

Selbst reguliertes Lernen mit Multimedia im Physikunterricht

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)

vorgelegt dem Fachbereich
Psychologie und Sportwissenschaften
der Goethe-Universität
Frankfurt am Main

von

Dipl.-Psych. Anita Püttmann
geb. 22.6.59 in Frankfurt am Main

1. Gutachterin: Prof. Dr. Regina Vollmeyer
2. Gutachterin: Prof. Dr. Margarete Imhof

Frankfurt, am Main, im Juni 2008

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	
1	THEORETISCHER TEIL	8
1.1	Selbst reguliertes Lernen	8
1.1.1	Lernen	8
1.1.2	Historischer Abriss und Begriffsbestimmung des selbst regulierten Lernens	10
1.1.3	Neuere Modelle des selbst regulierten Lernens	13
1.1.4	Zusammenfassung	26
1.2	Motivation	27
1.2.1	Begriff	27
1.2.2	Theorien	28
1.2.3	Erfassung	32
1.2.4	Flow	38
1.2.5	Zusammenfassung	42
1.3	Multimedia und Physik	43
1.4.	Herleitung der Fragestellung der vorliegenden Arbeit	51
2	PILOTSTUDIE	55
2.1	Hypothesen	55
2.2.	Methode	56
2.2.1	Stichprobenbeschreibung	56
2.2.2	Untersuchungsdurchführung	57
2.2.3	Messinstrumente	59
2.3	Ergebnisse	66
2.3.1	Vorbereitende Analysen	66
2.3.2	Hypothesenüberprüfende Analysen	89

2.4	Diskussion	96
3	HAUPTSTUDIE	99
3.1	Hypothesen	99
3.2	Methode	101
3.2.1	Stichprobenbeschreibung	101
3.2.2	Untersuchungsdurchführung	102
3.2.3	Messinstrumente	106
3.3	Ergebnisse	109
3.3.1	Vorbereitende Analysen	110
3.3.2	Hypothesenüberprüfende Analysen	135
3.3.3	Vergleich der Daten beider Studien	151
3.4	Diskussion	156
4	ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN	169
5	ZUSAMMENFASSUNG	188
6	LITERATURVERZEICHNIS	191
7	ANHANG	211
7.1	Material	211
7.2	Danksagung	252
7.3	Erklärung	253
7.4	Lebenslauf	254

Einleitung

Nach zwanzig Jahren in der Praxis (Jugendpsychologischer Dienst, psychotherapeutische Tätigkeit in eigener Praxis und in einer Klinik für Herz- und Gefäßerkrankungen sowie vier eigene Kinder) ging ich an meine alte Universität zurück, da ich gerne wieder theoretisch und wissenschaftlich arbeiten wollte. Es ergab sich die Möglichkeit, im Institut für Psychologie an einem Projekt im Themenbereich „Selbst reguliertes Lernen“ mitzuarbeiten. Nicht nur aufgrund meiner eigenen Erfahrungen begeisterte mich das Thema. Seit dem schlechten Abschneiden der deutschen Schüler (*) bei Vergleichsstudien wie PISA werden die Möglichkeiten, Kinder besser lernen zu lassen, in unserer Gesellschaft heftig diskutiert. Und angesichts der sich schnell verändernden Arbeitswelt geht man heute davon aus, dass wir alle in einem lebenslangem Lernprozess stehen müssen.

Knauer (2005, S. 1) schreibt zum Thema „Pädagogische Konzepte für Ganztagschulen“: *„Grundsätzlich soll im Sinne einer lebendigen Lernkultur in deutschen Schulen künftig weniger „Belehrung“ stattfinden. Vielmehr sollen Heranwachsende anregungsreiche, vielfältige Lernlandschaften vorfinden, in denen sie sich, eingebettet in verlässliche soziale Zusammenhänge, entfalten, ihr Wissen und Können aktiv aneignen und selbst gestaltend teilhaben und mitwirken können“*. Internate und Privatschulen im Inland, aber auch gerade im angelsächsischen Ausland, haben das schon lange erkannt (ebd., S. B2) und setzen darauf, den Lernenden in eine aktive Rolle zu bringen. Der Lehrer wechselt in die Funktion eines Mentors, der die Schüler motiviert und stützt. So sollen die Stärken jedes Einzelnen zum Tragen kommen, und die Schüler lernen, wie sie selbständig Wissen erwerben können.

Zum Thema selbst reguliertes Lernen schreiben Schneider und Knopf (2003, S. 213): *“Verstehen ist nicht das Ergebnis der Übertragung von Wissen vom Lehrenden auf den Lernenden“*. Sie postulieren, dass Verstehen das Ergebnis eines aktiven Konstruktionsprozesses auf Seiten des Lernenden ist. Ein Schüler soll Zusammenhänge selbst

(Zur besseren Lesbarkeit werde ich im Folgenden nur Schüler schreiben, wenn ich Schüler und Schülerinnen meine. Sollte nur der männliche Teil der Schüler gemeint sein, wird dies im Text explizit ausgeführt. Dies soll keine Benachteiligung oder Diskriminierung der Schülerinnen sein, sondern die Lesbarkeit des Textes verbessern)*

entdecken und ermutigt werden, eigene Lösungswege zu finden. Dieselben Autoren (ebd., S. 182) zitieren die Lernprozesse nach Stigler aus dem Jahre 2001 (vgl. auch Stigler & Hiebert, 1999), wonach Lernen abhängt von der Aufnahmebereitschaft und -kapazität, vom Lernmaterial und dem Lernangebot. In das Zentrum des wissenschaftlichen Interesses sind an die Stelle der Faktoren wie Begabung zurzeit motivationale Faktoren wie Ausdauer und Durchhaltevermögen getreten. Wer mit Spaß und Lernfreude arbeitet, wird mehr Übungszeit aufwenden und eine höhere Kompetenz erlangen.

In den 70iger Jahren wurde der Begriff des „Flow“ geprägt, der zum „Lernen mit Freude“ passt. Vergleichen wir hierzu die Ausführungen von Csikszentmihalyi (2001, S. 41 ff.): „Wer Denkvorgänge bis zu einer gewissen Tiefe ausführen will, muss lernen, sich zu konzentrieren Die Konzentration verlangt umso größere Anstrengungen, je stärker sie unseren Gefühlen und Motivationen „gegen den Strich“ geht Wenn man aber etwas gern tut und dazu auch motiviert ist, kann man sich sogar dann mühelos konzentrieren, wenn sich objektiv große Schwierigkeiten einstellen“. Und derselbe Autor schreibt an anderer Stelle (1992, S. 15): „Jeder hat schon erlebt, dass man . . . sich in Kontrolle der eigenen Handlungen, als Herr des eigenen Schicksals fühlt. Bei diesen . . . Gelegenheiten spürt man ein Gefühl der Hochstimmung, von tiefer Freude Die besten Momente ereignen sich gewöhnlich, wenn Körper und Seele eines Menschen bis an die Grenzen angespannt sind, in dem freiwilligen Bemühen, etwas Schwieriges und Wertvolles zu erreichen“.

Die Flow-Theorie ist beim Studium der intrinsischen Motivation nützlich. Wenn man so in eine Tätigkeit vertieft ist, dass nichts anderes eine Rolle zu spielen scheint, lernt man scheinbar mühelos. In der Diskussion über Freiarbeit, einer Organisationsform des Unterrichts, und dem Lernprozess unter dem Aspekt der „Polarisation der Aufmerksamkeit“ kommt Heimbring (1992, S. 78) zu dem Schluss: „Zur Konzentration [der Aufmerksamkeit] kommt es erst, wenn ein Kind im Hinblick auf eine Beschäftigung ein Interesse äußert, das die ganze Person einbezieht. Dazu gilt als Hauptkennzeichen das Aufgehen in einer Arbeit, einer interessanten, frei gewählten Arbeit, die die Kraft hat zu konzentrieren“. Diese Montessori Idee kommt dem Prinzip des Flows schon sehr nahe.

Und nun kann man feststellen, dass das Konzept des *selbst regulierten Lernens* (SRL) alle diese Bereiche zusammenführt. Beim selbst regulierten Lernen geht es um Motivation, Flow, Strategien, Emotionen und Metakognition. Selbstverständlich ist es wichtig, Lernenden zu vermitteln, wie Lernen funktioniert, ihnen also sozusagen Anleitungen an die Hand zu geben. In vielen Schulen werden inzwischen Seminare wie „Lernen zu lernen“ angeboten, so auch in der Bischof-Neumann-Schule, wo meine Untersuchung durchgeführt wurde.

Deswegen habe ich auch bewusst auf das Aufzählen von bisher bekannten Lernstrategien verzichtet, diese sind an anderem Orte (vgl. Artelt, 2000) bereits ausreichend beschrieben und in der Pädagogischen Psychologie lange schon in der Praxis erprobt.

Der Erwerb allgemeiner Lernstrategien ist aber nur eingeschränkt nützlich (Schneider & Knopf, 2003, S. 228). Je allgemeiner eine Lernstrategie ist, desto weniger Nutzen hat sie. Wenn spezifische Lernstrategien wie zum Beispiel Selbsterklärungsstrategien in Verbindung mit inhaltlichem Wissen erworben werden, ist das hingegen förderlich. In ihrer Dissertation mit dem Thema „Strategie und Lernerfolg“ schreibt Spörer jedoch (2003, S. 42): „Im Vergleich zu den motivationalen Aspekten des Lernens, die einen erheblichen Beitrag zur Vorhersage des Schulerfolgs leisten, ist der Einfluß der Lernstrategien auf den Lernerfolg erstaunlich gering“.

An anderer Stelle schreibt sie zwar: „Der erfolgreiche Umgang mit Texten stellt ohne Zweifel eine Basiskompetenz für das lebenslange Lernen in allen Bereichen dar“ (ebd., S. 46). Kritisch äußert sie sich aber zu den bisherigen Beobachtungsstudien und dem Problem, dass durch die bisherige Art der Erforschung der Denkvorgänge der Denkvorgang unterbrochen und damit in seinem Ablauf gestört wird. Sie kommt zu dem Fazit: „Bisher scheint es jedoch nicht ausreichend gut gelungen, das Lernverhalten valide abzubilden“ (ebd., S. 64). Sie entwickelte als Alternative zu der Erfassung mittels Fragebögen strukturierte Interviews, schreibt aber selbstkritisch: „Ob mithilfe des hier vorgestellten Interviews das tatsächliche strategische Vorgehen erfasst wurde, bleibt letztlich offen und muss in weiterführenden Studien geprüft werden. Es besteht somit Bedarf an Untersuchungen, in denen z. B. die Interview-Angaben mit handlungsnahen Beobachtungen verglichen werden“ (ebd., S. 208).

