

CHRISTINE WALTNER UND HARTMUT WIESNER

Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs im Rahmen von Physikunterricht

Learning effectiveness of museum visits as part of physics class

Zusammenfassung

Eine Möglichkeit, um den vergleichsweise geringen Lernleistungen von Schülerinnen und Schülern sowie dem abnehmenden Interesse in naturwissenschaftlichen Fächern entgegenzuwirken, könnte in der Erschließung neuer Lernumgebungen liegen. Naturwissenschaftlichen und technischen Museen werden relativ günstige Ausgangsbedingungen als außerschulische Lernorte zugesprochen. Es ist derzeit allerdings nur wenig darüber bekannt, wie Museumsbesuche gestaltet sein sollten, die schulisches Lernen ergänzen und sich dabei zum Ziel setzen, Lernprozesse zu unterstützen. Theoretisch lehnt sich die hier vorgestellte Studie zum Lernen im Deutschen Museum an das Contextual Model of Learning an (Falk & Dierking, 2000), das einen übergeordneten Rahmen für empirische Studien zum Lernen im Museum darstellt. Um der Frage nachzugehen, wie ein Besuch des Deutschen Museums gestaltet sein muss, damit er eine Verbesserung des Lernerfolgs im Physikunterricht mit sich bringt, wurde eine Vergleichsuntersuchung mit Prä-Post-Design durchgeführt.

Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass ein Besuch im Deutschen Museum erfolgreich zur Verbesserung des Lernerfolgs im Physikunterricht beitragen kann. Dies gilt allerdings nur dann, wenn das Lernen im Museum von gut strukturiertem Lernmaterial unterstützt wird. Der Einfluss der Lernumgebung auf den Lernerfolg zeigt sich gegenüber den restlichen Faktoren (z.B. Geschlecht, Interesse usw.) als einzig ausschlaggebend. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen wird ein Rahmenmodell für das Lernen von Schulklassen in naturwissenschaftlichen Museen vorgeschlagen.

Schlüsselwörter: Physikunterricht, Lernen im Museum, Lernumgebung, Strukturierung

Abstract

The exploitation of new learning environments could be capable of counteracting the significant decline of low learning efficiencies as well as a decreasing interest in the domain of natural sciences during pupils' school-careers. Science museums (and science centers) may offer a high potential for promoting cognitive and motivational processes. At present we don't know much about the design of school class trips to museums aiming at a supplement to the general learning processes. In this contribution, the Contextual Model of Learning (Falk und Dierking, 2000) is outlined as a theoretical framework for an empirical study about learning in museums. The general aim of this study was to find out, how a school class trip to the German Museum must be organized and designed to improve pupils' learning in physics. A comparison study with pre-post design was carried out.

It was shown that a visit of the German Museum could be used to positively influence successful learning in physics class. This, however, is only valid when conducive and highly structured learning material is used to support for the learning process during the museum's visit. The influence of learning environment on the success of pupil's learning progress was the only decisive factor in comparison with others (e.g. gender, interests etc.). A separate model for school classes learning in museums will be proposed, based on the results of the study.

Key words: physics education, museum learning, learning environment, structuring

1 Ausgangspunkt

Ergebnisse aus TIMSS und PISA zeigen eher negative Entwicklungsverläufe der Lernmotivation und vergleichsweise geringe Lernleistungen von SchülerInnen in naturwissenschaftlichen Fächern (z.B. Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Prenzel et. al., 2004). Aufgrund des daraus resultierenden Handlungsbedarfs im Bereich der naturwissenschaftlichen Schulbildung erscheint es daher plausibel zu überprüfen, inwieweit Lernpotential, das in außerschulischen Lernumgebungen wie beispielsweise Museen und Science Centern zur Verfügung steht, genutzt werden kann, um schulische Lernprozesse zu unterstützen. Diese so genannten informellen Lernumgebungen verfolgen ebenso wie Schulen einen unmittelbaren Bildungsauftrag mit dem Ziel des Wissenserwerbs und der Förderung von Interessen und Lernmotivation. Lewalter und Geyer (2005) stellen nach einer Analyse des Forschungsstandes zu schulischen Museumsbesuchen fest, dass Museen und Science Center über das Potential verfügen, motivationale und kognitive Prozesse bei SchülerInnen zu fördern. Dabei kommt den Rahmenbedingungen und Gestaltungsaspekten des Besuchs eine zentrale Bedeutung zu.

2 Befundlage zum Lernen im Museum

Die Ergebnisse aus zahlreichen Untersuchungen zu möglichen Lernerfolgen in naturwissenschaftlichen Museen liefern ein uneinheitliches Bild. Einen Überblick über die aktuelle Forschungslage zur Evaluation von Schulklassenbesuchen im naturwissenschaftlichen Museum haben Lewalter und Geyer (2005) zusammengestellt. Geyer (2008, 70) fasst die Befundlage folgendermaßen zusammen: „Die Ergebnisse von Studien zu Schulklassenbesuchen in Museen und Science Center haben zu keiner eindeutigen Befundlage geführt. Während in einigen Studien kein signifikanter Wissenszuwachs durch schulische Museums-/Science-Cen-

ter-Besuche nachgewiesen werden konnte, ergaben sich in anderen Studien dagegen positive Wirkungen auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler“.

Diskutiert und für unterschiedliche Forschungsergebnisse verantwortlich gemacht werden eine Reihe von Gründen (z.B. Falk & Dierking, 1998; Uzell, 1993). So wird zum einen die unterschiedliche Auffassung des Lernbegriffs sowie die Verschiedenartigkeit der verwendeten Messmethoden der Untersuchungen problematisiert. Einigkeit besteht allerdings darin (Lucas, 1983; Rennie & McClafferty, 1996; Tunnicliffe, 1996), dass durch die alleinige Auseinandersetzung mit Exponaten ein physikalisches Konzept nicht erlernt werden könne.

Es konnte in zahlreichen Studien nachgewiesen werden, dass Höhe und Ausprägung der Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs in erheblichem Maße von den Rahmenbedingungen des Besuchs (wie Einbettung des Museumsbesuchs in den Unterricht oder Gestaltungsmethoden des Museumsbesuchs) abhängig sind. Unter anderem zeigten Anderson & Lucas (1997), Bitgood (1993) und Gilbert & Priest (1997), dass die Vorbereitung und die Nachbereitung des Museumsbesuchs im Unterricht bedeutsam sind. Orion und Hofstein (1994) konnten zeigen, dass es besonders lernförderlich ist, wenn der Termin des Museumsbesuchs dann angesetzt wird, wenn mit der Erarbeitung eines Themenbereichs begonnen wird. Durch Interviews mit Jugendlichen fand Anderson (1999) heraus, dass erst durch die Wiederholung in der Schule sich stimmige physikalische Konzepte bei den Jugendlichen bilden können, die Erfahrungen im Museum aber positiv zum Lernprozess beitragen. Ergebnisse von Untersuchungen (z.B. Gottfried 1980) zur Gestaltung von Museumsbesuchen geben Hinweise, dass die Lernenden zu strukturierter und frei gewählter Exploration ermutigt und dazu angeleitet werden sollen, in Kleingruppen zu arbeiten. Gruppenarbeiten, insbesondere in Zweiergruppen, erweisen sich als wichtige methodische Maßnahme, die zum gegen-

seitigen Informations- und Meinungsaustausch während des Besuchs beiträgt (u.a. Watson, Aubussen, Steel & Griffin. (2002)). Was den Einsatz von Arbeitsblättern während des Museumsbesuches betrifft, einer häufig gewählten Gestaltungsform, ist die Befundlage wenig eindeutig. Nach McManus (1985) beschäftigten sich SchülerInnen, die Arbeitsblätter bearbeiteten, zwar mit weniger Ausstellungsexponaten, mit diesen jedoch intensiver als SchülerInnen, die keine Arbeitsblätter erhalten hatten. Er stellte fest, dass Arbeitsblätter bei jüngeren SchülerInnen (bis 10 Jahre) eher eine unterstützende Funktion beim Lernen haben als bei älteren. Nach Price und Hein (1991) stellen SchülerInnen, wenn sie Arbeitsblätter verwenden, weniger eigene Fragen zu den Exponaten. In den meisten Studien (Wilde & Bätz, 2006; Wilde, Urhahne & Klautke, 2003) wurde der Lernzuwachs von SchülerInnen während eines Museumsbesuchs erfasst und unter Variation der Rahmenbedingungen des Museumsbesuchs der Lernerfolg verschiedener Arten von Museumsbesuchen verglichen. Bisher noch nicht untersucht wurde allerdings die Frage, ob ein Museumsbesuch als expliziter Teil des Physikunterrichts im Vergleich zum Schulunterricht ohne Museumsbesuch lernförderlich ist. So erscheint es sinnvoll, die Frage zu thematisieren, wie ein Museumsbesuch zu gestalten ist, der mit dem üblichen Unterrichtsgeschehen verglichen wird, d.h., es ist die Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs, der spezifische strukturelle und organisatorische Bedingungen erfüllt, zu eruieren, um ggf. die Vor- und Nachteile gegenüber dem schulischen Unterricht herausarbeiten zu können.

3 Theoretisches Rahmengerüst zum Lernen im Museum: Das Contextual Model of Learning

3.1 Lernen im Museum im Unterschied zu Lernen in der Schule

Lernprozesse in außerschulischen Lernorten unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von denen in der Schule. „They are non-directed, exploratory, voluntary and personal, and proceed through curiosity, observation, activity, a sense of wonder, speculation and theory testing“ (Ramey-Gassert, Walberg & Walberg, 1994). Eine Reihe von Museumspädagogen (Semper, 1990; Perry, 1989; Hein, 1998) hat durch unterschiedliche Theorien oder Empfehlungen dazu beigetragen, wichtige Aspekte zum Lernen im Museum bewusst zu machen. Dabei wurde zum einen das Lernen aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und es wurden zum anderen unterschiedliche Einflussfaktoren verschieden gewichtet. Nach Aussage der Autoren ist Lernen in Museen als ein Vorgang von hoher Komplexität zu betrachten. Dieser lasse sich auf Grund seiner Fülle an zu berücksichtigenden Variablen derzeit nicht durch ein ‚einfaches Modell‘ hinreichend und realistisch abbilden. Falk und Dierking (2000) entwickelten entgegen dieser Auffassung auf Grund theoretischer Überlegungen und Ergebnisse eigener empirischer Untersuchungen das Contextual Model of Learning für Museumsbesuche. Dieses stellt damit einen Versuch dar, wichtige Faktoren für Lernen in einem Museum im Rahmen eines Modells abzubilden.

