulse hervorgerufen wird. Die Bewegung von Gegenständen in dem so gemischten Licht kann diesen Vorgang partiell wieder rückgängig machen, indem dadurch die Expositionsdauer einzelner Farben so verlängert wird, dass es wieder zu einer Entmischung kommt. Letztlich beruht der Effekt auf der Trägheit unserer Augen, die schnell aufeinander folgende Farben nur noch als eine Mischfarbe wahrnehmen können [11].

Auf den ersten Blick erscheint diese optische Täuschung als reine Spielerei. Erst Jahre später, als mir bei einer langweiligen Powerpointpräsentation die Augen zuzufallen drohten und dies von merkwürdigen Farberscheinungen begleitet wurde, war schlagartig klar, wie in dem verwendeten DLP-Beamer das weiße Licht entstanden. Es war dann nur noch eine Kleinigkeit, eine moderne Variante eines entsprechen-

den Phänobjekts mit Hilfe eines Beamers herzustellen [11].

Dieses Beispiel zeigt, dass Phänobjekte, die zunächst nur als Kunstwerk oder Spielerei gedacht waren, möglicherweise bereits die Idee einer technischen Anwendung in sich tragen. Die Beamer-Variante könnte daher eine zusätzliche Bereicherung dieses Phänobjekts darstellen.

6 „Natürliche“ Visualisierungen abstrakter Vorgänge

Bilder will der Mensch, nicht Gedanken.

Michel de Montaigne

Ein wesentlicher Aspekt des Bemühens, außerhalb oder am Rande des direkten Erlebens liegende Phänomene in den Bereich der sinnlichen Wahrnehmung zu bringen, ist die Visualisierung unanschaulicher Gegenstände und Abläufe. Dabei spielen Computersimulationen und Animationen eine wichtige Rolle. Man denke nur an das Beispiel des Apfelmännchens, durch das sehr abstrakte mathematische Zusammenhänge der Anschauung zugänglich gemacht werden können und das daher geradezu zum Emblem der nichtlinearen Physik geworden ist. Vorbehalte gegen eine Verknüpfung von abstrakten, mathematisch darstellbaren Zusammenhängen mit schönen Bildern sind naturgemäß mit einer gewissen Willkür verbunden. Inwieweit eine solche Verknüpfung dennoch gerechtfertigt ist, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden.

Wir beschränken uns darauf, am Beispiel des Satzes von Pythagoras eine Klasse mathematischer Zusammenhänge anzusprechen, die aufgrund ihrer geometrischen Bedeutung mit angemessenen Visualisierungen verknüpft werden können. Der Satz „ $c^2 = a^2 + b^2$ “ ist in der Tat weit mehr als eine Formel, mit der sich Schülerinnen und Schüler abmühen müssen. Ähnlich wie etwa das Fallgesetz hat er unmittelbar mit der Beschaffenheit der Welt zu tun, was durch Ausmessen realer Flächen unmittelbar überprüft werden kann. Eine zusätzliche Anschauungsdimension wird durch ein beispielsweise im *Phaeno* in Wolfsburg anzutreffendes Phänobjekt eröffnet, bei dem durch Umgießen einer Flüssigkeit unmittelbar erfahren werden kann (Abb. 5), dass der Rauminhalt eines Quaders mit Querschnitt des Hypothenusenquadrats eines rechtwinkligen Dreiecks gleich der Summe des Volumens der Quader mit

⁴ Ich habe dieses beeindruckende Kunstwerk von Piero Fogliati vor vielen Jahren zum ersten Mal in einer Ausstellung zu Lichtspielereien im *Technorama* in Winterthur erlebt und das Rätsel erst durch die Konstruktion eines funktionsfähigen eigenen Exponats lösen können.

den Querschnitten der Kathetenquadrate ist. Das Fließen einer Flüssigkeit macht diesen Sachverhalt nicht nur unmittelbar anschaulich, sondern kann zu einem veritablen Aha-Erlebnis führen. Der Betrachter erkennt: Es kann gar nicht anders sein

Wir haben Kinder erlebt, wie sie mal schnell mal langsam, mal in der einen und mal in der anderen Richtung die Flüssigkeit umfüllten. Was dabei in ihren Köpfen vorging, ist schwer zu sagen, aber die Beharrlichkeit und der nach innen gerichtete Blick verrieten, dass sie dieses Spiel nicht gleichgültig ließ.

Dieses Beispiel zeigt, dass es selbst zu sehr abstrakten Dingen, wie geometrisch-mathematischen Zusammenhängen handlungsorientierte und interaktive Zugänge gibt, an die in der Schule meist nicht gedacht wird. Sie können dazu angetan sein, eine Beziehung zwischen mathematischen und physikalischen Vorgängen auf einer anderen als einer rein formalen Ebene zu erleben und dadurch vielleicht eine innere Bereitschaft begünstigen, die tiefe Verbundenheit zwischen Mathematik und Physik zu erfahren.