Spörers Überlegungen waren für die vorliegende Untersuchung wichtig. Aus ihrer Arbeit wird ersichtlich, dass zum einen die Kenntnis von Lernstrategien noch nicht den Lernerfolg bestimmen oder erklären kann und zum anderen die Erforschung des Lernvorgangs über Fragebögen und Interviews nicht ausreicht. Hier muss eine zusätzliche Beobachtung des Lernvorgangs im Schulalltag erfolgen. Dies sollte auch in der vorliegenden Arbeit geschehen: Schüler im Schulalltag „erforschen“, nicht Studenten in einer Laborsituation (vgl. Resnick, 1987).

Es bleibt das Problem: Die Schulunlust ist heute sehr hoch. Alles Wissen um das Wie des Lernens bleibt vergeblich, wenn die Schüler nicht lernen wollen. Und gerade mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht liegt es im Argen. Hier schnitten deutsche Schüler besonders schlecht ab. Auch das Interesse der Schüler und besonders der Schülerinnen an Fächern wie Chemie oder Physik ließ in den letzten Jahren immer mehr nach. Heute bemühen

sich die Universitäten verstärkt um die Heranführung der Schüler an die entsprechenden Studiengänge, aber der Erfolg ist trotz guter Berufsaussichten mäßig. Schon spricht man von einem zu erwartenden Ingenieurmangel. Deshalb schien mir gerade dieser Fachbereich besonders erforschungswürdig.

Warum habe ich in dieser Arbeit Multimedia eingesetzt? Schon lange und meines Erachtens zunehmend beherrscht der Computer die Kinderzimmer (vgl. Knoll, Kolfhaus, Pfeifer & Swoboda, 1986), und auch im Schulalltag kommt dieses Medium verstärkt zum Einsatz. Es bietet objektive Erfassungsmöglichkeiten des selbst regulierten, eigenständigen Lernens und ist in seinen Möglichkeiten bislang noch zu wenig untersucht.

So kam es zu dieser Arbeit.

1. THEORETISCHER TEIL

Als Einstein einmal gefragt wurde, woher er seine Begabung habe, antwortete er: Ich habe keine besondere Begabung, sondern bin nur leidenschaftlich neugierig. (Wickert, 1972, S. 97)

1.1 Selbst reguliertes Lernen

1.1.1 Lernen

Definition des Lernens

Um den Begriff des *selbst regulierten Lernens* einzuführen, bedarf es zunächst einer kurzen Erläuterung des Begriffs „Lernen“. Arnold, Eysenck und Meili (1991, S. 1239) schreiben: „Obwohl Lernen der am meisten untersuchte Gegenstand der Psychologie ist, liegt keine einheitliche Definition vor: die Vielzahl der Definitionsversuche lässt sich aber mit vertretbarer Ungenauigkeit in folgender Formulierung zusammenfassen: *Mit Lernen werden relativ überdauernde Änderungen der Verhaltensmöglichkeiten bezeichnet, soweit sie auf Erfahrung zurückgehen*“. Nach Dorsch (vgl. Häcker & Stapf, 2004) ist *Lernen* ein Sammelname für verschiedene komplexe Prozesse, die zur „latenten Verhaltensänderung durch Erfahrung“ führen. Das populäre Verständnis von Lernen im Sinne als „Kenntnisse erwerben“, „Memorieren“, „Sich Einprägen durch wiederholtes Aufsagen“, „Bewegungsabläufe wiederholen“ bezeichnet er als irreführend, „weil es den Vorgang des Übens mit dem eigentlich gemeinten umfassenderen Prozess, der zu einer Verhaltensänderung führen kann, gleichsetzt“ (ebd., S. 546).

Im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man also unter Lernen das Erreichen eines Lernfortschritts aufgrund gezielter Anstrengung und Übung, zum Beispiel das Lernen von Vokabeln. Der psychologische Lernbegriff ist weiter gefasst. Darunter fallen alle mehr oder weniger überdauernden Verhaltensänderungen aufgrund von Erfahrung, Übung oder Beobachtung, unabhängig davon, ob diese Veränderungen mit einem Leistungszuwachs verbunden oder absichtlich herbeigeführt sind.

Lerntheorien

Viele unterschiedliche Theorien haben Ansätze geliefert, wodurch Lernen zustande kommt und wie Lernprozesse verlaufen (Gage & Berliner, 1996; Krapp & Weidenmann, 2001). Frühneuzeitliche Vorstellungen des Lernens bestanden darin, dass einem Lernenden etwas „eingetrichtert“ werden kann („Nürnberger Trichter“, Harrsdörfer, 1647), dass also jedem Lerner ohne Anstrengung durch einen Lehrer Lerninhalte vermittelt werden können. Im letzten Jahrhundert befasste man sich verstärkt mit dem Thema Lernen. Watson (1913), der Begründer des Behaviorismus, beschrieb ein Signallernen, das „Klassische Konditionieren“. Ein Säugling lernt beispielsweise seinen Kopf auf einen bestimmten Klingelton hin zu drehen, wenn er dann wiederholt sein Milchfläschchen bekommen hat. Hier wurde eine Reaktion auf einen ursprünglich neutralen Reiz gelernt. Thorndike (1932) stellte fest, dass Menschen durch Versuch und Irrtum lernen und dazu neigen, das Verhalten beizubehalten, welches zu einer Belohnung führt. Beispielsweise lernt ein Kind, dass es durch Quengeln mehr Süßigkeiten bekommen kann und wird dieses Verhalten noch verstärken.

Kognitive Lerntheorien beziehen das Denken und Fühlen in den Lernvorgang ein. Bandura (1988) betonte besonders das Modelllernen und zeigte beispielsweise die Zunahme kindlicher Aggression durch Fernseh Vorbilder (Bandura, Ross & Ross, 1963). Konstruktivistische Lerntheoretiker (Reich, 2006) stellen den Lernenden in den Mittelpunkt des Geschehens, das heißt, was jemand unter bestimmten Bedingungen lernt, hängt vor allem von dem oder der Lernenden selbst und seinen/ihren Erfahrungen ab. Lernen aus konstruktivistischer Sicht ist dann am effektivsten, wenn der Lerner seinen Lernprozess selbst steuern kann. Neuere Ansätze in der Lernforschung beziehen die Ergebnisse der jüngsten Gehirnforschung mit ein (Spitzer, 2002). In der vorliegenden Arbeit interessiert vor allem der aktive, bewusste, selbst gewollte Lernprozess mit all seinen beteiligten Mechanismen.

Exkurs : Lernen, Alter und Physik

In seinem Buch „Entwicklungspsychologie des Jugendalters“ schreibt Fend (2000), dass Lernen kein psychisch isoliertes Ereignis ist, sondern vielmehr in die Bedürfnisstruktur des Menschen eingebettet ist. Einen Gedanken, der sich speziell mit dem Lernen in den Naturwissenschaften beschäftigt, will ich an dieser Stelle aufgreifen. Fend schreibt, dass die beginnende Schulzeit bis zum Eintritt der Pubertät eine Zeit der großen Lernbereitschaft sei, in der grundlegende Arbeitshaltungen erworben werden. In der Adoleszenz, also der Phase, in der sich meine Probanden befinden (vgl. Abschnitt 2.2.1), bestehe aber zum einen die Gefahr von Arbeitsstörungen, wie jeder Lehrer berichten kann. Zum anderen sei zu beobachten, dass

es einen Einbruch bei den Mädchen in der Einschätzung ihrer Leistungsfähigkeit im naturwissenschaftlichen Bereich gibt, was umso erstaunlicher ist, als die Mädchen die besseren Durchschnittsnoten haben (ebd., S. 356). Fend sieht es als vordringliche Aufgabe, Gefühle des Unvermögens bei Mädchen in technischen und experimentellen Fragestellungen in Physik abzufangen (ebd., S. 30).

Nach Spitzer (2002, S. 14) kann der Mensch besser als alle anderen Lebewesen auf der Welt lernen und er geht soweit zu sagen, der Mensch „kann nichts besser und tut nichts lieber!“ In seinem Buch betont er, wie wichtig eine positive Grundstimmung für das Lernen ist und benennt die neuesten Forschungen über die Verarbeitung des Gelernten. Interessant in diesem Zusammenhang für mein Thema ist sein Kapitel „Schnelle Physik und langsamer Frieden“. Hier schreibt er: „In jungen Jahren verfügt man nicht nur über eine große Lernkonstante, d. h. man lernt rasch, sondern auch über ein großes Arbeitsgedächtnis und über eine rasche Verarbeitungsgeschwindigkeit. Untersuchungen haben gezeigt, dass Arbeitsgedächtnis und Verarbeitungsgeschwindigkeit mit dem Alter abnehmen . . . Es wundert keineswegs, dass die bahnbrechenden Entdeckungen in Mathematik und Physik . . . von jungen Leuten gemacht wurden . . . Anders ist es in den Sozialwissenschaften . . . Im Bereich der sozialen Interaktion lernen wir zeitlebens dazu . . . Aufgrund dessen, was wir über das Funktionieren des Gehirns wissen, sind jedoch ältere Menschen in einer besseren Position als jüngere, Probleme des Zwischenmenschlichen bzw. des Psychosozialen zu überschauen . . . Wir wollen aus gutem Grund nicht von einem 20jährigen regiert werden, und Friedensnobelpreisträger sind zum Zeitpunkt ihrer ‚Großtat‘ älter als Nobelpreisträger für Physik“ (ebd., S. 282). Für mich bedeuten diese Aussagen, dass es wichtig ist, Mädchen möglichst in jungen Jahren für Physik zu begeistern.

1.1.2 Historischer Abriss und Begriffsbestimmung des selbst regulierten Lernens

Woher stammt der Gedanke des selbst regulierten Lernens?

Der Begriff der Selbstregulation findet sich nicht in meinem 30 Jahre alten Psychologischen Wörterbuch (Dorsch, 1976). Der Begriff des selbst regulierten Lernens ist noch nicht alt, aber er greift auf Ideen der Reformpädagogik zurück. Stellvertretend für andere Vertreter der Reformpädagogik werden hier als Vorreiter Montessori und Kerschensteiner genannt.

So hat schon die italienische Ärztin und Pädagogin Montessori (1870 - 1952) zu Beginn des letzten Jahrhunderts die Eigenaktivität beim Lernen in den Vordergrund gestellt.

Die Montessoripädagogik war experimentell in dem Sinn, dass sie Kinder beobachtete und darauf hin passende didaktische Techniken entwickelte, um den Lernprozess zu optimieren. Der Kern der Montessoripädagogik kann man in dem Satz: „Hilf mir, es selbst zu tun“ zusammenfassen (Montessori, 1952). Das Werk der Italienerin findet noch heute weltweit große Beachtung, ihre Ideen sind in Tausenden von Montessorischulen verwirklicht (Kahn, Dubble & Pendleton, 1999).