3.2 Darstellung des Contextual Model of Learning

Der Begriff „Museum“ wird von Falk und Dierking (2000) weit gefasst und umfasst auch Aquarien, Zoos, Botanische Gärten, Science Center usw. Lernen, als ein dauernder Dialog zwischen dem Einzelnen und seiner Umgebung, kann konzeptionell

als ein kontextabhängiger Versuch gesehen werden, Sinn zu konstituieren, um in der Welt zu überleben, sich zu orientieren und zu entwickeln. Falk und Dierking (2000) stellen diesen kontextabhängigen Dialog als einen Prozess der Interaktionen zwischen den personalen, soziokulturellen und physischen Kontexten eines Individuums dar. Dabei wird keiner dieser drei Kontexte als stabil beschrieben; alle befinden sich in steter Veränderung.

Aus Ergebnissen zahlreicher Studien ergeben sich für Falk und Dierking die folgenden acht ‚Schlüsselfaktoren‘, deren Berücksichtigung sie für Lernerfahrungen im Museum als bedeutsam erachten:

Personaler Kontext:

1. Motivation und Erwartungen
2. Vorwissen, Interessen und Überzeugungen
3. Auswahl und Kontrolle (Autonomie)

Soziokultureller Kontext:

4. Soziokulturelle Vermittlung innerhalb einer Gruppe
5. Fördernde Vermittlung durch andere Personen

Physischer Kontext:

6. Leitsysteme (Advance Organizer) und Orientierung
7. Gestaltung der Museumsausstellung
8. Verstärkung durch Ereignisse und Erfahrungen außerhalb des Museums

3.3 Anwendung des Contextual Model of Learning in empirischen Untersuchungen

Das Contextual Model of Learning dient qualitativen und quantitativen Studien als zentrale Theorie (z.B. Falk & Adelman, 2003; Harms & Krombaß (2008); Wilde & Bätz, 2006).

Beispielsweise untersuchten Falk und Storsdieck (2005), welche Faktoren des Contextual Model of Learning den Lernerfolg in welchem Maße beeinflussen, und damit, inwiefern sich das Modell als Grundlage für eine Untersuchung eignet. Sie wählten dazu im California Science Center’s World Life BesucherInnen

verschiedener Altersgruppen, Herkunft, mit unterschiedlichem Level des Intellekts und mit unterschiedlichem Vorwissen aus. Dabei stellten sie fest, dass der Lernzuwachs bei den Besuchern größer war, die nur ein geringes inhaltsbezogenes Wissen hatten, als bei den Besuchern, die bereits ein fundiertes Wissen über die Inhalte der Ausstellung mitbrachten. Sie identifizierten neben dem Vorwissen die Faktoren Motivation und Erwartungen, die soziokulturelle Vermittlung innerhalb einer Gruppe, die Bereitstellung von Advance Organizern und das Ausstellungsdesign als besonders einflussreich auf den Lernerfolg. Dagegen waren weniger einflussreich die Faktoren Vorerfahrung (damit ist die Erfahrung von Museum-/Science Center-Besuchen gemeint), Interesse, Auswahl und die Fähigkeit zur räumlichen Orientierung im Museum. Aufgrund der Ergebnisse formulieren sie die Aussage, dass sich das Contextual Model of Learning für einen ersten Schritt zur Beschreibung der Komplexität von Lernprozessen im Museum eignet, allerdings mit der Einschränkung, dass es noch als verbesser- und erweiterbar anzusehen ist.

Das Contextual Model of Learning ist, wie es auch von den Autoren selbst betont wird, eher ein deskriptives als ein prädiktives Modell (Falk & Dierking, 2000). Lernprozesse sollen mit seiner Hilfe vor allem beschrieben, weniger erklärt oder vorhergesagt werden.

Das Contextual Model of Learning ist in mancher Hinsicht auch kritisch zu sehen, zum Beispiel, dass die Komplexität von Lernen in „nur“ acht Faktoren erfasst wird. Für die Faktoren wäre darüber hinaus eine klarere Präzisierung notwendig. Zum Beispiel wird unter dem Faktor 2 das Interesse erfasst, das allein schon ein Konstrukt von sehr hoher Komplexität darstellt (vgl. z.B. Krapp (1992)). Je nach Intention einer Studie wird es erforderlich sein die Faktoren zu präzisieren, um sie einer didaktischen Operationalisierung zugänglich zu machen.

Eine ausführlichere kritische Betrachtung und Diskussion des Contextual Model of Learning findet der interessierte Leser bei Wilde (2008).

4 Anpassung des Contextual Model of Learning auf das Lernen von Physik im Deutschen Museum im Rahmen von Schulunterricht

Im Jahr 2005 besuchte über eine Million Menschen das Deutsche Museum in München. Etwa die Hälfte davon waren SchülerInnen oder StudentInnen. In knapp 7000 Schulklassen kamen insgesamt 165.245 Kinder und Jugendliche. Die hohe Zahl an Schulklassen deutet darauf hin, dass das Deutsche Museum von Lehrkräften als ein außerschulischer Lernort wahrgenommen und genutzt wird. Bei einer Befragung von Geyer (2005) gaben von 227 Lehrkräften 139 an, im vergangenen Schuljahr Museumsbesuche im Rahmen ihres naturwissenschaftlichen Unterrichts durchgeführt zu haben. Zudem wurden die Lehrkräfte, die mit ihrer Klasse ein naturwissenschaftliches Museum besuchten, gefragt, welche Ziele sie verfolgen. Bei weitem am häufigsten wurden kognitive Zielstellungen genannt, zum Beispiel „Verdeutlichung physikalischer Begriffe“. Für fast alle Befragten (86%) war mindestens ein kognitives Ziel unter den wichtigsten Zielstellungen. Motivationale Zielstellungen wurden von 61% der Lehrkräfte und somit am zweithäufigsten genannt. Die motivationsbezogene Wirkung von Museumsbesuchen soll in diesem Beitrag nicht im Vordergrund stehen, sondern die lernbezogene Wirkung, wobei der Einfluss des Interesses nicht zu vernachlässigen ist. Für die vorliegende Untersuchung wurde das Contextual Model of Learning von Falk und Dierking als theoretische Grundlage herangezogen. Im Sinne von Falk und Dierking (2000) soll das Modell als ein Denkraum, der den Aufbau von Studien erleichtern soll und Forschern eine Orientierungshilfe anbietet, verwendet werden. Das Contextual Model of Learning bezieht sich ganz allgemein auf alle Typen von Museumsbesuchern und Besuchergruppen. Somit ist es auch – freilich nicht speziell – für Museumsbesuche durch Schulklassen verwendungsfähig. Im Folgenden werden die acht Schlüsselfaktoren im Kontext der Besuchergruppe „Schul-

klassen, die im Rahmen von Physikunterricht das Museum besuchen“ dargestellt:

1. Motivation und Erwartungen

Museen werden aus verschiedenen Motiven und mit unterschiedlichen Erwartungen besucht. BesucherInnen sind unterschiedlich stark (intrinsisch) motiviert ein Museum zu besuchen. Jugendliche müssen bezüglich eines Museumsbesuchs nicht unbedingt dieselben Erwartungen und Motive haben wie Erwachsene. Die Erwartungen und deren Erfüllung bzw. Nichterfüllung können zum Lernprozess beitragen. Wenn Unterricht vom Klassenzimmer in das Museum verlegt wird und ein mögliches Fernbleiben ausgeschlossen wird, so kommen SchülerInnen im Gegensatz zu „normalen“ BesucherInnen nicht freiwillig ins Museum. Deshalb ist u.a. auch die Frage von Bedeutung, ob SchülerInnen mit der Erwartung in das Museum kommen, hier etwas zu lernen. Sind sie intrinsisch motiviert oder ausschließlich extrinsisch?

2. Vorwissen, Interesse und Überzeugungen

Übertragen auf das Lernen von Physik ist unter Vorwissen zu verstehen, dass die SchülerInnen in unterschiedlichem Maße bereits physikalische Kenntnisse und Konzepte aus dem Bereich besitzen, der gelernt werden soll. Ein Museumsbesuch im Rahmen von Unterricht könnte je nach inhaltsbezogenem Vorwissen der SchülerInnen unterschiedlichen Einfluss auf den Lernprozess bei den SchülerInnen haben. Auswirkungen auf den Lernprozess im Museum können aber auch Interessen bzw. Desinteressen der SchülerInnen haben. Das sind im vorliegenden Zusammenhang Interessen am Fach Physik (Fachinteresse), am bestimmten Themengebiet (Sachinteresse), am Museum und an der speziellen Abteilung (aktuelles Interesse). Mit den Überzeugungen sind zum einen Einstellungen der SchülerInnen gegenüber dem Museum und gegenüber dem Museumsbesuch gemeint, aber auch speziell gegenüber der Physik als zum anderen Wissenschaft und der Physik als Schulfach.

Auch die Selbstwirksamkeitserwartung der SchülerInnen ist unter diesen Faktor zu subsumieren. Nach der Selbstwirksamkeitstheorie Banduras (1997) wird erwartet, dass ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartungen positive motivationale, volitionale und behaviorale Konsequenzen haben, was vielfach bestätigt wurde. So fördert eine ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartung die Anstrengung der Schüler und damit zugleich den Lernerfolg (Zimmerman, 1998).

3. Auswahl und Kontrolle

Ein Museumsbesucher im Allgemeinen entscheidet autonom über die Zeit, wann und wie lange er sich im Museum mit einem bestimmten Gegenstand auseinandersetzt und er wählt die Inhalte aus, mit denen er sich beschäftigen möchte. Ersteres wird SchülerInnen während eines Museumsbesuchs im Rahmen von Unterricht noch zugestanden. Allerdings sind die Inhalte zum Teil durch die Lehrkraft und den Unterricht, in den der Museumsbesuch eingebettet ist, festgelegt. Durch die Gestaltung (Führung, Arbeitsblätter usw.) des Besuchs nimmt die Lehrkraft Einfluss auf den Grad der Autonomie, die den SchülerInnen während ihres Besuchs zugestanden wird.

4. Soziokulturelle Vermittlung innerhalb einer Gruppe

Für Schulklassenbesuche, die häufig in Kleingruppen stattfinden, sind kooperative Lernprozesse und im Zusammenhang damit sozial konstruiertes Wissen und Bedeutungsaushandeln von hoher Bedeutung. Dies gilt unter anderem auch deshalb, weil die Erklärungstafeln im Museum für die Förderung von Verstehensprozessen bei Laien häufig zu verkürzt erscheinen. Auch finden sich in der Regel kaum Texte, die spezifisch auf einzelne Besuchergruppen, wie z.B. SchülerInnen, Bezug nehmen.

5. Fördernde Vermittlung durch andere Personen

Neben Lehrern übernehmen Museumspädagogen oft für Schulklassen die Rolle der „Experten“. Ob Führungen im Museum durch „Experten“ sinnvoll sind, hängt von den Räumlichkeiten des Museums und von den Fähigkeiten des Vermittelnden ab.