An dieser Stelle sei auf ein weiteres Exponat des *Phaeno* hingewiesen, das auf den ersten Blick schon wegen fehlender interaktiver Einwirkungsmöglichkeiten seitens des Besuchers nicht besonders attraktiv erscheint: ein Getriebe aus zwei Dutzend Zahnrädern (Abb. 6). Auf den zweiten Blick kommt man von diesem sehr altertümlich wirkenden hybriden Objekt zwischen Ruhe und Bewegung nicht so schnell wieder los. Obwohl ein Elektromotor das Getriebe in Bewegung hält, ist aufgrund einer fortgesetzten Untersetzung nach einigen Zahnrädern von Bewegung kaum noch etwas zu sehen. Das letzte Zahnrad ist sogar in einen Betonblock eingegossen, um zu demonstrieren, dass hier völlige Immobilität



Abb. 5: Veranschaulichung eines mathematischen Satzes durch Umgießen einer Flüssigkeit (Phaeno (Wolfsburg))

herrscht. Spätestens an dieser Stelle beginnt das Phänobjekt zu wirken, zeigt es doch, dass abstrakte Grenzbegriffe wie etwa das unendlich Langsame eine sehr konkrete Bedeutung erlangen und auf endlichem Raum frappierend überschaubar veranschaulicht werden können. Der Betrachter gewinnt die paradox erscheinende Einsicht: Ich kann es mir zwar nicht vorstellen, aber ich erlebe es hier in diesem Moment.

7 Brückenbogen als konstruktive Katastrophe

Manche Aufgaben in einem Science Center sind nur durch Kooperation mehrerer Personen zu bewältigen. Eine Gruppe von Jugendlichen bemüht sich, eine Art Torbogen aus einzelnen Elementen zusammenzusetzen. Sie fühlt sich nach einigen Misserfolgen dazu veranlasst, in einer konzertierten Aktion das Herabstürzen der Bausteine so zu organisieren, dass diese sich dabei in konstruktiver Weise behindern, sich dabei zu einem festen Bogen verkeilen und nicht anders können als stehen zu bleiben. Die Festigkeit und Haltbarkeit rührt daher, dass „alle

Steine auf einmal einstürzen wollen“. So hat Heinrich von Kleist es einmal ausdrucksstark und vor allem den physikalischen Hintergrund sehr anschaulich erfassend beschrieben [12]. Auch wenn diese Einsicht den handelnden Jugendlichen möglicherweise nicht bewusst ist, wird sie durch ihr koordiniertes Handeln auf unmittelbar „körperliche“ Weise vermittelt.

In manchen Fällen besteht der Bogen nicht aus leichten Bauelementen wie in Abb. 7, sondern aus schweren, stabilen Holzteilen. Damit lassen sich zwar (aus Sicherheitsgründen) keine luftigen Torbögen konstruieren, wohl aber begehbare Brücken. Die zunächst vorsichtig tastend über die selbstgebaute Brücke gehenden Personen erfahren, dass durch die Belastung die Brücke nur noch stabiler wird und sie bekommen dabei einen unmittelbaren Eindruck von der in selbsttragenden Bögen und Brücken verkörperten, in der Physik mit dem Begriff der Selbsthemmung belegten konstruktiven Katastrophe. Die Verinnerlichung dieses Prinzips ist nicht nur für das Verständnis alter Bauwerke von Bedeutung, sondern auch für zahlreiche überraschende Phänomene im Bereich der nichtlinearen Physik **Fehler! Verweis-**



Abb. 6: Eine Bewegung wird mit Hilfe von Zahnrädern unendlich langsam gemacht (Phaeno (Wolfsburg)).



Abb. 7: Ein Brückenbogen als Gemeinschaftsprojekt (Phaeno (Wolfsburg)).



Abb. 8: Visuelle Erkundungen des eigenen Körpers (Phänomente (Flensburg)).