Fast unbekannt (vgl. Heimbring, 1992) sind die Werke des deutschen Pädagogen Kerschensteiner (1854 - 1932). Er war ursprünglich Physik- und Mathematiklehrer und entwickelte einen eigenen pädagogischen Ansatz. Er wollte, dass Schüler eigentätig lernen, nicht nur vorgetragenes Lernen reproduzieren (vgl. das Trichtermodell). Sein Schwerpunkt lag auf der praktischen Arbeit, er war der Begründer der sogenannten Arbeitsschule zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Er war der Meinung, dass jeder Schüler eine Eigenbewertung seiner Leistungen vornehmen sollte und hatte als Unterrichtsziel das Prinzip der Selbsttätigkeit, das bedeutet, dass der Lernende eine Tätigkeit aus eigenem Antrieb und mit eigener Zielstellung durchführt.

Auf solchen Gedanken der Reformpädagogik basiert heute beispielsweise die Freiarbeit. Hier setzt sich der Lerner ein Lernziel, das er in Eigenleistung und mit einem hohen Maß an persönlicher Freiheit zu erreichen versucht (Heimbring, 1992). Konstruktivistischer Unterricht geht diesen Weg heute weiter und entwickelt neue Unterrichtsformen (Rhöner, Skischus, & Thies, 1998).

Aber schon viel früher gab es ähnliches Gedankengut. Der chinesische Philosoph Konfuzius (551 – 479 v. Chr.) beispielweise räumte dem Lernen eine hohe Priorität ein. Seiner Auffassung nach ist die Charakterbildung nur durch Bildung möglich, diese wiederum muss aber auch selbst erarbeitet sein. Es gibt einen bekannten Spruch, der ihm zugeschrieben wird (Roetz, 2006) und der sein Denken zusammenfasst:

"Erzähle mir und ich vergesse.

Zeige mir und ich erinnere.

Lass es mich selber tun und ich verstehe." (Konfuzius)

Abgrenzung zu ähnlichen Begriffen

Mit dieser Kurzdarstellung wird schnell klar, dass das selbst regulierte Lernen kein gänzlich neues Konstrukt ist. Es gibt auch viele Begriffe, die ähnlich klingen wie zum Beispiel *selbstbestimmtes Lernen, selbst organisiertes Lernen, selbst kontrolliertes Lernen,*

selbst gesteuertes Lernen oder autonomes Lernen. Der Begriff des selbst orientierten Lernens wird gerade in Schulen vielfach propagiert (Herold & Landherr, 2003). Allen diesen Begriffen ist gemein, dass sie erstens von einer inneren Selbstregulierung des Lernenden ausgehen, zweitens von einer äußeren Selbststeuerung und letztlich einer Selbstorganisation des Lernenden im *Sinne eines selbst verantwortlich Sein des Lernenden für seinen Lernprozess.*

Der Begriff der Selbstorganisation findet sich schon bei dem griechischen Philosophen Aristoteles (384 – 322 v. Chr; vgl. Höffe, 2005). Der chilenische Neurobiologe Maturana (geb. 1928; vgl. Maturana & Varela, 1980) sprach von der *Autopoiesis* als dem Prinzip der Selbsterschaffung und –erhaltung eines Systems. Der Schweizer Entwicklungspsychologe Piaget (1896 - 1980; vgl. Scharlau, 1996) hatte, obwohl er kein Lerntheoretiker war, große theoretische Wirkung auf den Kognitivismus, denn er betonte die selbständige und aktive Verarbeitungsfähigkeit eines Lernenden. Das Gedankengut des Systemtheoretikers Luhmann (2002) oder das des Kybernetikers von Glasersfeld (1996) greift diese Ideen auf und entwickelt sie eigenständig weiter. Ich belasse es bei dem Begriff des selbst regulierten Lernens, weil dort die Regulierung im Sinne eines Regulierungskreislaufs enthalten ist. Damit wird dem Lernprozess als einem Prozess der Rückkoppelung vom Lernen zum Lernenden meines Erachtens am besten entsprochen. Er wird auch in der Psychologie heute vorrangig verwendet.

Definition des selbst regulierten Lernens

Wann der Begriff *selbst reguliertes Lernen* zum ersten Mal verwendet wurde, lässt sich nicht mehr herausfinden. In den letzten zwanzig Jahren des letzten Jahrhunderts wurde er jedenfalls in der Pädagogik und der Psychologie sehr gebräuchlich. Allerdings ist man sich nicht einmal über die Schreibweise einig. In meiner Literaturrecherche habe ich verschiedene Schreibarten (selbstreguliert, selbst reguliert und self-regulated) gefunden und mich für die mittlere entschieden. Das selbst regulierte Lernen (als SRL abgekürzt) ist aber nicht nur eine Methode und eine Voraussetzung für erfolgreiches Lernen, sondern gleichzeitig Ziel der Erziehung. Eine einzige umfassende Definition gibt es meines Erachtens bisher nicht, da durch unterschiedliche Modellvorstellungen unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. „There is no simple and straightforward definition of the construct of self-regulated learning“ (Boekaerts & Corno, 2005, S. 199). Ich werde daher im Folgenden zunächst einige Autoren zu Wort kommen lassen.

Nach Weinert (1982) bezeichnet man Lernformen als selbst reguliert, wenn „der Handelnde die wesentlichen Entscheidungen, ob, was, wann und wie und woraufhin er lernt, gravierend und folgenreich beeinflussen kann“ (ebd., S. 102).

Nach Schiefele und Pekrun (1996, S. 258) ist selbst reguliertes Lernen „eine Form des Lernens, bei der die Person in Abhängigkeit von der Art ihrer Lernmotivation selbstbestimmt eine oder mehrere Selbststeuerungsmaßnahmen (kognitiver, metakognitiver, volitionaler oder verhaltensmäßiger Art) ergreift und den Fortgang des Lernens selbst überwacht“.

Auch nach Boekaerts (1996) wird selbst reguliertes Lernen durch kognitive, motivationale und metakognitive Komponenten charakterisiert. Nach Spörer (2003, S. 86) liegt der Fokus der aktuellen Theorien zum selbstgesteuerten Lernen in der Verknüpfung der akademischen Ziele mit dem Lernen, das heißt, sozial-emotionale Ziele würden nahezu ausgeblendet. Dabei hat schon Zimmerman (1990, 1998) unter dem Begriff ‚selbst reguliertes Lernen‘ neben selbstbezogenen Kognitionen und konkreten Handlungen auch die Emotionen zur Erreichung eines Lernziels subsumiert (vgl. auch Zimmerman, Bonner & Kovach, 1996).

Es kann als gemeinsamer Nenner festgehalten werden, dass es viele Faktoren gibt, die Teil des selbst regulierten Lernens sind: Motivation, Volition (im Sinne von Willenskraft), Kognition, Metakognitionen, Emotionen, Strategien (beim Handeln, im Verhalten).

Als zusammenfassende Definition schlage ich folgende Formulierung vor: *Selbst reguliertes Lernen ist ein Prozess, der im Idealfall einen motivierten Lernenden zeigt, der emotional positiv gestimmt ist, kognitive und metakognitive Strategien kennt und anwendet, um ein selbst gesetztes Lernziel zu erreichen.*

1.1.3 Neuere Modelle des selbst regulierten Lernens

Es gibt verschiedene neuere Modelle des selbst regulierten Lernens (SRL), von denen fünf exemplarisch im Folgenden kurz dargestellt werden sollen. Ich habe diese Modelle nach ihrer Entstehungszeit beziehungsweise nach ihrer Bedeutung aufgelistet und ans Ende dieses Teils das Modell gestellt, auf dessen Theorie sich meine empirische Arbeit bezieht. Die Überschriften beziehen sich auf den oder die Autoren einer solchen Theorie. Eines der bekanntesten Modelle zum selbst regulierten Lernen stammt von Zimmerman.

Zimmerman

Zimmerman (2000, S. 13 ff.) sieht das selbst regulierte Lernen als einen Evolutionsvorteil des Menschen. Er untersucht das selbst regulierte Lernen, seine Entwicklung, Komponenten, Zweck und Dysfunktionen aus dem Blickwinkel der sozial-kognitiven Forschungsrichtung. Aus dieser sozial-kognitiven Perspektive versteht Zimmerman die Selbstregulation als Interaktion von Persönlichkeit, Verhalten und Umwelt und entwickelt ein triadisches Modell der Selbstregulierung.

Selbstregulierung erfordert zum einen die Fähigkeit, mit allen Eventualitäten der Umwelt selbst zu recht zu kommen und zum anderen die Klugheit und Zuversicht, diese Fähigkeiten in relevanten Situationen tatsächlich einzusetzen. Selbstregulation bezieht sich damit auf Gedanken, Gefühle und Handlungen, die geplant sind und periodisch an persönliche Ziele angepasst werden. Diese Definition unterscheidet sich von Definitionen, die Selbstregulation als ein isoliertes Merkmal betrachten.

Zimmermans Prozessdefinition der Selbstregulation kann erklären, warum jemand eine Leistung selbst reguliert und eine andere nicht. Seine Sichtweise unterscheidet sich auch von metakognitiven Definitionen, die nur das Wissen und Anwenden von kognitiven Strategien betonen. Metakognition ist auch für Zimmerman wichtig, aber Selbstregulation hängt in spezifischen Leistungssituationen eben auch ab von Selbstvertrauen und Gefühlsreaktionen wie Zweifeln oder Ängsten. Wie man in solchen Leistungssituationen abschneidet, wird nach seinem Modell von situationsabhängigen inneren Prozessvariablen beeinflusst wie zum Beispiel der Selbstwirksamkeitswahrnehmung. Unter *self-efficacy* versteht er den Glauben an die eigenen Fähigkeiten zum Organisieren und Ausführen von Handlungen, die notwendig sind, um bestimmte Aufgaben erfolgreich zu bewältigen.