6. Leitsysteme (Advance Organizer) und räumliche Orientierung

Zum einen spielt die räumliche Orientierung eine Rolle beim Lernen im Museum, aber auch die begriffliche Vororientierung. Die Ziele und die Form des Besuchs werden von den Lehrkräften im Unterricht an die SchülerInnen weitergegeben.

7. Gestaltung der Museumsausstellung

Es ist anzunehmen, dass SchülerInnen sich umso ernsthafter mit den Exponaten auseinandersetzen, je besser diese gestaltet sind. Das Design der Ausstellungsräume und -objekte beeinflusst somit den Lernerfolg.

8. Verstärkung durch Ereignisse und Erfahrungen außerhalb des Museums

Für Schulklassen findet der Museumsbesuch im Kontext Schule statt. Die Lehrkraft bettet den Museumsgang in ihren Unterricht ein. Die Vorbereitung und Nachbereitung des Museumsbesuchs im Unterricht haben Einfluss auf den Lernerfolg (u.a. Anderson & Lucas, 1997; Bitgood, 1993; Gilbert & Priest, 1997; Orion & Hofstein, 1994).

Darüber hinaus machen SchülerInnen weitere Erfahrungen im Zusammenhang mit einem Museumsbesuch als Teil des schulischen Unterrichts, so zum Beispiel durch weitere Besuche des Deutschen Museums mit der Familie, Gespräche über den Besuch mit der Familie usw. Das bei einem Besuch Gelernte kann dabei durch Ereignisse und Erfahrungen außerhalb des Museums verstärkt werden.

5 Empirische Studie zur Untersuchung der Lernwirksamkeit von Museumsbesuchen im Rahmen von Physikunterricht

5.1 Untersuchungsziele

5.1.1 Strukturierung des Lernmaterials

Motiviertes Lernen wird gefördert, wenn den Lernenden Raum für eigene Entscheidungen bezüglich der Lerninhalte und der Lernwege gegeben wird (Deci & Ryan, 1993; Prenzel, 1995). Dieser Aspekt wird in der aktuellen konstruktivistischen Auffassung von Lehren als Autonomieförderung hervorgehoben (z.B. Gerstenmaier & Mandl, 1995). Strittig ist zurzeit noch, in welchem Umfang die Offenheit durch Strukturierungen der Lernumgebung reduziert werden sollte.

Im Zusammenhang mit informellen Lernprozessen wird selbst dann von selbstgesteuertem Lernen gesprochen, „wenn einzelne Handlungsabschnitte fremdbestimmt sind, sofern der Lerner nicht das Gefühl hat, in seinem Tun völlig eingeschränkt oder kontrolliert zu sein.“ (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2006, 645).

Bei dem Faktor „Auswahl und Kontrolle“ des Contextual Model of Learning betonen Falk und Dierking, dass Lernen am besten möglich sei, wenn der Einzelne eine Auswahl treffen könne, was und wann er lernt, und wenn er dabei das Gefühl hat, dass er sein Lernen kontrollieren kann. Dierking (2002) bezeichnet das Lernen in informellen Bildungseinrichtungen daher auch als free-choice learning.

In der Studie werden die zu lernenden Lerninhalte weitgehend festgelegt. Die Lernwege sollen allerdings variiert werden: Es werden zwei unterschiedlich stark strukturierte Varianten des Lernmaterials vorgegeben (siehe 5.3.2 und 5.3.3). Untersucht werden soll, ob ein Unterricht mit integriertem Museumsbesuch, wobei das verwendete Lernmaterial stark strukturiert bzw. weniger strukturiert ist, unter Berücksichtigung gleichen Zeitaufwands lernförderlicher ist als ein Unterricht ohne einen solchen Museumsgang. Dies

beinhaltet auch die Frage, ob die Nachhaltigkeit des Gelernten bei den SchülerInnen unterschiedlich ist.

5.1.2 Zeitpunkt des Museumsbesuchs

Ein besonderes Merkmal von Museen und Science Centern ist die zeitgleiche Präsentation verschiedener Exponate. Dem Besucher stehen viele verschiedene Exponate und Informationsquellen gleichzeitig zur Verfügung.

Das Deutsche Museum insbesondere unterscheidet sich zudem von einem „typischen“ Science Center unter anderem darin, dass die Ausstellungsobjekte im Sinn von Lernfeldern angeordnet sind. Weitere Unterschiede sind, dass das Deutsche Museum neben dem Bewahren und Sammeln von historischen Originalobjekten die historische Entwicklung von Technik und Naturwissenschaft darstellt und dass Exponate ohne mögliche Interaktion, einfache Knopfdruck-Exponate sowie teilweise interaktive Exponate vorhanden sind.

Durch dieses vielfältige Angebot von Exponaten zu naturwissenschaftlichen Themengebieten erhält der Museumsbesucher die Möglichkeit, sich einen Überblick über ein Themengebiet zu verschaffen.

Die im Museum in Lernfeldern zusammengestellten Ausstellungsobjekte stehen in vergleichbarer Art in der Schule nicht zur Verfügung.

Steht der Museumsbesuch am Anfang einer Unterrichtseinheit, könnte er wie ein Advance Organizer im Sinne einer vorbereiteten Organisationshilfe wirken. Nach Ausubel (1980) soll ein Advance Organizer vor der eigentlichen Lernaufgabe die Verbindung zwischen altem und neuem Wissen schaffen und dem Lerner die Struktur des neuen Wissens aufzeigen.

Andererseits könnte sich auch ein Museumsbesuch im Anschluss an eine Unterrichtseinheit positiv auf den Lernerfolg auswirken: In der Regel müssen der Informationsaufnahme ein wiederholtes Bewusstmachen, eine Her-

stellung von Verbindungen zu anderen Informationen und ein Anwenden des Wissens folgen, andernfalls wird es vergessen oder kann nicht abgerufen werden (Heymann, 1998; Helmke, Schrader & Weinert, 1987).

In der Studie soll der Frage nachgegangen werden, ob der gewählte Zeitpunkt des in den Unterricht integrierten Museumsbesuchs eine Rolle für die Größe des Lerneffekts spielt.

5.1.3 Vorteil des kooperativen Lernens

Unter kooperativem Lernen versteht man, dass Lernende in Kleingruppen (2 – 5 Personen) auf ein gemeinsames Ziel hin miteinander lernen. Diese Lernform gilt als förderlich für Grundfertigkeiten und höhere Denkprozesse, beispielsweise mehrperspektivisches oder kritisches Wissen, und wirkt sich positiv auf ein besseres Verständnis der Lernenden untereinander sowie allgemein auf die soziale und gesellschaftliche Handlungskompetenz aus (Cohen, 1994).

Es hat sich gezeigt, dass kooperative Lernformen im Unterricht nur selten eingesetzt werden (u.a. Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2006). Beispielsweise hat eine Studie von Rotering-Steinberg & Kügelgen (1986) ergeben, dass nur 7% der Lehrer an deutschen Schulen regelmäßig kooperative Lernformen in ihrem Unterricht einsetzen.

Falk und Dierking sehen im Lernort Museum den Vorteil, dass dort kooperatives Lernen besonders gut ermöglicht wird (siehe Contextual Model of Learning, Punkt 4).

In der Studie soll untersucht werden, ob die SchülerInnen im Museum mehr kooperativ lernen als im Schulunterricht und ob das kooperative Lernen einen Einfluss auf ihren Lernerfolg hat.

5.1.4 Einfluss von Schülermerkmalen auf den Lernerfolg und ATI-Effekte

Außerdem soll durch die Auswertung der gesammelten Daten zu den Merkmalen und

zum Lernerfolg der SchülerInnen herausgefunden werden, welche Faktoren den Lernerfolg beeinflussen. Die Effektgrößen des Einflusses werden dazu miteinander verglichen.

Darüber hinaus soll überprüft werden, ob eventuelle Aptitude-Treatment-Interaction-Effekte (Cronbach, 1957, 681) bezüglich der einzelnen Gruppen auftreten, d.h., ob die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe für Personen mit einer bestimmten Ausprägung an Merkmalen sich besonders günstig auf den Lernerfolg auswirkt.

5.2 Untersuchungsdesign

Für die Untersuchung wurde exemplarisch die Optikabteilung im Deutschen Museum ausgewählt. Die Lerninhalte wurden durch den Lehrplan am bayerischen Gymnasium festgelegt, der den Thementeil Optik für die siebte Klasse in einem Umfang von 16 Schulstunden vorsieht. In der Untersuchung wurden somit Schulklassen aus der 7. Jahrgangsstufe aus Gymnasien in und um München ausgewählt. Um sowohl die Wirksamkeit unterschiedlichen, im Museum zu bearbeitenden Lernmaterials miteinander als auch mit Schulunterricht (genaue Beschreibung des Lernmaterials und des Schulunterrichts in 5.4) vergleichen zu können, wurde ein Treatment-Kontrollgruppen-Design verwendet. Die drei Hauptgruppen werden nach folgenden Kriterien voneinander unterschieden:

a) Treatmentgruppe I: Alle SchülerInnen besuchen innerhalb des Optikunterrichts das Deutsche Museum. Der Museumsbesuch dauert vier Unterrichtsstunden; dazu kommen 12 Stunden Optikunterricht in der Schule, der auch die Vor- und Nachbereitung des Museumsbesuchs (ca. zwei Unterrichtsstunden) beinhaltet. Die SchülerInnen bearbeiten während ihres Museumsbesuchs das stark strukturierte Lernmaterial. Die Treatmentgruppe I wird weiter in Treatmentgruppe Ia und Ib unterteilt. Für Treatmentgruppe Ia wird der Museumsbesuch an den

Anfang des Optikunterrichts gestellt, für Treatmentgruppe Ib an das Ende des Optikunterrichts.

b) Treatmentgruppe II: Sie besuchen mit gleicher Zeiteinteilung wie Treatmentgruppe I das Deutsche Museum und werden im selben Zeitumfang wie Treatmentgruppe I unterrichtet, inklusive Vor- und Nachbereitung des Museumsbesuchs. Es wird von den SchülerInnen im Deutschen Museum das wenig strukturierte Lernmaterial bearbeitet.

c) Kontrollgruppe: Der Optikunterricht erstreckt sich über 16 Unterrichtsstunden. Dies ist der im Lehrplan vorgeschlagene Zeitrahmen für die Optik.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Variablen, den Zeitpunkt der Erhebung und die Dauer der einzelnen Tests. Der Vortest findet in jeder Gruppe vor der ersten Unterrichtsstunde in Optik bzw. dem Museumsgang statt. Der Nachtest wird jeweils nach den 16 Optikstunden in den Klassen durchgeführt. Ca. drei Monate später wird dann jeweils

der zeitverzögerte Nachtest (ZV) von allen Klassen bearbeitet (siehe Abb.1).