8 Missing Links - vom Science Center zur Wirklichkeit

Bei allen Unterschieden haben die Phänobjekte eines Science Centers eines gemeinsam mit den Sammlungsgegenständen der Lehrmittelindustrie, ihre Künstlichkeit. Sie sind auf die vielfältigen Belange der Science Center zugeschnitten und daher für einen anderen Zweck kaum zu gebrauchen. Die Wirkung von Phänobjekten könnte u.E. in manchen Fällen wesentlich gesteigert werden, wenn mehr als bislang Beziehungen zu anderen Erfahrungsfeldern und Wissensbereichen insbesondere zur Lebenswelt der Besucher hergestellt würden. Damit könnten die Erlebnisse, Erfahrungen, Anregungen über den Bereich des Science Centers hinaus getragen und Verknüpfungen geschaffen werden, die Wiederbegegnungen ermöglichen. Umgekehrt könnten Phänobjekte dazu beitragen, das Alltägliche und Vertraute aus nicht alltäglicher, unvertrauter Perspektive zugänglich zu machen und ein Stück weit

den Alltag selbst als ein naturwissenschaftlich geprägtes Erfahrungsfeld zu sehen und zu erleben [14].

Als Beispiel hatten wir bereits die kinetischen Farbenspiele genannt, deren physikalisches Prinzip in einem DLP-Beamer technisch ausgenutzt wird. Aber es muss nicht immer eine nützliche Anwendung sein. Dazu ein Beispiel: Zerrspiegel ziehen die Besucher immer wieder in ihren Bann. Kinder treten durch allerlei Grimassen und Verrenken in einen stummen Dialog mit ihrem eigenen Konterfei (Abb. 8). Ähnliche Erlebnisse könnten sie haben, wenn sie vor glänzenden Autokarosserien in Pose gingen. Im Science Center genügte es, ein Auto oder zumindest einen Teil einer Karosserie neben dem richtigen Zerrspiegel aufzustellen, um die Parallele unmittelbar vor Augen zu führen. Vielleicht könnte auf diese Weise erreicht werden, dass der Spiegel nicht als ein spezielles Objekt betrachtet wird, sondern als Eigenschaft zahlreicher Oberflächen von Alltagsobjekten.

9 Schlussbemerkungen

Ob die Schülerinnen und Schüler in einem Science Center in dem Sinne etwas lernen, dass sie anschließend bessere Leistungen in Physik erbringen, ist schwer zu sagen. Nach Erkenntnissen der Lerntheorie kann man aber davon ausgehen, dass sie durch ansprechende Phänobjekte neugierig und vielleicht sogar begeistert werden können [15]. Dies ist aber eine wesentliche Voraussetzung dafür, sich mit ihnen und dem was fachlich dahinter steht, freiwillig auseinander zu setzen. Auf jeden Fall kann ein erlebnisreicher Besuch in einem Science Center dazu beitragen, die „unbeliebte Physik“ in einem ganz neuen Licht zu erleben und damit möglicherweise eine positivere Einstellung zu erlangen. Darauf könnte man aufbauen.

Literatur

- [1] Shortland, M.: No business like show business, *Nature* 28 (1987), 21-214.
- [2] Rennie, L. J. and McClafferty, T. P.: Science Centres and Science Learning, *Studies in Science Education*, 27, (1997) 5-98
- [3] Dymond, F., Goodrum, D. and Kerr, I.: Evaluation of Scitech exhibits, Perth, Western Australia, (1990)
- [4] Semper, R. J.: Science museums as environments for learning, *Physics today*, (November, 1990), 2-8.
- [5] Schließmann, F.: (2005): Informelles Lernen an interaktiven Chemie-Stationen im Science Center, Aachen: (2005)
- [6] Gramelsberger, G.: Science Center - Informelle Bildungsorte, Januar 2006 <http://www.scro.de>
- [7] Hein, H.: Naturwissenschaft, Kunst und Wahrnehmung – der neue Museumstyp aus San Francisco. Stuttgart 199
- [8] Kükelhaus, H.; zur Lippe, R.: Entfaltung der Sinne. Ein Erfahrungsfeld zur Bewegung und Besinnung, Fischer Verlag Frankfurt, 1982
- [9] Brief Goethes an Zelter vom 22.6.1808. In: Hecker, M: Briefwechsel zwischen Goethe und Zelter. Frankfurt 1987, Bd I, S. 222:
- [10] Wagenschein, M.: Das große Spürreisen. In: ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken I. Stuttgart 1970, S. 175ff
- [11] Schlichting, H. J.; Suhr, W.: Kinetische Farben. *Physik in unserer Zeit* 8/4 (2007), 198 - 200
- [12] Kleist, H. v.: Brief an Wilhelmine von Zenge 16./18.11.1800
- [13] Nordmeier, V.; Schlichting, H.J.: Physik beim Frühstück. An Müsli, Kaffee und Eieruhren das Verhalten von Granulaten untersuchen. *Unterricht Physik* 19 (2008), S. 12-16
- [14] Schlichting: Sehen lernen. Vom alltäglichen Anblick zum physikalischen Durchblick. *Physik Journal* 7/8,9 (2008) 69 – 74
- [15] Edelmann, W: Lernpsychologie, Beltz, Weinheim (2000), S. 246