Selbstregulierung ist nach Zimmerman ein zyklischer Prozess, da das Feedback früherer Leistungen einen Einfluß hat auf aktuelle Bemühungen. Dies ist auch nötig, da sich persönliche, Verhaltens- und Umweltfaktoren während des Lernens verändern. Unter *covert self-regulation* versteht er die Überwachung und Anpassung kognitiver und gefühlsmäßiger Zustände wie Bilder zum Erinnern oder Entspannen. Die *behavioral self-regulation* umfasst Selbstbeobachtung und strategische Anpassungsleistungen wie die Auswahl der passenden Lernmethode. Und *environmental self-regulation* beinhaltet das Beobachten und Anpassen von Umgebungsbedingungen. Die Genauigkeit und Konstanz von Lernern, wie sie die drei genannten Quellen der Selbstkontrolle überwachen, beeinflusst ihre strategische Anpassung und ihr Selbstbild. Er nimmt an, dass diese drei Rückmeldungsschleifen offen sind, d.h. dass

Lerner proaktiv nach neuen Herausforderungen suchen und reaktiv auf vorhandene Herausforderungen reagieren. Der zyklische Prozess gliedert sich nach Zimmerman in drei Phasen (siehe Abbildung 1), die ich im Folgenden genauer beschreibe:

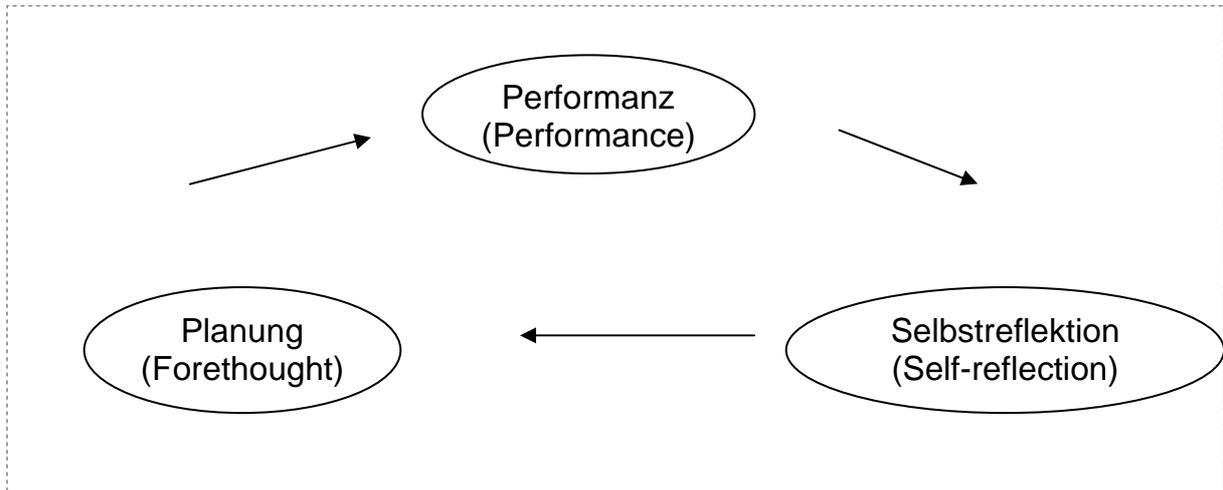


Abbildung 1: Die drei zyklischen Phasen der Selbstregulation nach Zimmerman (2000).

1. Phase der Planung (forethought)

In der Phase der Planung oder Voraussicht kommt es zu einer Analyse der Aufgabe und zu einer selbstmotivierenden Überzeugung (*self-motivational beliefs*). Bei der Analyse der bevorstehenden Aufgabe setzt man sich zu einem Prozessziel, das in sich belohnend ist, als auch Ergebnisziel. Und zum anderen bedarf es einer strategischen Planung. Man muss die passenden Methoden für die gestellte Aufgabe und die Umgebung auswählen. Solche auszuwählenden Strategien können kognitiver, gefühlsmäßig unterstützender oder motorischer Art sein.

Diese genannten Selbstregulierungsfähigkeiten muss man aber auch einsetzen wollen. Dazu bedarf es selbstmotivierender Fähigkeiten wie Selbstwirksamkeitsüberzeugung (*self-efficacy*), dem Nützlichkeitsglauben (*outcome expectations*), intrinsischer Motivation (*intrinsic interest/ value*) sowie Zielorientierung (*goal orientation*). Vor allem auf die Bedeutung der Selbstwirksamkeitsüberzeugung legt Zimmerman großen Wert. Sie beeinflusst die Auswahl der akademischen Lernstrategien, das Zeitmanagement, das Widerstehen von gegensätzlichen Peer-Group-Einflüssen, die Selbstüberwachung, Selbstbewertung und schlussendlich die angemessene und doch anspruchsvolle Zielsetzung.

Zimmerman schreibt dazu „The more capable people believe themselves to be, the higher the goals they set for themselves and the more firmly committed they remain to those goals. When people fall short of attaining their outcome goals, those who are self-efficacious

increase their efforts, whereas those who are self-doubters withdraw” (2000, S. 18). Diese Auffassung werde ich in meiner Arbeit später aufgreifen. Wenn es eine Rolle spielt, für wie fähig sich jemand hält, dann müsste es möglich sein, durch entsprechende Instruktionen diese Haltung zu verstärken und damit das Lernergebnis zu verbessern.

2. Leistungsphase und Willenskontrolle (*performance/ volitional control*)

In dieser Phase spielen Selbstkontrolle und Selbstbeobachtung eine große Rolle. Zur Selbstkontrolle gehören Fähigkeiten wie *self-instruction*, also das Verbalisieren des Vorgehens, *imagery*, also das Verwenden von unterstützenden Bildern, Eselsbrücken etc., *attention focusing*, um Ablenkungen zu widerstehen und *task strategies* wie Notizen machen, Schlüsselwörter suchen etc.

Bei der Selbstbeobachtung geht es um das Nachspüren der eigenen Darstellung und Ausführung, Umgebungsbedingungen und Wirkungen. Meist kann man nur auf einige Aspekte oder Details gleichzeitig achten. Günstig wirkt es sich aus, wenn man beim *self-recording* darauf achtet, dass man die Beobachtung in zeitlicher Nähe zum Auftreten des Verhaltens registriert, man ein aufschlussreiches und genaues Feedback erstellt und auf positives Verhalten statt auf negatives achtet. Des Weiteren ist bei der Selbstbeobachtung die Variable *self-experimentation* zu erwähnen, wo man durch systematisches Variieren des Vorgehens die erfolgsauslösenden Faktoren herauszufinden sucht.

3. Selbstreflektionsphase (*self-reflection*)

Eng verbunden mit der Selbstbeobachtung sind die Prozesse *self-judgement* und *self-reaction*. Zum ersteren gehört die Selbstbewertung der Leistung, sowohl im intraindividuellen Sinne der Erlangung einer Meisterschaft und Steigerung gegenüber früher gezeigten Leistungen als auch im interindividuellen Sinne eines normativen Vergleichs mit anderen und ein Gruppenkriterium bei Teamarbeit. Auch eine Ursachenzuschreibung ist in dieser Phase interessant. Wenn man nämlich die Ursache für ein Scheitern bei einer Aufgabe im fehlerhaften Lernstil sieht, bleibt man motiviert.

Zur *self-reaction* gehören ebenfalls zwei Prozesse. Wenn man ein positives Gefühl nach vollbrachter Leistung hat, motiviert das für die Zukunft. Dies nennt Zimmerman *self-satisfaction/ affect*. Je nachdem, zu welcher Überzeugung man kommt, werden Rückschlüsse für die Zukunft gezogen. Er unterscheidet zwischen zwei Möglichkeiten von Rückschlüssen (*adaptive - defensive*). Angepasste Rückschlüsse führen zu einer Verbesserung der Selbstregulierung. Defensive Rückschlüsse wie ein Hilflosigkeitsgefühl, Verschleppung,

Vermeidung der Aufgabe, Apathie oder kognitives Abschalten führen zu einer Selbstbehinderung, die eine Weiterentwicklung blockiert.

Diese drei Phasen der Selbstregulierung verlaufen als zyklischer Prozess. Ein Schlüsselmerkmal bei der Selbstregulierung ist das Zusammenspiel von persönlichen, sozialen und Umgebungseinflüssen. Nach Zimmerman sind Menschen, die Umwelteinflüsse negativ bewerten, schlechte Selbstregulierer. Die sozial-kognitive Theorie betont die Umwelteinflüsse in allen drei Bereichen des triadischen Prozesses. Zimmerman (2000) beschreibt verschiedene Methoden zur Erfassung der Selbstregulation. Man hat die Struktur der Selbstregulation durch Auswertung empirischer Quellen wie Interviews, klinischer Studien bei Dysfunktionen und experimentelle Untersuchungen erforscht.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich dieses sehr allgemeine, aber umfassende Modell auf vielerlei Lernprozesse anwenden lässt. Es kann für den Erwerb motorischer Fähigkeiten wie Skifahren ebenso herangezogen werden wie für den Erwerb kognitiver Fähigkeiten wie Lesen lernen. Es eignet sich aufgrund der großen Bedeutung der Selbstreflektion und aufgrund der vielen bedachten möglichen Einflussvariablen besonders gut für das Erfassen von komplexen Lernprozessen, die sich über einen längeren Zeitraum hinziehen. Für meine Untersuchungen wäre genau deshalb nicht geeignet.

Winne

Nach Winne ist jeder Mensch selbst reguliert, allerdings mit unterschiedlicher Effektivität, das heißt, die Quantität und Qualität des Selbstregulationsprozesses einzelner Personen können sich stark unterscheiden. Winne selbst zufolge (Winne & Perry, 2000) kann man das selbst regulierte Lernen unter zwei Gesichtspunkten betrachten. Zum einen kann man darunter eine Begabung verstehen, also ein bleibendes Merkmal einer Person, welches zukünftiges Verhalten vorhersagt. Dies nennt er selbst reguliertes Lernen als *aptitude*. Und auf der anderen Seite kann man selbst reguliertes Lernen als *event*, als Ereignis, verstehen, welches zu einem bestimmten Moment auftritt.

Dies ist dann interessant, wenn man selbst reguliertes Lernen messen will. Im Falle des selbst regulierten Lernens als *aptitude* kommen Self-Report-Questionnaires, aber auch strukturierte Interviews und Lehrerbeurteilungen in Frage. Versteht man SRL als *event*, dann wird man Methoden wie lautes Denken, Fehler finden, Spuren lesen oder Beobachten wählen. Unter „Spuren lesen“ bzw. *Trace Methodologies* verstehen Winne und Perry (2000, S. 551):

„Traces are observable indicators about cognition that students create as they engage with a task“. In diesem Fall wählt man sozusagen einen indirekten Beweis für das Auftreten von selbst reguliertem Lernen anhand des gezeigten Verhaltens eines Lernenden.

Nach Winne ist es in jedem Fall sinnvoll, mehrere Methoden zu kombinieren, um Modelle des selbst regulierten Lernens zu bilden und zu testen, um möglichst viele Komponenten des SRL zu erfassen. Seine Definition der Komponenten lautet (Winne & Perry, S. 533): „The term self-regulated is associated with forms of learning that are metacognitively guided, at least partly intrinsically motivated and strategic“. Sein Modell des selbst regulierten Lernens besagt, dass es verschiedene kognitive Phasen beim SRL gibt. Die erste Phase nennt er *Defining the Task*. Hier wird eine Aufgabe wahrgenommen und mit bereits gelösten Aufgaben verglichen. In der zweiten Phase, die er *Goals and Plans* nennt, trifft ein Lerner eine Entscheidung, wie er sich der Aufgabe nähern will und welches Ziel er hat. In der dritten Phase, *Enacting Tactics*, genannt, überprüft ein Lerner zur Verfügung stehende Taktiken auf ihre Angemessenheit. Und schlussendlich kommt es in der vierten Phase zur *Adapting Metacognition*, hier passt der Lerner erforderlichenfalls seine Lernstrategien an die tatsächlichen Lernbedingungen an.