5.3 Konzeption des Optikunterrichts und des im Museum zu bearbeitenden Lernmaterials

5.3.1 Konzeption des Optikunterrichts

Um die Ergebnisse zum Lernerfolg zwischen den Gruppen sinnvoll vergleichen zu können, musste sichergestellt werden, dass der Unterricht bezüglich der Unterrichtsinhalte sowohl vor bzw. nach dem Museumsbesuch als auch der Unterricht in den Klassen ohne Museumsbesuch vergleichbar ist. Dies wurde durch zwei verschiedene Maßnahmen versucht sicherzustellen. Zum einen wurde den teilnehmenden Lehrkräften ein Unterrichtskonzept (Wiesner, Herdt, Engelhardt, 1993; 1996; 2003) an die Hand gegeben, das sich in der Vergangenheit als sehr erfolgreich erwiesen hatte. Die fachdidaktischen Leitideen dieses Unterrichtskonzepts wurden auf der Grundlage von jahrelang untersuchten Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten zu optischen Inhalten entwickelt. Zum anderen wurden Lehrkräfte gesucht, die in zwei siebten Klassen unterrichten und so die beiden Klassen auf zwei verschiedene Gruppen verteilt werden konnten.



Abb. 1. Überblick über das Untersuchungsdesign

Tab.1: Übersicht über die Variablen, den Zeitpunkt der Erhebung und die Dauer

VORTEST: Erhebungszeitpunkt: Unterrichtsstunde vor dem Optikunterricht bzw. Museums- besuch Dauer: 30 min.	NACHTEST: Erhebungszeitpunkt: Nach 16 Stunden Optikunter- richt (mit oder ohne Museums- besuch) Dauer: 40 min.	NACHTEST(ZV): Erhebungszeitpunkt: Drei Monate nach dem Nach- test Dauer: 40 min.
<ul style="list-style-type: none"> • Geschlecht • Erwartungen • Vorwissen mit Denkaufgaben • Interesse • Kooperatives Lernen • Selbstwirksamkeitserwartung 	<ul style="list-style-type: none"> • Geschlecht • Erwartungen • Wissen und Verständnis • Interesse • Kooperatives Lernen • Selbstwirksamkeitserwartung 	<ul style="list-style-type: none"> • Geschlecht • Wissen und Verständnis • Interesse • Kooperatives Lernen • Selbstwirksamkeitserwartung

5.3.2 Konzeption des stark strukturierten Lernmaterials für das Museum

Für das stark strukturierte Lernmaterial wurden insgesamt fünf Arbeitsbögen konzipiert. Die Themen der einzelnen Arbeitsbögen (Umfang jeweils ca. vier DIN A4-Seiten) lauten: Licht und Schatten, Spiegel, Lichtbrechung, Auge und Farbe. (Die Arbeitsbögen sind verfügbar unter: www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien)

Die Arbeitsbögen erfordern von den Jugendlichen kein Vorwissen und keine Vorerfahrungen in Physik bzw. Optik. Die Jugendlichen haben die Möglichkeit, die Arbeitsbögen allein oder in Kleingruppen (bis zu vier Personen) zu bearbeiten. Die Arbeitszeit beträgt vier Schulstunden, d.h. drei Zeitstunden. Die einzelnen Arbeitsbögen können in ihrer Reihenfolge variiert werden. Eine gleichmäßige Verteilung auf die einzelnen Exponate ist damit gewährleistet.

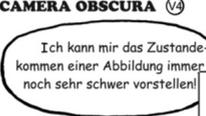
Hilfe vom Lehrer für die SchülerInnen bei der Bearbeitung der Bögen ist nicht notwendig. Das Material ist so strukturiert, dass die SchülerInnen keinerlei Probleme bei der Orientierung haben sollten, d.h. die jeweiligen Exponate immer sofort finden können. In einem Lageplan der Optikabteilung sind

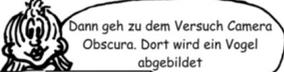
in jedem Arbeitsbogen die relevanten Exponate eingezeichnet.

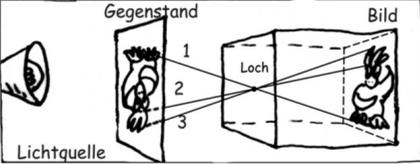
Die für diese Variante speziell entwickelten Arbeitsbögen sind mit stärker durchstrukturierten Anleitungen und Zielangaben versehen als bei dem wenig strukturierten Lernmaterial. Die SchülerInnen müssen konkrete Aufgaben zu den Exponaten bearbeiten, um Zusammenhänge zu erkennen. Dafür werden sie auf bestimmte zu beobachtende Phänomene aufmerksam gemacht. Diese müssen sie notieren und in einem nächsten Schritt Aufgaben bearbeiten, die sie zu einer Erklärung des Phänomens führen sollen. Dazu müssen sie Zeichnungen anfertigen oder ergänzen, Merksätze formulieren usw. Die Art und Weise der Beantwortung ist nicht vorgegeben (keine Multiple-Choice-Aufgaben). Die Erarbeitung der eigentlichen Inhalte liegt bei den SchülerInnen. Die Möglichkeiten der Selbststeuerung des Lernprozesses sind durch die größere Anzahl und klarere Zielrichtung der Fragen deutlich geringer als bei dem wenig strukturierten Lernmaterial.

Anhand eines Beispiels soll die Strukturierung der Lernumgebung deutlich werden. Nachdem die SchülerInnen anhand eines Exponats die einzelnen Bestandteile des Auges notieren mussten, erfahren sie, dass

CAMERA OBSCURA VA







Beschreibe den Weg der 3 eingezeichneten Lichtstrahlen und welchen Teil des Vogels sie jeweils abbilden.

1) _____

2) _____

3) _____

Zeichne jetzt selbst noch einen vierten und fünften Lichtstrahl ein, die zur Abbildung des Vogels beitragen!

Abb. 2: Aufgabenstellung zum Exponat „Camera Obscura“

Licht eines Gegenstandes ins Auge fallen muss, damit man einen Gegenstand sieht. Das wird erst für einen selbstleuchtenden Gegenstand, hier eine Kerze, erklärt und danach für Gegenstände, die Licht streuen. Im nächsten Schritt wird erläutert, was eine Abbildung ist. Dazu wird der Versuch „Camera Obscura“ im Deutschen Museum herangezogen. Die SchülerInnen können dabei eine Abbildung direkt beobachten. Danach müssen sie sich Gedanken machen, wie sie zustande kommt. Dazu sollen sie den Weg von Lichtstrahlen beschreiben und selbst Lichtstrahlen einzeichnen (siehe Abb. 2). Danach wird schrittweise das Zustandekommen einer Abbildung auf der Netzhaut im Auge erarbeitet und der Unterschied zum Zustandekommen der Abbildung bei der „Camera Obscura“.

Die Nachbereitung im Unterricht bestand jeweils in der Besprechung des durch die SchülerInnen bearbeiteten Materials.

5.3.3 Konzeption des wenig strukturierten Lernmaterials für das Museum

Es wurde für die vorliegende Untersuchung kein wenig strukturiertes Lernmaterial entwickelt. Zur Verfügung stand der Forscherbogen „Licht an!“, der von sehr vielen Lehrkräften für den Besuch der Optikabteilung gewählt wird. Er besteht aus vier DIN A4-Seiten. Das Deutsche Museum bietet diesen Forscherbogen kostenfrei online an (siehe www.deutsches-museum.de). Bei der Bearbeitung ist ebenfalls ein Einhalten der Reihenfolge nicht nötig. Die Arbeitsanweisungen zu dieser Lernumgebung sind sehr offen formuliert. Eine Einstiegsfrage dient nur als Hinführung zum Thema. Sie wird als Aufhänger zur Beschäftigung mit dem Exponat verwendet. Die Anforderung an die SchülerInnen besteht dabei in erster Linie darin, Lückentexte auszufüllen. Der Forscherbogen geht damit im ersten Schritt weniger stark in die Tiefe. In einem zweiten Schritt werden die Jugendlichen aufgefordert, über die Aufgaben und die dazu gehörigen Expona-

te genauer nachzudenken, d.h., sie sollen nach Begründungen für ihre Lösungen suchen und diese mit ihrer Gruppe diskutieren. Nicht das Ausfüllen der Lückentexte, sondern das Ausdiskutieren in der Gruppe stellt den Schwerpunkt dieser Lernumgebung dar. Die Lückentexte sollen nur als Hinführung zum jeweiligen Thema dienen. Damit ist auch die zeitliche Vergleichbarkeit sichergestellt, da für die Bearbeitung ebenfalls insgesamt drei Zeitstunden (entspricht vier Schulstunden) mit einer halben Stunde Pause zur Verfügung stehen. Das Maß an selbstgesteuerter Eigenaktivität ist als sehr hoch einzuschätzen. Die SchülerInnen müssen die Art und Weise ihrer Vorgehensweise selbst überlegen und bestimmen (z.B. Beobachtungen vornehmen, Texte durchlesen, Lösungsvorschläge mit den MitschülerInnen diskutieren usw.). Die Rolle des Lehrenden beschränkt sich darauf, die Lernsituation bereitzustellen und den SchülerInnen Möglichkeiten einer sinnvollen Bearbeitung zu geben.

Die Nachbereitung im Unterricht bestand jeweils in der Besprechung des durch die SchülerInnen bearbeiteten Materials.

5.4 Erhebungsinstrumente

Mit dem Vorwissenstest soll in erster Linie festgehalten werden, dass keine der Gruppen durch bereits vorhandene Kenntnisse in der Optik einen Vorteil hat. Außerdem werden vorhandene Fehlvorstellungen bei den SchülerInnen zusätzlich ersichtlich. Als Erhebungsinstrumente werden dazu vier Items aus der Untersuchung von Herdt (1990) herangezogen. Es wird nach dem physikalischen Sehvorgang, nach dem Ort des Spiegelbildes und der Konstruktion von Schatten gefragt. Die Items des Vorwissenstest erfassen wichtige und typische Aspekte des Vorwissens aus dem Bereich der Optik und werden – mit einer gewissen Vorsicht – verwendet, um sicherzustellen ob alle SchülerInnen mit demselben Vorwissen in die Untersuchung starten. Zusätzlich wurde

der Vorwissenstest mit drei Denkaufgaben ergänzt. Diese sollten ebenfalls zur Parallelisierung der Stichprobe beitragen. (Die Durchführung eines Intelligenztests war aus organisatorischen Gründen nicht möglich.) Mit dem Nachwissenstest (bzw. zeitverzögerten Nachwissenstest) soll zu zwei Messzeitpunkten überprüft werden, ob die Treatmentgruppen bessere oder schlechtere Lernerfolge zeigen als die Kontrollgruppe. Des Weiteren soll der Unterschied des Lernerfolgs zwischen den verschiedenen Treatmentgruppen und der Kontrollgruppe und die Entwicklung des Lernerfolgs innerhalb der einzelnen Gruppen erfasst werden. Die Items des Nachwissenstest wurden zum Großteil dem Wissenstest von Herdt (1990) entnommen (elf Items) und mit selbst entwickelten Items ergänzt (fünf Items). Für den Globalvergleich des Lernergebnisses erscheint es sinnvoll, ein Gesamtergebnis zu quantifizieren. Zu diesem Zweck wurden für die Aufgaben aus dem Test von Herdt die entsprechenden Kategorien und deren Bepunktung von Herdt (1990) übernommen.

Die Kategorienbildung und Bepunktung der selbst entwickelten Items wurden entsprechend angepasst. Die Aufgaben waren in ihrem Umfang und Schwierigkeitsgrad unterschiedlich, wodurch nicht alle Aufgaben mit einem Punkt bewertet wurden. Der Gesamtpunktwert ergibt sich aus der Summe der erreichten Punkte und wird als metrische Vergleichsgröße für den Lernerfolg in Optik in der Studie herangezogen. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 30. Die in Tabelle 2 dargestellten Skalen mit Itembeispiel, Itemanzahl, Cronbach's Alpha und deren Herkunft sind Bestandteile des Vortests, des Nachttests und des zeitverzögerten Nachttests.

5.5 Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt haben 340 SchülerInnen in 16 Schulklassen an der Studie teilgenommen. Davon waren 165 Jungen und 175 Mädchen. Die Klassen wurden zufällig den einzelnen Gruppen zugeordnet, da ein ande-

Tab. 2: Überblick über die Skalen nichtkognitiver Variablen

Skala	Itembeispiel	Itemanzahl	Reliabilität Cronbach's α	Herkunft
Erwartungen	Ich erwarte, dass ich interessante Ausstellungsobjekte sehen werde	8	VT: 0,76 NT: 0,77	Neuentwicklung
Sachinteresse	Mein Interesse daran ist, ... mehr darüber zu erfahren, wie das Sehen funktioniert.	5	VT: 0,68 NT: 0,70 NT(ZV): 0,77	Neuentwicklung auf der Basis von Hoffmann und Häußler (1998)
kooperatives Lernen	Ich habe mit meinen Mitschülern diskutiert, wie man die Aufgabe lösen könnte.	6	VT: 0,75 NT: 0,82 NT(ZV): 0,79	Übersetzt von Taylor, Fraser und Fisher (1996)
Selbstwirksamkeitserwartung	Ich bin mir sicher, dass ich in „Natur und Technik“ begabt genug bin, um den Anforderungen in der Schule gerecht zu werden.	6	VT: 0,61 NT: 0,76 NT(ZV): 0,75	In Anlehnung an Wild (1995)

res Verfahren im Rahmen der Studie nicht möglich war. Aus organisatorischen Gründen sprangen Schulklassen, die hier nicht mitgerechnet werden, unmittelbar vor der Durchführung der Untersuchung ab, wodurch sich ein Ungleichgewicht bezüglich der Schüleranzahl zwischen den Gruppen ergab. 102 SchülerInnen gehörten der Kontrollgruppe an. Folglich haben 238 SchülerInnen im Rahmen des Optikunterrichts das Deutsche Museum besucht. Davon besuchten 194 SchülerInnen die Optikabteilung mit dem stark strukturierten Lernmaterial (Treatmentgruppe I) und 44 SchülerInnen mit dem wenig strukturierten Lernmaterial (Treatmentgruppe II). Die 194 SchülerInnen aus der Treatmentgruppe I wurden noch einmal in zwei Gruppen aufgeteilt, da der Zeitpunkt des Museumsbesuchs variiert wurde. 148 SchülerInnen besuchten zuerst das Deutsche Museum und hatten danach zum ersten Mal Optikunterricht. 46 SchülerInnen hatten umgekehrt zuerst Optikunterricht in der Schule und besuchten im Anschluss daran das Deutsche Museum.

Es kann auf Grund der nicht signifikanten Unterschiede im Vorwissenstest zwischen den einzelnen Gruppen festgehalten werden, dass alle an der Untersuchung teilnehmenden Gruppen im Schnitt mit einem vergleichbaren Vorwissen bezüglich des Sehvorgangs, des Ortes des Spiegelbildes und der Konstruktion von Schatten in die Untersuchung gestartet sind. Bei der Lösung der Denkaufgaben gab es zwischen den einzelnen Gruppen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

Zur Kontrolle der Lehrervariablen wurden Lehrer gefunden, die in zwei siebten Klassen unterrichten, dass so die beiden Klassen auf zwei verschiedene Gruppen verteilt werden konnten. Dies gelang bei über der Hälfte der teilnehmenden Klassen.

6 Ergebnisse zum Lernerfolg

6.1 Vergleich der Ergebnisse in den Nachwissenstests – Schulunterricht mit und ohne Museumsbesuch bei Variation der Strukturierung des Lernmaterials

Die Ergebnisse zur Fragestellung, ob Unterschiede im Lernerfolg festzustellen sind, wenn kein Museumsbesuch in den Physikunterricht integriert wird, wenn ein Museumsbesuch mit stark strukturiertem Lernmaterial in den Physikunterricht integriert wird oder wenn ein Museumsbesuch mit wenig strukturiertem Lernmaterial in den Physikunterricht integriert wird, sind in Diagramm 1 wiedergegeben.

Treatmentgruppe T I erreichte sowohl im Nachttest als auch im zeitverzögerten Nachttest einen Mittelwert von knapp über 15 Punkte (SD = 4,0 und SD = 4,9). Dies entspricht etwa der Hälfte der möglichen zu erreichenden Punktzahl. Im Zeitraum zwischen Nachttest und zeitverzögertem Nachttest fand keine nennenswerte Wissensabnahme statt.

Treatmentgruppe T II erreichte im Nachttest einen Mittelwert von 9,5 (SD = 4,1) und im zeitverzögerten Nachttest einen Mittelwert von 9,8 (SD = 4,4). Es findet demnach im Zeitraum zwischen Nachttest und zeitverzögertem Nachttest eine leichte Wissenszunahme statt. Die Treatmentgruppe II stellt zu allen Messzeitpunkten die mit Abstand schlechteste Gruppe dar.

Die Kontrollgruppe erreichte im Nachttest einen Mittelwert von 12,0 (SD = 4,9) und im zeitverzögerten Nachttest einen Mittelwert von 10,9 (SD = 5,2). Ein t-Test bei gepaarten Stichproben belegt, dass diese Wissensabnahme im Zeitraum zwischen Nachttest und zeitverzögertem Nachttest signifikant ist ($t = 2,55$, $df = 101$, $p < 0,05$, $d = 0,21$).

Die Unterschiede im Lernerfolg zwischen den drei Gruppen sind zu beiden Messzeitpunkten jeweils höchst signifikant. Univariate Varianzanalysen (oneway ANOVA) erbringen für den Nachttest ($F(2,337) = 45,09$, $p < 0,001$) und den zeitverzögerten Nachttest

Mittelwerte der Nachwissentests

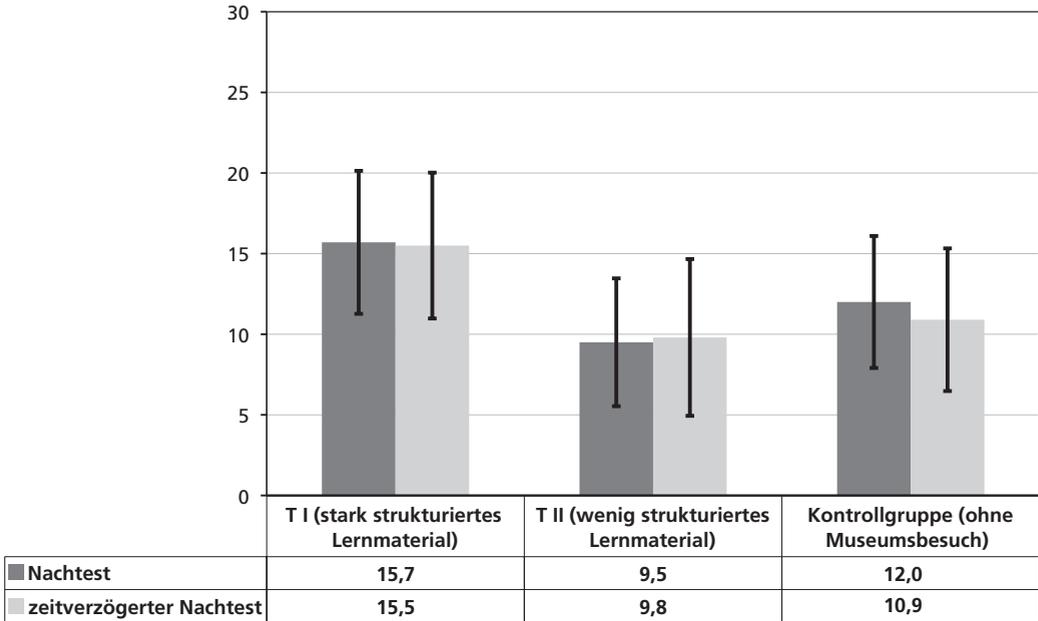


Diagramm 1: Vergleich der Punktzahl im Nachtest und im zeitverzögerten Nachtest zwischen den einzelnen Gruppen.

Nachwissenstest

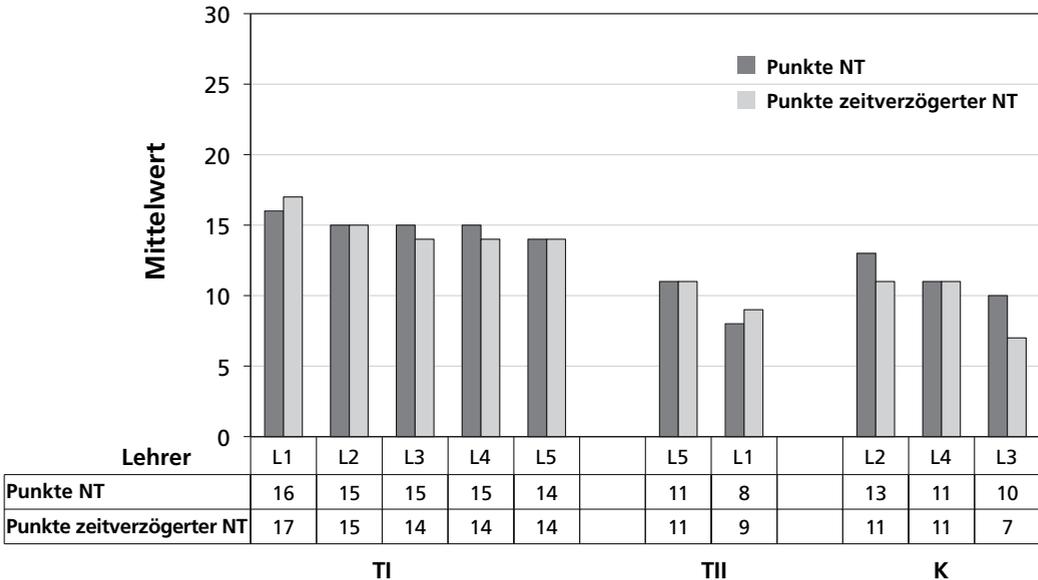


Diagramm 2: Mittelwerte im Nachtest und zeitverzögerten Nachtest nur von denjenigen Klassen, die jeweils parallel von derselben Lehrkraft unterrichtet wurden.