Winne versteht selbst reguliertes Lernen nicht als einen linearen Prozess, sondern als einen periodisch wiederkehrenden Kreislauf, wo Monitoring und Feedback eine zentrale Rolle spielen. „Metacognitive monitoring is the gateway to self-regulating one’s learning“ (ebd., S. 540). Wenn beispielsweise in Phase 3, wo es um das Aussuchen der richtigen Taktik zum Lernen oder Problemlösen geht, die Taktik „Versuch und Irrtum“ nicht zum Erfolg führt, dann geht ein selbst regulierter Lerner zurück zu Phase 1 (*Defining the Task*), um noch mal die Aufgabe genauer zu analysieren.

Das Modell von Winne verträgt sich mit der Auffassung von Zimmerman, betonen doch beide den zyklischen Prozess. Winnes Modell ist aber spezifischer, es betont neben der Selbstreflektion auch die Wichtigkeit von Feedback und untersucht die einzelnen Phasen der Vorbereitung des Lernprozesses genauer. Für diese Arbeit ist seine Auffassung prägend, dass selbst reflektiertes Lernen häufiger als *event* gemessen werden sollte und dass man sich dazu um das Erfassen von beobachtbaren Verhaltensspuren von Lernenden bemühen sollte. Schlussendlich ruft er dazu auf, nicht nur Studenten für Studien heranzuziehen, sondern auch jüngere Schüler. Sein Modell ist aber wie das von Zimmerman sehr komplex und wurde von daher für diese Arbeit verworfen.

Pintrich

Pintrich (2000) stellt fest, dass beim selbst regulierten Lernen Selbstregulationsmodelle auf das Lernen, besonders auf akademisches Lernen in Schulen angewendet werden. Nun gibt es verschiedene Modelle mit verschiedenen Konstrukten und Annahmen, aber seiner Meinung nach liegen allen Modellen Gemeinsamkeiten zugrunde. Gemeinsam ist, dass alle Modelle Lernende als aktive, konstruktive Teilnehmer im Lernprozess sehen. Zweitens gehen alle Modelle davon aus, dass Lernende ihre Kognition, Motivation, ihr Verhalten und ihre Umgebung in einem bestimmten Maße kontrollieren und regulieren können. Drittens gibt es ein Kriterium, also einen Standard, ein Ziel oder auch Referenzwert, nach dem sich ein Lernender richtet, wie ein Thermostat im Haus, und sein kognitives Streben daraufhin regelt. Viertens werden Selbstregulations-Tätigkeiten als Mediatoren zwischen persönlichen und Umweltcharakteristiken und der gezeigten Leistung betrachtet.

Pintrichs Modell enthält vier Phasen in vier Bereichen der Regulation. Die erste Phase nennt er *Forethought, planning and activation*. In dieser Phase der Planung nimmt man beispielsweise die Aufgabe wahr, setzt sich ein Lernziel und plant seinen zeitlichen Einsatz. Die zweite Phase, *Monitoring* genannt, besteht aus verschiedenen Überwachungsprozessen. Der Lerner überprüft beispielsweise seine Fähigkeiten, seine Motivation oder sein Bedürfnis nach Hilfe. Die dritte Phase ist die der Kontrollanstrengungen, genannt *Control*. Hier sucht man beispielsweise bestimmte kognitive oder motivationale Strategien aus oder verstärkt oder verringert seinen Lerneinsatz. Phase vier, *Reaction and reflection* genannt, besteht beispielsweise aus einer Selbstbeurteilung des Lerners bezüglich seines Könnens oder seiner Motivation, einer Beurteilung der Umgebung, der Aufgabe oder des eigenen Lernverhaltens.

Diese vier Phasen sind nach Pintrich nicht hierarchisch aufgebaut. Sie kommen in vier verschiedenen Bereichen vor, nämlich der Kognition, der Motivation und den Gefühlen, im Verhalten und auch in der äußeren Umgebung. In all diesen 16 Bereichen kann ein Lerner selbst regulierend eingreifen.

Auch Pintrichs Modell ist sehr komplex. Zwar bezieht er motivationale Konstrukte in den Lernprozess ein, sein Schwerpunkt liegt aber auf der Zielorientierung. Er unterscheidet zwischen einer generellen Zielorientierung und aufgabenspezifischen Zielen. Dies ist nicht der Schwerpunkt dieser Arbeit, von daher habe ich sein Modell nicht weiter verwendet. Für die weitere Forschung hält Pintrich es für unablässlich, bei zukünftigen Untersuchungen zum selbst regulierten Lernen „contextual affordances and constraints in the environment“

(Pintrich, 2000, S. 493) stärker als bisher zu variieren und selbst reguliertes Lernen im schulischen Kontext zu untersuchen. Dies zu tun habe ich mich bemüht.

Boekaerts

Für Boekaerts (1996, 1997) spielt das Vorwissen beim selbst regulierten Wissen eine zentrale Rolle. „Students not only perceive and appraise the new information, they actively construct it on the basis of activated prior knowledge“ (Boekaerts, 1996, S. 110). Sie stellt ein hierarchisches Rahmenmodell mit sechs Komponenten vor (vgl. Abbildung 2). Ihrer Auffassung nach ist das selbst regulierte Lernen immer zielgerichtet, und konstruktives Lernen baut auf verschiedenen Arten von Vorwissen auf. Sie unterscheidet zwei Regulationssysteme, ein kognitives bzw. metakognitives System inklusive Lernstrategien und ein motivationales System. Kognitionen und Motivationen lassen sich jeweils in drei Ebenen gliedern, nämlich in bereichsspezifisches Wissen, in Strategiegebrauch und in Ziele.

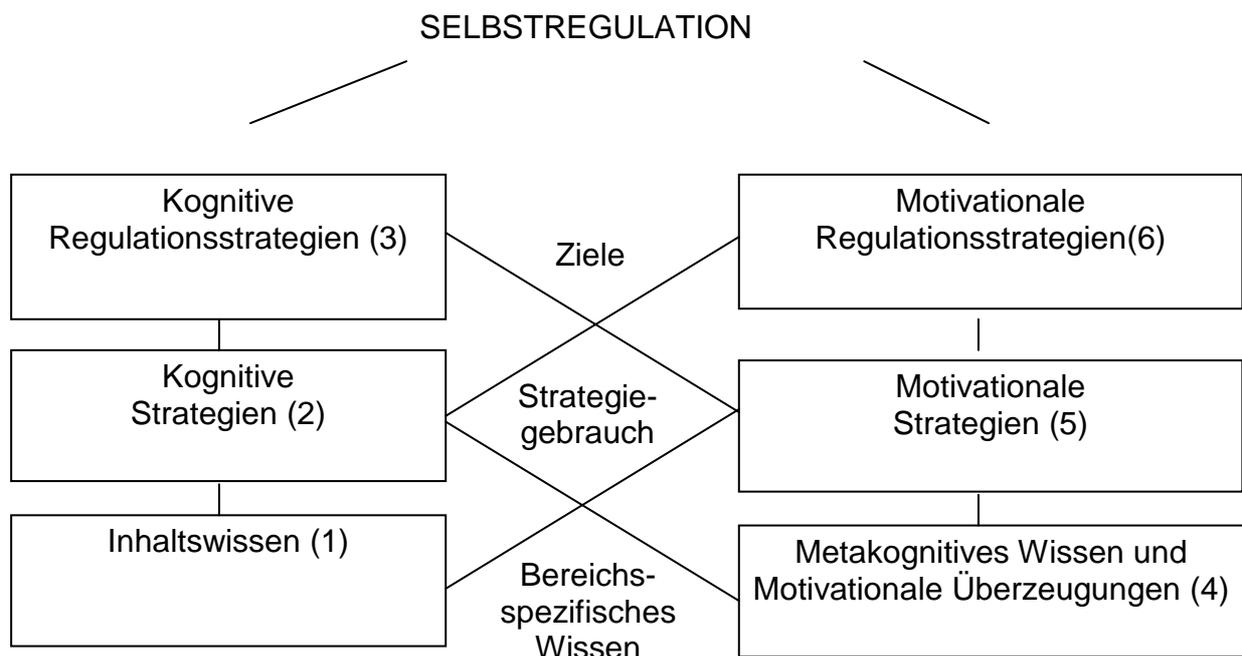


Abbildung 2: Boekaerts Sechskomponentenmodell des selbst gesteuerten Lernens.

Zum Bereich Kognition gehören folgende Komponenten: Komponente 1 beinhaltet das deklarative und prozedurale Wissen, zum Beispiel die Kenntnis von Definitionen und die Kenntnis von Formeln. Komponente 2 beinhaltet kognitive Strategien wie zum Beispiel das

Elaborieren oder Wiederholen oder das Generieren von Fragen. Bei Komponente 3 geht es um das Wissen von Lernzielen oder die Überwachung des eigenen Lernfortschritts, man könnte dies auch als metakognitive Strategie bezeichnen. Zum Bereich der Motivation gehört auch eine metakognitive vierte Komponente, nämlich metakognitives Wissen und motivationale Überzeugungen, die den Lernprozess aufrecht erhalten (zum Beispiel Zielorientierungen oder Anstrengungsüberzeugungen). Die fünfte Komponente enthält motivationale Strategien wie Copingprozesse zur Stressreduktion oder Attribuierungen. Die sechste Komponente, die motivationalen Regulationsstrategien, verknüpft beispielsweise die Verhaltensintention mit dem Handlungsplan. Die kognitiven und motivationalen Komponenten des Modells sind nicht unabhängig voneinander, sondern sie beeinflussen sich gegenseitig. Beispielsweise lösen motivationale Überzeugungen (Komponente 4) auch die Anwendung von bestimmten kognitiven Strategien aus (Komponente 2) oder bilden Lernintentionen aus (Komponente 5).

In diesem Modell ist das Wissen um und die Anwendung von Lernstrategien eine zentrale Bedingung für selbst reguliertes Lernen. Durch die Identifizierung lernförderlicher kognitiver und metakognitiver Strategien sind in der pädagogisch-psychologischen Forschung unzweifelhaft auch viele Verbesserungen zustande gekommen (Spörer, 2003; Wild & Schiefele, 1993).