($F(2,337) = 44,63, p < 0,001$) höchst signifikante Befunde. (Laut Levenetest sind die Varianzen homogen.) Post hoc-Mittelwertvergleiche über Scheffé-Tests belegen, dass die Unterschiede in den Lernergebnissen zu beiden Messzeitpunkten zwischen den drei Gruppen jeweils höchst signifikant ($p < 0,001$) sind.

In Diagramm 2 sind die Mittelwerte des Nachttests und des zeitverzögerten Nachttests der Klassen dargestellt, die von einer Lehrkraft unterrichtet wurden, die in einer der anderen Gruppen eine weitere siebte Klasse unterrichtete. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Klassen in Treatmentgruppe I jeweils besser abschneiden als die Klassen in der Treatmentgruppe II oder in der Kontrollgruppe. Dies ist ein deutlicher Hinweis, dass die Unterschiede im Nachttest nicht auf den Unterricht der Lehrkräfte zurückzuführen sind, sondern auf die Wirkung des Museumsbesuchs.

6.2 Vergleich der Ergebnisse in den Nachwissenstests von Schulunterricht mit Museumsbesuch bei Variation des Zeitpunkts des Museumsbesuchs

Zur Untersuchung der Frage, ob Unterschiede im Lernerfolg festzustellen sind, wenn der Museumsbesuch an den Anfang einer Unterrichtseinheit gestellt wird oder an das Ende einer Unterrichtseinheit, wurde das stark strukturierte Lernmaterial herangezogen, d.h., für einen Teil der SchülerInnen innerhalb der Treatmentgruppe I wurde der Museumsbesuch an den Anfang der Unterrichtseinheit und für den restlichen Teil an das Ende der Unterrichtseinheit gestellt. Mit Hilfe des Levene-Tests wurde die Varianzhomogenität überprüft und es zeigte sich, dass zu beiden Messzeitpunkten die Varianzen gleich sind.

Mit Hilfe eines t-Tests konnte festgestellt werden, dass der Unterschied im Lernerfolg bei einem Museumsbesuch, der zu Beginn der Unterrichtseinheit durchgeführt wird, zu beiden Messzeitpunkten signifikant höher ist, als wenn er zum Ende der Unterrichtseinheit stattfindet.

T-Test für Nachttest: $t = 2,02, df = 192, p < 0,05, d = 0,35$

Tab. 3: Vergleich des Lernerfolgs im Nachttest zwischen den Gruppen, die den Museumsbesuch vor bzw. am Ende der UE hatten.

Gruppe	Mittelwert	SD
Museumsbesuch am Anfang der UE	16,0	4,4
Museumsbesuch am Ende der UE	14,5	4,0

Der t-Test für den zeitverzögerten Nachttest ergab: $t = 2,1, df = 192, p < 0,05, d = 0,33$

Tab. 4: Vergleich des Lernerfolgs im zeitverzögerten Nachttest zwischen den Gruppen, die den Museumsbesuch vor bzw. am Ende der UE hatten.

Gruppe	Mittelwert	SD
Museumsbesuch am Anfang der UE	15,9	4,5
Museumsbesuch am Ende der UE	14,2	4,9

6.3 Einflussfaktoren auf den Lernerfolg

Zur Überprüfung eventueller Einflussfaktoren auf den Lernerfolg im Nachttest wurde eine univariate Kovarianzanalyse mit „Wissen“ als abhängiger Variablen herangezogen:

Tab.5: Kovarianzanalyse zum Einfluss von Schülermerkmalen auf das Wissen im Nachtest.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	3293,462(a)	15	219,564	11,419	,000	,357
Konstanter Term	85,992	1	85,992	4,472	,035	,014
Sachinteresse (VT)	28,205	1	28,205	1,467	,227	,005
kooperatives Lernen (NT)	150,810	1	150,810	7,843	,005	,025
Selbstwirksamkeitserwartung (VT)	75,176	1	75,176	3,910	,049	,013
Geschlecht	61,622	1	61,622	3,205	,074	,010
Gruppenzugehörigkeit	2450,500	4	612,625	31,861	,000	,293
Fehler	5922,303	308	19,228			
Gesamt	76758,000	324				
Korrigierte Gesamtvariation	9215,765	323				

Tabelle 5 zeigt den Einfluss der Selbstwirksamkeitserwartung, des kooperativen Lernens während der Intervention, des Sachinteresses und des Geschlechts auf den Lernerfolg. Zu erkennen ist, dass die Selbstwirksamkeitserwartung einen signifikanten Einfluss, das kooperative Lernen während der Unterrichtseinheit einen sehr signifikanten Einfluss und das Fachinteresse und die Gruppenzugehörigkeit einen höchstsignifikanten Einfluss auf das Ergebnis im Nachtest haben. Allerdings sind die Effekte des Einflusses mit Ausnahme der Gruppenzugehörigkeit jeweils immer nur klein. Das Sachinteresse und das Geschlecht der SchülerInnen haben keinen Einfluss auf das Abschneiden im Nachwissenstest. Den größten Einfluss auf das Wissen hat die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe (TI, TII, K). Zudem ist der Effekt der Gruppenzugehörigkeit als einziger groß. Dies bedeutet, dass der Lernerfolg in erster Linie dadurch

beeinflusst wird, zu welcher Gruppe ein Schüler oder eine Schülerin gehört. Da der Effekt der restlichen signifikanten Einflussfaktoren immer nur klein ist und der der Gruppenzugehörigkeit groß, ist die Gruppenzugehörigkeit der entscheidende Einflussfaktor auf den Lernerfolg.

Weiterhin konnte mit dem allgemeinen Modell mit Messwiederholung gezeigt werden (Waltner, 2008), dass die für den unmittelbaren Lernerfolg im Nachwissenstest ermittelten Einflussfaktoren im gleichen Maße den langfristigen Lernerfolg im zeitverzögerten Nachwissenstest beeinflussen. Dabei ist wieder die Gruppenzugehörigkeit der einzig entscheidende Einflussfaktor des Lernerfolgs.

Bei den Gruppen, die das Museum besuchten, zeigte sich, dass die Erwartungen keinen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg haben.

6.4 Aptitude-Treatment-Interaction Effekte

Cronbach (1957, 681) beschreibt Aptitude-Treatment-Interaction folgendermaßen: Es geht dabei um „die unterschiedliche Wirksamkeit von Maßnahmen („treatments“) bei Personen mit unterschiedlichen Merkmalen („aptitudes“). Für die vorliegende Studie lautet in diesem Sinne die zu untersuchende Frage: Wirken sich die verschiedenen Lernumgebungen unterschiedlich auf den Lernerfolg der SchülerInnen mit unterschiedlichen Merkmalen aus? Die Vorgehensweise zur Ermittlung eventueller ATI-Effekte war jeweils so, dass durch einen Mediansplit jeweils zwei Untergruppen gebildet wurden, d.h. eine Gruppe von SchülerInnen mit einer geringen Ausprägung des Merkmals und eine Gruppe von SchülerInnen mit einer hohen Ausprägung des Merkmals. Danach wurde mittels einer univariaten Kovarianzanalyse berechnet, ob der Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Merkmal und der Gruppenzugehörigkeit im Hinblick auf Lernerfolg im Nachtest signifikant ist. Falls der Zusammenhang signifikant ist, bedeutet dies, dass ein ATI-Effekt vorliegt.

Es wurde für keines der Schülermerkmale ein ATI-Effekt im Hinblick auf Lernerfolg festgestellt. Die Wechselwirkungen zwi-

schen den einzelnen Schülermerkmalen und der Gruppenzugehörigkeit sind für kein Schülermerkmal signifikant (für Details siehe Waltner, 2008)

7 Ausgewählte Ergebnisse zu nicht-kognitiven Merkmalen

Bei der Auswertung der nicht-kognitiven Merkmale zeigte sich, dass die Erwartungen der SchülerInnen, die das Museum im Rahmen von Physikunterricht besuchten, weitgehend erfüllt wurden (genauer dazu Waltner, 2008).

Bei der Untersuchung des Interesses wurde zwischen Fach- und Sachinteresse der SchülerInnen unterschieden. Analysiert wurde insbesondere das Sachinteresse der SchülerInnen: Die Veränderung des Interesses an dem Themengebiet Optik (des Sachinteresses) ist zu allen drei Messzeitpunkten in allen Gruppen fast gleich groß und es lassen sich kaum Unterschiede zwischen den Gruppen erkennen.

Die SchülerInnen sowohl aus den Treatmentgruppen als auch aus der Kontrollgruppe geben im Vortest an, im Physikunterricht ungefähr im selben Grad kooperativ zu lernen. Bei einer erreichbaren Punktzahl

Kooperatives Lernen

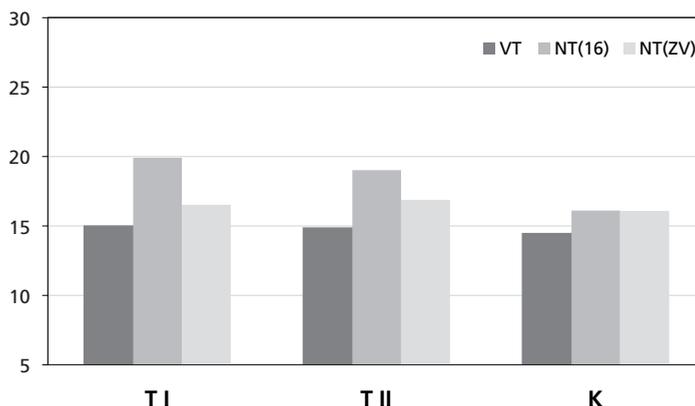


Diagramm 3: Vergleich des kooperativen Lernens zwischen den einzelnen Gruppen zu den drei verschiedenen Messzeitpunkten.

von 30 erreichen sie jeweils eine Punktzahl im Mittel von knapp 15. Im zeitverzögerten Nachtest geben die SchülerInnen aus fast allen Gruppen an, nun im Unterricht mehr zu kommunizieren.

Höchst signifikante Unterschiede sind feststellbar beim kooperativen Lernen während des Unterrichts in der Schule und während des Museumsbesuchs (jeweils mittlerer Balken im Diagramm 3). Während des Museumsbesuchs findet erwartungsgemäß eine wesentlich intensivere Kooperation zwischen den SchülerInnen statt als in der Schule.

Man kann in keiner der Gruppen von einer deutlichen Veränderung der Selbstwirksamkeitserwartung bei den SchülerInnen sprechen. Sie bleibt durchweg in den einzelnen Gruppen fast konstant gegenüber der im Vortest ermittelten Selbstwirksamkeitserwartung. Durch keine der Interventionen wird eine Änderung der Selbstwirksamkeitserwartung herbeigeführt.

8 Diskussion

8.1 Interpretation der Ergebnisse

Vergleich des Lernerfolgs

Ein Untersuchungsziel bestand darin, zu überprüfen, ob ein Unterricht mit integriertem Museumsbesuch, wobei das verwendete Lernmaterial stark strukturiert bzw. weniger strukturiert ist, unter Berücksichtigung gleichen Zeitaufwands lernförderlicher ist als ein Unterricht ohne einen solchen Museumsgang. Die SchülerInnen, die sich im Deutschen Museum mit stark strukturiertem Lernmaterial die Inhalte aneigneten und eine Nachbereitung des Museumsbesuchs im Unterricht hatten, waren im Wissenstest signifikant besser als die SchülerInnen, die die optischen Inhalte ausschließlich in der Schule lernten. Der Effekt des Unterschieds im Lernerfolg war sogar groß. Außerdem fiel bei den SchülerInnen, die ausschließlich „normalen“ Schulunterricht in Optik hatten, der Wissensstand im Laufe von drei

Monaten nach Ende des Optikunterrichts ab, während dies bei den Schülerinnen, die das stark strukturierte Lernmaterial im Museum bearbeitet hatten, nicht der Fall war.

Es kann also angenommen werden, dass ein Unterricht mit integriertem Museumsbesuch, wobei das zu bearbeitende Lernmaterial stark strukturiert ist, ist unter Berücksichtigung gleichen Zeitaufwands lernförderlicher als ein Unterricht ohne einen solchen Museumsgang. Dies beinhaltet auch, dass die Nachhaltigkeit des Gelernten bei den SchülerInnen größer ist.

Der Lernerfolg eines Museumsbesuchs, bei dem das Lernmaterial gering strukturiert ist, wurde ebenfalls untersucht. Sowohl die inhaltlichen Vorgaben als auch der Zeitaufwand waren für beide Lernmaterialien bei der Untersuchung gleich. Die Ergebnisse aus der Untersuchung machen deutlich, dass der Lernerfolg der SchülerInnen, die im Museum mit dem wenig strukturierte Lernmaterial arbeiteten, signifikant geringer war als der jener SchülerInnen, die ausschließlich den Schulunterricht in Optik besuchten.

Auf Grund dieses Ergebnisses kann man folgern, dass ein Museumsbesuch im Rahmen des Unterrichts nicht automatisch zu einem größeren Lernerfolg führt. Erst wenn das Lernmaterial der Lernumgebung geeignet strukturiert ist, kann ein deutlich größerer Lernerfolg als nur durch Schulunterricht erreicht werden.

Einfluss des Zeitpunkts des Museumsbesuchs

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Zeitpunkt, zu dem der Museumsbesuch in den Unterricht integriert wurde, variiert. Für eine Gruppe von SchülerInnen fand der Museumsbesuch als Einstieg in die Optik statt und für eine weitere Gruppe als Vertiefung am Ende der Optikeinheit. Zur Feststellung eines Unterschieds im Lernerfolg wurde dazu jeweils das stark strukturierte Lernmaterial herangezogen. Es zeigte sich, dass die SchülerInnen, die den Museumsbesuch am Anfang der Optikeinheit hatten, im Wissenstest signifikant besser abschnitten als die SchülerInnen, die das Museum am

Ende der Optikeinheit besuchten. Auch in dem drei Monate später stattfindenden Wissenstest war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen signifikant.

Ein Besuch zu Beginn der Unterrichtseinheit ist möglicherweise wegen seiner Wirkung als Advance Organizer lernförderlich. Die SchülerInnen lernen am Anfang alle notwendigen Begriffe und Konzepte eines Themengebiets im Überblick und können im Anschluss im Schulunterricht entsprechende Verknüpfungen herstellen.

Der Museumsbesuch am Ende einer Unterrichtseinheit wirkt sich als „wiederholtes Bewusstmachen“ ebenfalls positiv auf den Lernerfolg aus im Vergleich zu bloßem Schulunterricht. Der Effekt ist aber nicht so groß wie am Anfang der Unterrichtseinheit.

Kooperatives Lernen während des Museumsbesuchs

Wie die Ergebnisse deutlich zeigen (siehe Diagramm 3), sind bei beiden Arten von zu bearbeitendem Lernmaterial im Museum die Lernmöglichkeiten in der Dimension Kooperatives Lernen während des Museumsbesuchs weitaus größer als in der Schule. D.h., das Lernen von und durch Kooperation findet im Museum signifikant häufiger und intensiver statt als in der Schule. Und es hat sich gezeigt, dass der Einfluss des kooperativen Lernens einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg hat.

Einfluss von Schülermerkmalen auf den Lernerfolg

Die Ergebnisse der Untersuchung haben unter Betrachtung der Daten aller teilnehmenden SchülerInnen gezeigt, dass der Lernerfolg (kurzfristiger wie auch langfristiger) vom Sachinteresse und der Geschlechterzugehörigkeit nicht beeinflusst wird. Alle anderen Merkmale (Selbstwirksamkeitserwartung, kooperatives Lernen und Gruppenzugehörigkeit) haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf den Lernerfolg. Der Effekt des Einflusses der Selbstwirksamkeitserwartung und des kooperativen Lernens ist jeweils nur klein. Der einzige große Effekt ist allein

durch die Gruppenzugehörigkeit bestimmt, d.h., er wird allein durch die Variation der Lernumgebung (Art des Museumsbesuchs oder Schulunterricht) erreicht. Dies gilt sowohl für den kurzfristigen als auch für den langfristigen Lernerfolg der SchülerInnen.

Aptitude-Treatment-Interaction Effekte

Eine genaue Auswertung durch Kovarianzanalyse (Waltner, 2008) hat gezeigt, dass es keine Aptitude-Treatment-Interaction Effekte gibt. Dies besagt, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit und den einzelnen Schülermerkmalen gibt. Das ist für die Unterrichtspraxis als ein positives Ergebnis zu sehen. Denn es bedeutet, dass die Wirkung einer bestimmten Lernumgebung (Art des Museumsbesuchs und Schule) die gleiche ist, unabhängig davon, welche Ausprägung die Schülermerkmale haben. Unabhängig also davon, ob Junge oder Mädchen, ob hoch interessiert oder wenig interessiert, unabhängig davon, welche Erwartungen er mitbringt oder wie hoch seine Selbstwirksamkeitserwartung ist, gilt: Ein Unterricht mit Museumsbesuch, wobei das von den SchülerInnen zu bearbeitende Lernmaterial stark strukturiert ist, bringt dem Jugendlichen einen höheren Lernerfolg als der Besuch eines Unterrichts ohne Museumsbesuch. Dies ist ein hochinteressantes und sehr wichtiges Ergebnis für die Nutzung des Deutschen Museums als außerschulischen Lernort für den Physikunterricht: Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Lernumgebung ist erfolgreicher für alle SchülerInnen!

9 Ein Modell zur Beschreibung für das Lernen von Physik im Museum für Schulklassen

Falk und Dierking haben das Contextual Model of Learning für Museumsbesuche allgemein konzipiert. Allerdings ergibt sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung, dass es notwendig ist, das Modell für Schulklassenbesuche im Rahmen von Physikunterricht anzupassen.

In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich, dass die Gewichtungen der von Falk und Dierking genannten acht Schlüsselfaktoren, die Lernen im Museum beeinflussen, sehr unterschiedlich ausfallen. Bei genauerer Betrachtung der Ergebnisse der Schulklassen, die das Museum im Rahmen von Physikunterricht besuchten, ist der Einfluss auf den Lernerfolg mit dem größten Effekt die „Gruppenzugehörigkeit“. D.h., es ist am Ende sehr entscheidend für den Lernerfolg, wie die Lernumgebung gestaltet ist. Es zeigte sich sogar, dass dieser Einfluss von allen Merkmalen unabhängig ist, d.h., dass nahezu alle SchülerInnen von der entsprechenden Lernumgebung profitieren. Der Lernumgebung, die sich aus dem Material, das den SchülerInnen an die Hand gegeben wird, der Museumsausstellung und dem Unterricht in der Schule zusammensetzt, wird in dem Contextual Model of Learning nicht explizit Rechnung getragen. Im „Physischen Kontext“ wird zwar unter anderem ein Bestandteil der Lernumgebung, nämlich die Gestaltung der Museumsausstellung, genannt. Die anderen beiden Bestandteile der Lernumgebung aber, nämlich das Material und der Unterricht, in den der Museumsbesuch integriert ist, sind nicht aufgelistet. Das ist aus Sicht von Falk und Dierking insofern nachvollziehbar, als

diese Faktoren für einen beliebigen Museumsbesucher weniger wichtig sind.

Unter „Personalen Kontext“ werden von Falk und Dierking hauptsächlich Persönlichkeitsmerkmale subsumiert. Der Faktor Vorwissen zum Beispiel spielt zweifelsohne eine Rolle beim Erwerb von Wissen im Museum. Allerdings zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung, dass mehr Vorwissen nicht unbedingt einen größeren Lernerfolg nach sich zieht. Mit einem kleinen Effekt hat auch die Selbstwirksamkeitserwartung einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg.

Bei den übrigen Faktoren sind in der vorliegenden Untersuchung nur Tendenzen erkennbar und keine signifikanten Einflüsse feststellbar. Das Contextual Model of Learning ist entsprechend kritisch zu betrachten, wenn es für die Untersuchung von Museumsbesuchen durch Schulklassen herangezogen wird. Ein überarbeitetes Modell (Abb. 3), das all jene Faktoren enthält, die Einfluss auf den Lernerfolg in Physik von SchülerInnen im Museum nehmen, wurde im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Es adaptiert zwar wichtige Elemente des Modells von Falk und Dierking, im Gegensatz zu diesem ist es aber speziell auf die Besuchergruppe „Schulklasse“ und auf das Lernen von Physik im Museum ausgelegt.