Der Schwerpunkt meiner Arbeit liegt aber auf dem Bereich der Motivation beim selbst regulierten Lernen, und deshalb verzichte ich im theoretischen Teil auf die weitere Darstellung und im empirischen Teil auf die Erfassung von Metakognitionen und Lernstrategien. Das ist an anderer Stelle bereits ausreichend getan worden (vgl. Artelt, 2000; Wild & Schiefele, 1993). Auch kann die Bedeutung, die Boekaerts dem Vorwissen für das weitere Lernen einräumt, für die vorliegende Arbeit vernachlässigt werden, da die Probanden sich ein unbekanntes Thema erarbeiten sollten. Insofern kam das Selbstregulationsmodell von Boekaerts als theoretische Grundlage nicht in Frage. Stattdessen stelle ich nun ein weiteres neues Modell vor, das zwar auch sowohl die Kognition als auch die Motivation beim selbst regulierten Lernen für wesentlich hält, der Motivation zu Beginn des Lernens jedoch eine zentrale Rolle zuweist.

Vollmeyer und Rheinberg

Meine Studien basieren auf dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell in Lern- und Leistungssituationen von Vollmeyer und Rheinberg (1998). In der folgenden Abbildung 3 sind die zentralen Elemente des Modells dargestellt.

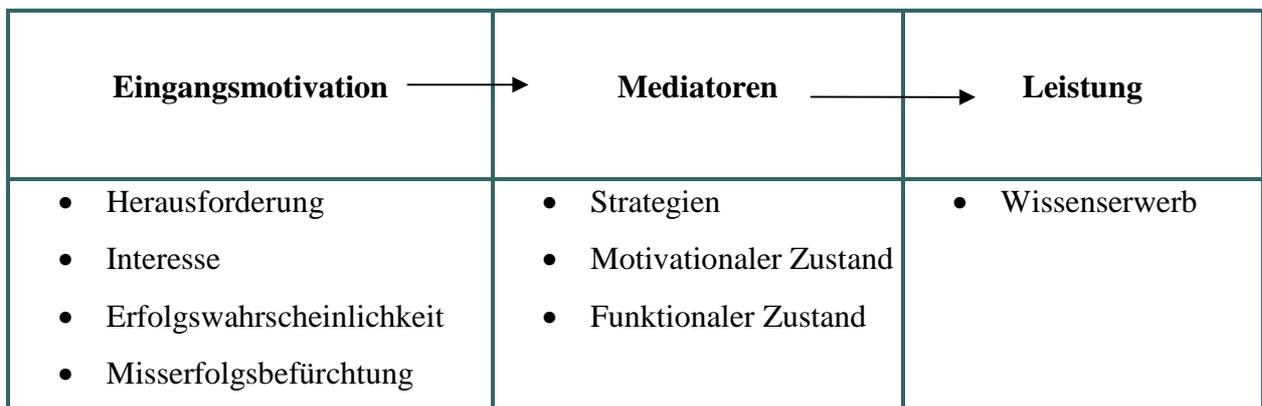


Abbildung 3: Kognitiv-motivationale Prozessmodell (nach Vollmeyer & Rheinberg, 1998).

Dieses Modell besagt, dass der entscheidende Faktor beim selbst regulierten Lernen die Motivation zu Beginn des Lernvorgangs ist, wenn das Vorwissen gering ist. Eine Aufgabe oder eine Situation aktiviert das Motivsystem einer Person und dadurch entsteht in diesem Moment eine spezifische aktuelle Motivation. Diese Motivation vor Beginn des Lernens oder Problemlösens, d.h. die Eingangsmotivation, hat einen Einfluss auf die Wahl der Strategie und die Motivation während der Bearbeitung einer Lernaufgabe. Die eingesetzten Strategien, die aktuelle Motivation während des Lernens sowie der funktionale Zustand während des Lernens (zum Beispiel die Stärke der Konzentration oder die aufgewendete Anstrengung, also das sogenannte Flow-Erleben) beeinflussen nach dem Modell wiederum die Leistung, d.h. den Wissenserwerb bzw. das Anwenden von Wissen. Wie der Name des Modells besagt, wirkt die Eingangsmotivation demnach über *kognitive Mediatoren* im Sinne von Auswahl und Anwendung bestimmter Lernstrategien sowie über *motivationale Mediatoren* wie „Motivationaler Zustand beim Lernen“ und „Funktionaler Zustand beim Lernen“ auf die Performanz.

Der Begriff Mediator ist vom Lateinischen *mediator*, dem „Mittler“ abgeleitet. Er vermittelt zwischen einem Prädiktor und einem Kriterium in einem Prozess. Eine Mediatorvariable bedeutet im Falle des Prozessmodells, dass drei potentielle Mediatoren zwischen der Eingangsmotivation und dem Wissenserwerb vermitteln.

Eingangsmotivation

Bei der Eingangsmotivation lassen sich nach Vollmeyer und Rheinberg (1998, 2000) vier Aspekte unterscheiden,

nämlich die Herausforderung: nimmt der Lernende die Situation als eine Leistungssituation wahr?

das Interesse am Thema der zu bearbeitenden Aufgabe, d. h. der Inhalt des Lernens ist dem Lernenden selbst wichtig

die Erfolgswahrscheinlichkeit, d.h. die Erwartung des Lernenden, die Aufgabe in Abhängigkeit eigener Fähigkeit und Aufgabenschwierigkeit lösen zu können

sowie die Misserfolgsbefürchtung, d. h. die Angst vor Versagen.

Beim selbst regulierten Lernen sind alle diese vier Faktoren wichtig. Sie werden im Kapitel 1.2 zum Thema Motivation noch einmal genauer betrachtet. Hier vorab nur einmal als Beispiele: Für die Bereitschaft des Lernalters, eigene Lernaktivitäten zu organisieren, ist es wichtig, ob der Inhalt interessiert oder eine Situation als Herausforderung erlebt wird. So stellt Krapp (vgl. Vollmeyer & Brunstein, 2005, S. 23) fest, dass hochinteressierte Lerner ausdauernder bei der Sache sind, sich mehr anstrengen und anspruchsvollere Lernstrategien verwenden.

Mediatoren

Die Höhe der Eingangsmotivation wirkt sich nach dem Modell allerdings nicht direkt auf die Leistung aus, sondern diese Beziehung ist vermittelt über die Wahl der (Lern- oder Problemlöse-) Strategie, der aktuellen Motivation während der Bearbeitung und dem Funktionszustand (dem Flow-Erleben). Zum Thema Motivation und Flow folgt ein eigenes Kapitel (vgl. Abschnitt 1.2). Hier einige Vorabinformationen:

Die *Motivation während des Lernens* beinhaltet nach dem vorgestellten Modell die gleichen Faktoren Herausforderung, Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung wie bei der Eingangsmotivation. Der *funktionale Zustand während des Lernens* wird durch das Konstrukt *Flow* gut wiedergegeben und deshalb spreche ich im Folgenden nur noch von Flow, wenn ich den Funktionszustand während des Lernens beschreibe. Flow bezieht sich auf das reflexionsfreie Aufgehen in einer glatt laufenden Tätigkeit; Anforderungen und Fähigkeiten passen zusammen, trotz hoher Beanspruchung hat man das Gefühl alles unter Kontrolle zu haben. Der Einfluss der Eingangsmotivation und der Motivation während des Lernens auf die Leistung ist bisher gut untersucht worden (vgl.

Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001; Vollmeyer & Rheinberg, 2000) und hier besonders der Zusammenhang von Interesse und Leistung (vgl. Krapp, 1999; Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993; Niemivirta & Tapola, 2007). Es gibt deshalb seit langem das Bestreben, die Motivation im Unterricht zu erhöhen (vgl. Rakoczy, 2006). Der Einfluss des *Flow-Erlebens* auf die Leistung ist dagegen bisher weniger häufig in Studien überprüft worden, die Ergebnisse sind zudem widersprüchlich (siehe Rheinberg, 2004a, S. 156 ff.).

Lernstrategien werden in der Pädagogischen Psychologie seit langem erforscht (vgl. Artelt, 2000). Strategien organisieren die Informationsverarbeitung und unterstützen das Management von Zeit, Motivation und Emotion. Unterschiedliche Begriffsfassungen führen zu unterschiedlichen Operationalisierungen. Man kann kognitive Lernstrategien (wie Elaborieren und Organisieren) von metakognitiven Lernstrategien (wie das Überwachen des Lernerfolgs) oder ressourcenorientierten Lernstrategien, die sich in erster Linie auf das Schaffen geeigneter Rahmenbedingungen konzentrieren, unterscheiden.

Die Erfassung der Selbstregulationsfähigkeit und die Erfassung der verwendeten Lernstrategien erfolgt in der Regel (vgl. Artelt & Moschner, 2005) mittels Fragebogen wie beispielsweise LIST (*Lernstrategien im Studium*, vgl. Wild & Schiefele, 1994), MSLQ (*Motivated Strategies for Learning Questionnaires*, vgl. Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1991) oder KSI (*Kieler Lernstrategien-Inventar*, vgl. Baumert, Heyn & Köller, 1992). Ich habe darauf verzichtet, diese Variablen zu erfassen, weil es mir in erster Linie darum ging, die Motivation beim Lernen (vgl. Kapitel 1.2, besonders 1.2.3 und 1.2.4) und den tatsächlichen Lernprozess mit dem in diesem Moment beobachtbaren Verhalten objektiv zu messen (vgl. Jamieson-Noel & Winne, 2003), also das direkt beobachtbare Verhalten aufgrund kognitiver Lernstrategien und nicht theoretische Kenntnisse von Lernstrategien oder generelle Selbstregulationskompetenzen.

Leistung

Die Eingangsmotivation wirkt nach dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell über Mediatoren auf die Leistung. Um diesen Zusammenhang nachzuweisen, muss ich die Leistung erfassen. Wie kann man Leistung operationalisieren und messen? Die Erfassung der Intelligenz ist ein uraltes Thema in der Psychologie, viele Verfahren sind dazu entwickelt worden (vgl. Krech, Crutchfield & Livson, 1974). Die Erfassung von Wissen war und ist in der Pädagogik und in den Schulen das zentrale Thema für eine Leistungsbeurteilung (vgl. Schmitz, 1977). Wie ein Leistungstest aufgebaut ist, lernen Psychologiestudenten im Fach „Testkonstruktion“. Ich setze das als bekannt voraus. Um den Wissenserwerb beim kognitiv-

motivationalen Prozessmodell zu erfassen, bedarf es entsprechender Aufgaben, Lernfragebögen oder Leistungstests, die das Wissen beziehungsweise den Lernzuwachs nach einer Lernepisode abfragen.

Insgesamt ist das kognitiv-motivationale Prozessmodell als theoretischer Hintergrund für meine Fragestellung geeignet. Es beinhaltet sowohl kognitive als auch motivationale Komponenten beim selbst regulierten Lernen. Es lässt sich auf eine spezifische, einmalige Lernsituation anwenden, es macht klare Vorgaben, welche Prozessvariablen zu erfassen sind und welcher Art die Zusammenhänge sein sollen. Wie hat sich nun diese Theorie bisher in der Praxis bewährt?

Studien zum kognitiv-motivationalen Prozessmodell

Diese Theorie bzw. das zuletzt vorgestellte Modell hat sich bewährt. In einer Studie (Vollmeyer & Rheinberg, 1998) mit 48 Studenten, die mit einem computersimulierten System lernten, zeigten sich modellgemäß motivationale Einflüsse auf Erwerb und Anwendung von Wissen.

Vollmeyer und Rheinberg (2000) testeten 51 Studenten, die freiwillig mit einem computersimulierten Biologielabor lernen konnten. Es zeigte sich in der Tat, dass ein Modell, was kognitive und motivationale Variablen enthält, die Leistung am besten vorhersagen kann. Die Eingangsmotivation beeinflusste die Leistung, die Rolle der Mediatoren blieb aber in dieser Studie ungelöst.

In einer weiteren Studie mit 107 Studenten von Rheinberg, Vollmeyer und Rollett (2002) konnte gezeigt werden, dass die Motivation die Leistung durch Mediatoren beeinflusste: Erstens durch die Qualität des Lernens (Strategien) und zweitens durch den motivationalen Zustand während des Lernens. Sie fanden fünf Lerntypen. Ein optimaler Lerntyp zeigte eine günstige Motivation, gute Fähigkeiten und gute Ergebnisse, weniger guten Lerntypen mangelte es an einem oder mehreren der genannten Faktoren.

In einer weiteren Studie wurde der Einfluss von motivationalen Faktoren auf das selbst regulierte Lernen in verschiedenen Aufgabenbereichen wie Lernen mit Hypermedia untersucht (Vollmeyer & Rheinberg, 2003). In allen hier zusammengetragenen Studien konnten die dem Modell zugrunde liegenden Annahmen bestätigt werden.

In einer eigenen Studie (Beierlein, Bachmann & Püttmann, 2005) konnte das Modell bei einer Untersuchung mit Psychologiestudenten beim Lernen mit einem Statistikprogramm bestätigt werden. Die gefundenen Korrelationsmuster unterstützten das kognitiv-

motivationale Prozessmodell. Es fand sich erwartungsgemäß kein direkter Zusammenhang zwischen der Eingangsmotivation und der Leistung, wohl aber zwischen der Motivation während des Lernens und dem Flow während des Lernens und der Leistung ($r = .53$, $p < .01$ bzw. $r = .52$, $p < .01$). Es erscheint in einem weiteren Schritt von Interesse, genauer nachzuforschen, welche konkreten Aktivitäten bzw. Lernstrategien die Schülerinnen und Schüler dabei realisieren.

1.1.4 Zusammenfassung

In den letzten Jahren und Jahrzehnten ist im Bereich des selbstregulierten Lernens viel geforscht worden. Das Thema Lernen wird zurzeit in unserer Gesellschaft vehement diskutiert. Einige Theorien zum Lernen und zum selbst regulierten Lernen wurden stellvertretend vorgestellt. Manche sind sich ähnlich. Sowohl Pintrich als auch Zimmerman sind von der Sozial-kognitiven Theorie des Lernens (Bandura, 1988) inspiriert worden, sie räumen den Umweltfaktoren einen großen Rang ein. Winne dagegen setzt einen ganz anderen Schwerpunkt, nämlich einen rein kognitiven mit der Betonung Planung und Taktiken. Boekaerts betont zusätzlich besonders das Vorwissen. Die meisten Theorien zum SRL gehen davon aus, dass dies ein zyklischer Prozess ist.

Es wurde dargelegt, welche Faktoren das selbst regulierte Lernen beeinflussen und welche ich davon in meiner Arbeit speziell aufgreifen werde, nämlich motivationale Faktoren und kognitive Faktoren. In den vorgestellten Modellen spielen Metakognition und Strategien eine Rolle, ich werde sie aber in meiner empirischen Arbeit nicht vermitteln oder erfassen, sondern meinen Schwerpunkt auf die Motivation beim selbst regulierten Lernen legen. Ich will in dieser Arbeit das selbst regulierte Lernen in einer spezifischen Lernsituation mit einem Computerprogramm in einer vorgegebenen Zeit untersuchen. Deshalb wird das Prozessmodell von Vollmeyer und Rheinberg (1998) für spezifische Lern- und Leistungssituationen als theoretische Grundlage und zum Ableiten der Hypothesen für die vorliegende Arbeit herangezogen.

Nach dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell von Vollmeyer und Rheinberg hat Motivation (mit den Faktoren Herausforderung, Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit, und Misserfolgsbefürchtung) einen Einfluß auf die Auswahl und Anwendung von Strategien und diese wiederum auf die Lernleistung. Weiterhin beeinflusst die Eingangsmotivation die Motivation und das Flow-Erleben während des Lernens und diese wiederum die Leistung.

Die Konstrukte Motivation und Flow und ihre Erfassung werden im nun folgenden Kapitel aufgegriffen. Bei den Lernstrategien geht es mir nicht um die Vermittlung von Strategien, sondern um eine objektive Erfassung des Lernverhaltens (vgl. Spörer, 2003). Dazu werde ich mich auf Neuland begeben, indem ich Lernstrategien nicht mittels Selbstberichtsverfahren erfasse, sondern durch Verhaltensspuren (*navigation traces*) als Ausdruck derjenigen Einstellungen und Kognitionen einer Person, die sich tatsächlich im Verhalten niederschlagen (Jamieson-Noel & Winne, 2003).

Abschließend könnte man sagen, dass beim selbst regulierten Lernen der Lernende im Mittelpunkt steht. Der Wissenserwerb ist eine Eigenleistung des Subjekts und damit biografieabhängig. Das selbst regulierte Lernen ist ein vielschichtiger kognitiver und motivationaler Prozess und gleichzeitig eine Haltung und ein faszinierendes Geschehen. Ich möchte dieses Kapitel mit den Worten von Zimmerman (2000, S. 13) schließen: „*Perhaps our most important quality as humans is our capability to self-regulate*“.

1.2 Motivation

Nachdem die verschiedenen Theorien zum selbst regulierten Lernen dargestellt wurden und die darin vorkommenden Konstrukte, soll an dieser Stelle auf eine Komponente näher eingegangen werden. In der vorliegenden Arbeit soll es speziell um die Motivation beim selbst regulierten Lernen gehen. Was ist denn nun zunächst Motivation?

1.2.1. Begriff

Motivation ist abgeleitet von lat. *motus* oder dem mittelalterlichen lat. *motivum*, der Bewegung. Dorsch (1976, S. 378) griff diese Abstammung auf und definierte ein Motiv als ein „Beweggrund für ein Verhalten“. In der neuesten Ausgabe des Dorsch (Häcker & Stapf, 2004, S. 613) findet sich diese Definition nicht mehr. In beiden Ausgaben ist nachzulesen, dass das Motivkonstrukt eingeführt wurde, um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass bei der Auswahl und Verfolgung von Zielen eine individuumsspezifische Konstanz zu beobachten ist. Intervenierende Motivationsvariablen sollen erklären, warum ein Mensch oder ein Tier sich unter bestimmten Umständen gerade so und mit dieser Intensität verhält. Motivationsvariablen sind neben den Umständen die wichtigsten Verhaltensdeterminanten. Rheinberg (2004a, S. 14) zitiert DeCharms, wonach „Motivation so etwas wie eine milde Form der Besessenheit“ sei.

Die Motivationspsychologie befasst sich nach Rheinberg (2004a, S. 13 ff.) damit, „Richtung, Ausdauer und Intensität von Verhalten zu erklären“. Unter Motivation versteht er die „*aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzuges auf einen positiv bewerteten Zielzustand*“. Motivation ist ein also hypothetisches Konstrukt, man kann es nicht unmittelbar beim Anderen wahrnehmen, sondern nur über Anzeichen erschließen und kennt es aus eigenem Erleben.

1.2.2. Theorien

Instinkte und Triebe

Warum tut man nun tatsächlich etwas Bestimmtes? Frühe Erklärungskonzepte befassten sich mit Instinkten und Trieben. Es gibt Anteile unseres Verhaltensrepertoires, die in ihrer motivationalen Grundstruktur angeboren sind, so lebenserhaltende Aktivitäten wie Essen und Trinken. Dieses angeborene Motivationssystem sichert unser Überleben wie auch das von Tieren. Auch im Sexual-, Brut- und Aufzuchtverhalten oder innerartlichen Sozialverhalten ist eine genetische Basis anzunehmen. Man denke nur an die bahnbrechenden Untersuchungen von Lorenz (1963, 1965). Weitere Bereiche sind das Ausdrucksverhalten (vgl. auch Pease, 2004), aber auch Grundtendenzen wie Flucht, Angriff, Orientierung. Über die Anzahl der Instinkte war man sich lange nicht einig. Nach McDougall (1932) gibt es mehr als 18 verschiedene Bereiche, in denen sich instinktive Tendenzen beim Menschen abspielen. Andere Autoren wie Ekman (1988) oder Izard (1971) gehen von sechs bis neun Grundemotionen wie Freude oder Scham aus, die sich als rudimentäre Motivationssysteme verstehen lassen.

Die Annahme, dass ein Teil unseres Verhaltens sich durch unsere Evolutionsgeschichte erklären lässt, wurde später durch das Triebkonzept erweitert. Auch hier geht man von einer angeborenen biologischen Grundlage aus. Während aber das Auftreten von Instinkthandlungen in der Regel an spezifizierte Schlüsselreize gebunden ist, kommt zum Beispiel das Triebkonzept Freuds (1905, 1938) ohne diesen Bezug aus. Die jeweils aktuelle Situation mit ihren Anreizen war für Freud weniger bedeutsam als die Vorstellung eines von innen, von einem sogenannten psychischen Apparat, angetriebenen Verhaltens. Nach Freud sind die Triebe dem Bewusstsein nicht zugänglich. Er ging von einer Anzahl möglicher Triebe aus, die beiden wichtigsten sind die Urtriebe Eros, der Lebenstrieb, und Thanatos, der Todestrieb. Sein Theoriegebäude soll hier nicht näher erläutert werden. Wichtig war jedoch für die Motivationspsychologie, dass man zum einen davon ausging, dass unbewusste

Wünsche die Motivation einer Person beeinflussen und trotz dieser Unkenntnis eine Person zielführend handelt.