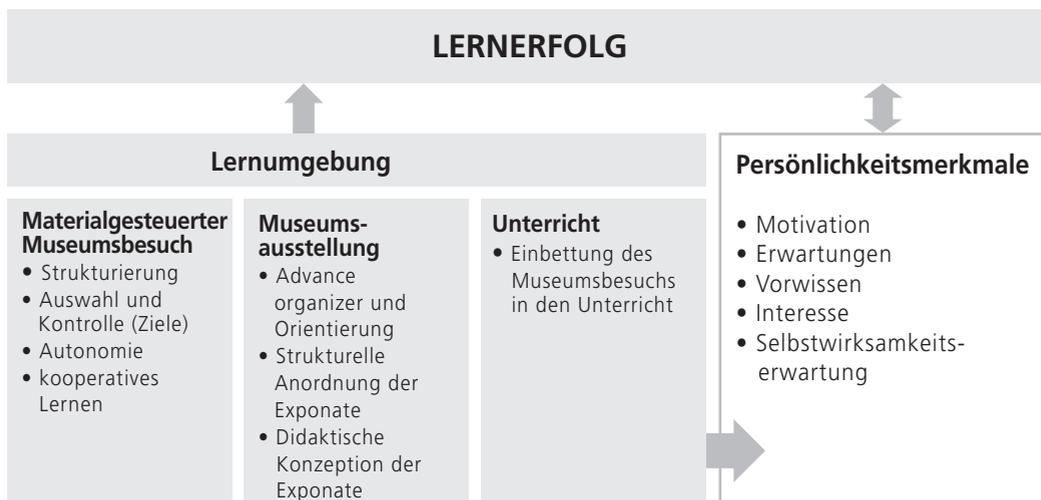


Abb. 3: Modell zur Darstellung der Beziehung von Lernerfolg, Lernumgebung und Persönlichkeitsmerkmale der SchülerInnen.

Das entwickelte Modell berücksichtigt im Gegensatz zum Contextual Model of Learning die Lernumgebung stärker. Es benennt Faktoren, die wesentlich sind für die Gestaltung von Materialien für den Museumsbesuch (z.B. Strukturierung usw.), und Faktoren, die für die Museumsausstellung (z.B. die didaktische Konzeption der Exponate) wesentlich sind, und einen Faktor, der wesentlich ist für den Unterricht.

Darüber hinaus werden in dem angepassten Modell auch Wechselwirkungen aufgezeigt. Durch die Lernumgebung werden nicht nur der Lernerfolg beeinflusst, sondern auch die Persönlichkeitsmerkmale der SchülerInnen (z.B. Motivation und Interesse). Und Lernerfolg und Persönlichkeitsmerkmale beeinflussen sich gegenseitig. (z.B. Schiefele et.al., 1993).

Festzuhalten ist ferner, dass sich dieses Modell, was seine Anwendung betrifft, nicht nur eingeschränkt für den außerschulischen Lernort Deutsches Museum empfiehlt. Es kann für weitere wissenschaftliche Untersuchungen zum Thema Physiklernen an außerschulischen Lernorten, also allen naturwissenschaftlich-technischen Museen und Science Centers, herangezogen werden.

10 Zusammenfassung

Durch die Untersuchung konnte gezeigt werden, dass ein Besuch im Deutschen Museum erfolgreich zur Verbesserung des Lernerfolgs im Optikunterricht in der Mittelstufe einsetzbar ist. Dies gilt allerdings nur dann, wenn bei dem Museumsbesuch ein lernförderliches Material herangezogen wird. Ansonsten hat der Museumsbesuch keinen positiven Einfluss auf den Lernerfolg.

Nur aufgrund einer geeigneten Strukturierung des Lernmaterials ist damit zu rechnen, dass mit einem Museumsbesuch der Physikunterricht in der Schule erfolgreich ergänzt werden kann.

Von der Verbesserung des Lernerfolgs im Optikunterricht durch einen geeigneten Museumsbesuch profitieren alle SchülerInnen. Sowohl Jungen als auch Mädchen lernen durch den in den Unterricht integrierten Museumsbesuch besser.

Literatur

- Anderson, D. (1999). *Understanding the impact of post-visit activities on students' knowledge construction of electricity and magnetism as a result for a visit to an interactive science centre*. Ph.D. diss., Queensland University of Technology, Brisbane.
- 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
- Ausubel, D.P. (1980). *Psychologie des Unterrichts*. Bd. 1,2. Beltz: Weinheim, Basel.
- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2000). *TIMSS/III – Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Band 1*. Opladen: Leske und Budrich.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- 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.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1-35.
- Cronbach, J., & Gleser, G.C. (1957). *Psychological tests and personnel decisions*. Urban: Univer. Illinois Press.
- Deci, E.L., Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2), 223-238.
- Dierking, L.D. (2002). The role of context in children's learning from objects and experiences. In S. G. Paris (Eds.). *Perspectives on object-centered learning in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Falk, J. H., Dierking, L. D. (1998). *The museum experience*. Washington, D.C.: Whalesback Books.
- Falk, J. H., Dierking, L. D. (2000). *Learning from Museums*. Altamira Press
- Falk J, Adelman L. (2003). Investigating the impact of prior knowledge and interest on aquarium visitor learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 163–176
- Falk, J., Storksdieck, M. (2005): Using the contextual model of learning to understand visitor learning from a science center exhibition. *Science Education*, 89(5), 744-778.
- Gerstenmaier, J., Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41, 867-888.
- Geyer, C. (2008). *Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive*. Logos Verlag Berlin.
- Gilbert, J., Priest, M. (1997). Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. *Science Education* 81, 749-762.
- Gottfried, J. (1980). Do children learn on field trips? *Curator*, 23(3), 165 – 174.
- Harms, U., Krombaß A. (2008). Lernen im Museum – das Contextual Model of Learning, *Unterrichtswissenschaft*, 36.
- Helmke, A., Schrader, F.-W. & Weinert, F. E. (1987). Zur Rolle der Übung für den Lernerfolg. *Blätter für Lehrerfortbildung*, 39, 247 – 252.
- Heymann, H.W. (1998). Üben und Wiederholen – neu betrachtet. *Pädagogik*, 50 (10), 6-11.
- Hoffmann, L., Häußler, P. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht – Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4, 51-67.
- Hein, G. (1998). *Learning in the museum*. London: Routledge.
- Herd, D. (1990). *Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lebrgangs*. Dissertation: Universität Frankfurt am Main
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person – Gegenstands – Konzeption. In: Krapp, A., Prenzel, M. (Hrsg.) *Interesse, Lernen, Leistung*. Aschendorff, Münster, 297 - 329.
- Lewalter, D., Geyer, C. (2005). Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51 (6), 774-785.
- Lucas, A.M. (1983). Scientific literacy and informal learning. *Studies in Science Education*, 10, 1 – 36.
- McManus, P.M. (1985). Worksheet-induced behaviour in the British Museum (Natural History). *Journal of Biological Education*, 19, 237 - 242
- 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.
- Perry, D.L. (1989). The creation and verification of development model for the design of a museum exhibit. *Dissertations Abstracts International*, 50 (12).
- Prenzel, M. (1995). Zum Lernen bewegen. Unterstützung von Lernmotivation durch Lehre. *Blick in die Wissenschaft*, Universität Regensburg, Heft 4 (7).

- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rost, J. & Schiefele, J. (Hrsg.) (2004). PISA 2003. *Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann.
- Price, S., Hein, G.E. (1991). More than a field trip. Science programme for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13 (5), 505 – 519.
- Ramey-Gassert, L., Walberg, H.J.I. and Walberg, H.J. (1994). Reexamining connections: museums as science learning environments. *Science Education*, 78 (4), 345-363.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hg.), *Pädagogische Psychologie*, Weinheim: Beltz PVU, 613 – 658.
- Rennie, L. (1994). Measuring affective outcomes to a visit to a science centre. *Research. Science Education*, 24, 261-269.
- Rennie, L.J., McClafferty, T.P. (1996). Science Centres and Science Learning. *Studies in Science Education*, 27, 53-98.
- Rotering-Steinberg, S. & Kügelgen, T. (1986). Ergebnisse einer schriftlichen Befragung zum Gruppenunterricht. *Erziehungswissenschaft – Erziehungspraxis*, 2, 26 – 29.
- Semper, R.J. (1990). Science museums as environments for learning. *Physics Today*, 43, 2-8.
- Schiefele, U., Krapp, A., Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, Bd. XXV, 120-148.
- Taylor, P., Fraser, B., Fisher, D. (1997). Monitoring constructivist classroom learning environments. *International Journal of Education Research*, 27, 293 – 302.
- Tunnicliffe, S. D. (1996). The relationship between pupils' age and the content of conversations generated at three types of animal exhibits. *Research in Science Education*, 26(4), 461-480.
- Uzzell, D. (1993). Contrasting psychological perspectives on exhibition, evaluation. S. Bicknell & G. Farmelo (eds.), *Museum visitor studies in the '90s*, 125 – 129, London, Science Museum.
- Waltner C. (2008). *Physik lernen im Deutschen Museum*, Logos Verlag, Berlin.
- Watson, K., Aubussen, P., Steel, F., Griffin, J. (2002). A culture of learning in an informal setting. *Journal for Australian Research in Early Childhood Education*, 9 (1), 125 – 137.
- Wiesner, H., Herdt, D., Engelhardt, P. (1993, 1996, 2003). *Unterricht Physik. Optik I, II, III*, Köln.
- Wild, K.-P., Krapp, A., Schiefele, U., Lewalter, D., Schreyer, I. (1995). *Bericht nr. 2 zum DFG-Projekt "Bedingungen und Auswirkungen berufsspezifischer Lernmotivation"*, Universität der Bundeswehr, München.
- Wilde, M., Urhahne, D., Klautke, S. (2003). Unterricht im Naturkundemuseum: Untersuchung über das „richtige“ Maß an Instruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 125 – 134
- Wilde, M., Bätz, K. (2006). Einfluss unterrichtlicher Vorbereitung auf das Lernen im Naturkundemuseum, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12.
- Wilde, M. (2008): Das Contextual Model of Learning – ein Theorierahmen zur Erfassung von Lernprozessen in Museen. *Theorien in der biomediedidaktischen Forschung*, Springer Verlag.
- Zimmerman, B. J. (1998). Academic studying and the development of personal skill: A selfregulatory-perspective. *Educational Psychologist*, 33(2/3), 73-86.

Kontakt

Dr. Christine Waltner
LMU München
Theresienstr. 37
80333 München
Christine.waltner@physik.uni-muenchen.de

Autoreninformation

Dr. Christine Waltner unterrichtete vier Jahre als Physik- und Mathematiklehrerin am Gymnasium München Moosach. Seit 2004 arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl der Didaktik der Physik an der LMU in München und promovierte 2008 zum Thema „Physik lernen im Deutschen Museum“.

Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner ist Inhaber des Lehrstuhls für Didaktik der Physik an der LMU München. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten und in der Entwicklung von Lernumgebungen für den Physikunterricht in allen Stufen.