Auch der Behaviorist Hull (1943) hat sich auf Triebkonzepte berufen. Er geht davon aus, dass ein Trieb und eine Gewohnheit zugleich auftreten müssen, um ein Verhalten zu erzeugen. Seine Annahme eines einzigen unspezifischen Triebes konnte nie bewiesen werden, ebenso wenig seine Annahme, dass alles Tun dazu dient, die Triebstärke zu verringern. Die Kritik an seinem Modell sollte nicht vergessen lassen, dass diesem Forscher der Verdienst zukommt, weg von der Spekulation hin zur Wissenschaft durch verstärkte empirische Untersuchungen die Motivation erforschen zu wollen.

Wechselwirkung von Instinkten und Situationsanreizen

Heute versucht die Motivationspsychologie, ein Verhalten als Ergebnis der Wechselbeziehung zwischen den Merkmalen einer Person wie seiner Instinkte und den Merkmalen einer bestimmten Situation wie Anreize zu erklären.

Einer der ersten, der dies erkannte, war Lewin. Wenn eine Aufgabe einen Aufforderungscharakter hat, zeigt sich eine Tendenz zur Vollendung dieser Aufgabe. Lewin (1931) sprach dann von „Bedürfnisspannung“, die durch das Lösen der Situation aufgelöst wird oder anderenfalls zu überschießenden Reaktionen oder neurotischem Fehlverhalten führt. Wichtig für die heutige Motivationsforschung ist, dass bereits Lewin erkannte, dass eine individuell unterschiedliche Biographie einzigartige Motivstrukturen in Individuen heranreifen lässt, die dann auch individuell erfasst werden müssen. Dies wird bei der Messung der Motivation zu berücksichtigen sein (vgl. Abschnitt 1.2.3 mit der Vorstellung eines Fragebogens zu aktuellen Motivation).

Murray (1943) konnte zeigen, dass die Wahrnehmung und Interpretation einer Situation abhängt von der Bedürfnisstärke des Wahrnehmenden. Er entwickelte zusammen mit Morgan den Thematischen Apperzeptionstest (TAT), durch den man Rückschlüsse auf die Bedürfnislage der Versuchsperson ziehen kann.

Leistungsmotivation

Lange Zeit hat man sich in der Motivationspsychologie speziell mit der Leistungsmotivation auseinandergesetzt (White, 1959). Jedes gesunde Kind hat den Drang, selbst etwas zu schaffen (vgl. Cube & Alshuth, 1986). Die Freude über eine gelungene Sache ist dann besonders hoch, wenn man sie selbst bewirkt hat. Ebenfalls typisch für hohe Leistungsmotivation ist die Tatsache, dass man Anforderungen bevorzugt, die man gerade

noch schaffen kann, die einen herausfordern (dieses Konzept wird im kognitiv-motivationalen Prozessmodell von Vollmeyer und Rheinberg aufgegriffen). Namen wie McClelland und Atkinson (1953) sind mit der frühen Erforschung der Leistungsmotivation verbunden.

Später kamen Theorien wie das Risikowahl-Modell von Atkinson (1957) dazu. Im Gegensatz zu den Instinkten oder Trieben wird das Leistungsmotiv nicht von sich aus aktiviert, sondern erst wenn eine Person in einer motivpassenden Situation ist, wird aus einem Personmerkmal „Motiv“ eine aktuelle Motivation (vgl. wieder das Prozessmodell von Vollmeyer & Rheinberg, 1998) Diesen Prozess nennt man Motivierung. Das Anspruchsniveau (Erfolgsanreiz) und die Erfolgswahrscheinlichkeit bestimmen gemeinsam die aktuelle Motivation einer Person, wobei es Hoffnung auf Erfolg und Furcht vor Misserfolg geben kann. Der Zusammenhang zwischen Motivation und Leistung hat sich in Folgeuntersuchungen als hoch komplex erwiesen und ist bis heute Gegenstand weiterer Forschung (vgl. Vollmeyer & Rheinberg, 1998).

Kognitive Wende

Über die Vermittlungsprozesse, also das, was sich in einem Menschen in einer bestimmten Situation abspielt, war damals noch wenig bekannt. Hier setzte nun im Zuge einer „kognitiven Wende“ das Selbstbewertungsmodell von Heckhausen (1972) an. Zu den bereits genannten Komponenten Anspruchsniveau und Ursachenzuschreibung kommt noch die Selbstbewertung hinzu, also ob man mit der eigenen Tüchtigkeit zufrieden ist. Diese Teilprozesse wirken wechselseitig aufeinander ein. Dieses Modell erinnert sehr an die zyklischen Modelle zum selbst regulierten Lernen.

Das erweiterte kognitive Motivationsmodell von Heckhausen und Rheinberg (1980) bezieht neben allen bisher erwähnten Faktoren auch noch die Folgen einer Handlung ins Kalkül ein. Als weitere Variable in der Motivationsforschung wurde von Bandura (1977) der Begriff der *self-efficacy* entwickelt. Der Unterschied liegt darin, dass bei der Ergebnis- oder Folgerwartung von Heckhausen und Rheinberg die Annahme besteht, dass eine Handlung ein bestimmtes Ergebnis herbeiführen kann. Die Wirksamkeitserwartung (*self-efficacy-expectation*) von Bandura geht darüber hinaus, indem jemand glaubt, diese erforderliche Handlung auch ausführen zu können.

Darüber hinaus ist noch eine weitere Variable in das Zentrum der Forschung gerückt, nämlich der Eigenanreiz einer Tätigkeit. Nach dem erweiterten kognitiven Motivationsmodell bestimmen nur die Folgen einer Handlung ihren Anreiz. Das ist zwar im Alltag und gerade im Schulalltag sicher häufig der Fall. Aber es gibt Tätigkeiten, deren Vollzug so lustvoll erlebt

wird, dass die Tätigkeit an sich der Anreiz selbst ist. Dies führte später zum Konzept des Flow (vgl. Abschnitt 1.2.4).

Frühe, dem Konstrukt Flow ähnliche Ansätze finden sich beispielweise in Bühlers (1919) *Funktionslust* oder Dunckers (1940) *dynamic joys*. Auch das Konzept der intrinsischen versus der extrinsischen Motivation zielt in eine ähnliche Richtung. Hier gibt es zwar verschiedene Auffassungen über die richtige Definition (Rheinberg, 2004a, S. 153). Ganz allgemein kann man aber formulieren: *Intrinsisch motiviert* sind Tätigkeiten, die allein um des Tätigkeitsvollzugs wegen ausgeführt werden. Rheinberg hat daher in das oben erwähnte erweiterte kognitive Motivationsmodell eine weitere Variable eingeführt und das Modell um die „tätigkeitszentrierten Anreize“ erweitert.

Abschließend und der Vollständigkeit halber soll noch auf die Bedeutung von *Willensprozessen* bei der Motivation eingegangen werden. Warum jemand etwas tut, was ihm während des Tuns besondere Freude bereitet, ist einleuchtend. Warum aber jemand Dinge tut, die ihm im Moment zuwider sind und gar keine Freude machen, ist Gegenstand der willenspsychologischen Forschung. Hier wurde untersucht, welche Selbstüberwindungsaktionen (wie Selbstermahnungen, Umbewertungen, Unterdrücken aversiver Vorstellungen und Akzentuieren positiver Folgen) es gibt, wie Realisierungschancen erhöht werden können (zum Beispiel durch Festlegung spezifischer Vorsätze beim Abnehmen oder Lernen). Auch die Rolle des Selbstbilds und dessen unbewusstem Einfluss auf das einer Handlung zugrunde liegende Motiv müssen noch weiter untersucht werden. Hierzu seien stellvertretend die Studien von Kuhl (1987) genannt.

Neue Ansätze in der Motivationsforschung

Obwohl damit ein kurzer und vorläufiger Überblick über die Entwicklung in der Motivationsforschung gegeben ist, möchte ich abschließend zwei neuere und sehr spezielle Forschungsrichtungen erwähnen, die die Physiologie des Menschen in die Psychologie einbeziehen. Zum einen möchte ich noch einmal auf das Konzept der intrinsischen Motivation zurück kommen. Intrinsisch motiviert bedeutet beispielweise für Deci und Ryan (1985), dass eine Handlung deshalb ausgeführt wird, weil die Handlung selbst als spannend, interessant und zufriedenstellend erlebt wird. Ihre Theorie ist als Selbstbestimmungstheorie bekannt geworden. Sie gehen davon aus, dass alle Menschen ein Bedürfnis nach Kompetenz und Selbstbestimmung haben und danach streben, dieses Bedürfnis zu befriedigen und intrinsische Motivation zu erleben. Diese Theorie basiert auf den Ideen von Hebb, Hunt und Berlyne. Bereits Hebb (1955) ging davon aus, dass jedes Individuum nach seinem optimalen

physiologischen Aktivierungsniveau strebt. Hunt (1965) spezifizierte dies, indem er davon ausging, dass der Mensch aus Neugier nach den Informationen sucht, die mittelmäßig von den bisher erwarteten Normen abweichen, aber inkongruente Informationen meidet. Berlyne (1974) sah diese Beziehung zwischen dem Wunsch nach Aktivierung und der tatsächlichen Aktivität als umgekehrt U-förmig. Das bedeutet, der Mensch sucht sein spezifisch passendes Aktivitätsniveau, in dem er sich wohlfühlt. Dies passt zu einem Spezialfall der Motivation, nämlich dem sogenannten Flow, von dem im nächsten Kapitel die Rede sein wird.

Und ich möchte noch auf eine zweite neue Entwicklung in der Psychologie hinweisen, nämlich die Einbeziehung der Hirnforschung. Man kann heute nachweisen, dass frühe prägende Erfahrungen die Ansprechbarkeit bestimmter Gene verändern. Nach dem Mediziner Bauer (2004, 2008) gibt es im Gehirn mehrere Motivationssysteme, die durch Botenstoffe angeregt und gesteuert werden. Durch den Botenstoff Dopamin kommt es zu einer Handlungsenergie (Tatendrang), Opiode sorgen für Wohlgefühl (Freude am Tun) und das Hormon Oxytocin sorgt für Vertrauensbereitschaft (Bindung). Bauer (2006) konnte nachweisen, dass durch Zuwendung (z. B. durch Blickkontakt) ebenso wie durch Musik oder Bewegung diese Motivationssysteme aktiviert werden, während durch ein Defizit im Erleben (beispielsweise durch mangelnde Anerkennung) Suchtmittel zur Kompensation von Unwohlseinsgefühlen interessant und wirksam werden. Die Gehirnforschung bestätigt die ewige Suche des Menschen nach Wohlgefühl und passender Stimulierung. Ehe ich damit zum Thema Flow überleite, möchte ich noch darlegen, wie man die Motivation in einer Lern- und Leistungssituation empirisch untersuchen und damit messbar machen kann.

1.2.3 Erfassung

Ein Diagnosesystem, das alle wesentlichen Komponenten des komplexen Motivationsgeschehens erfasst, stellt Rheinberg (2004a) vor. Es ist in Abbildung 4 dargestellt.

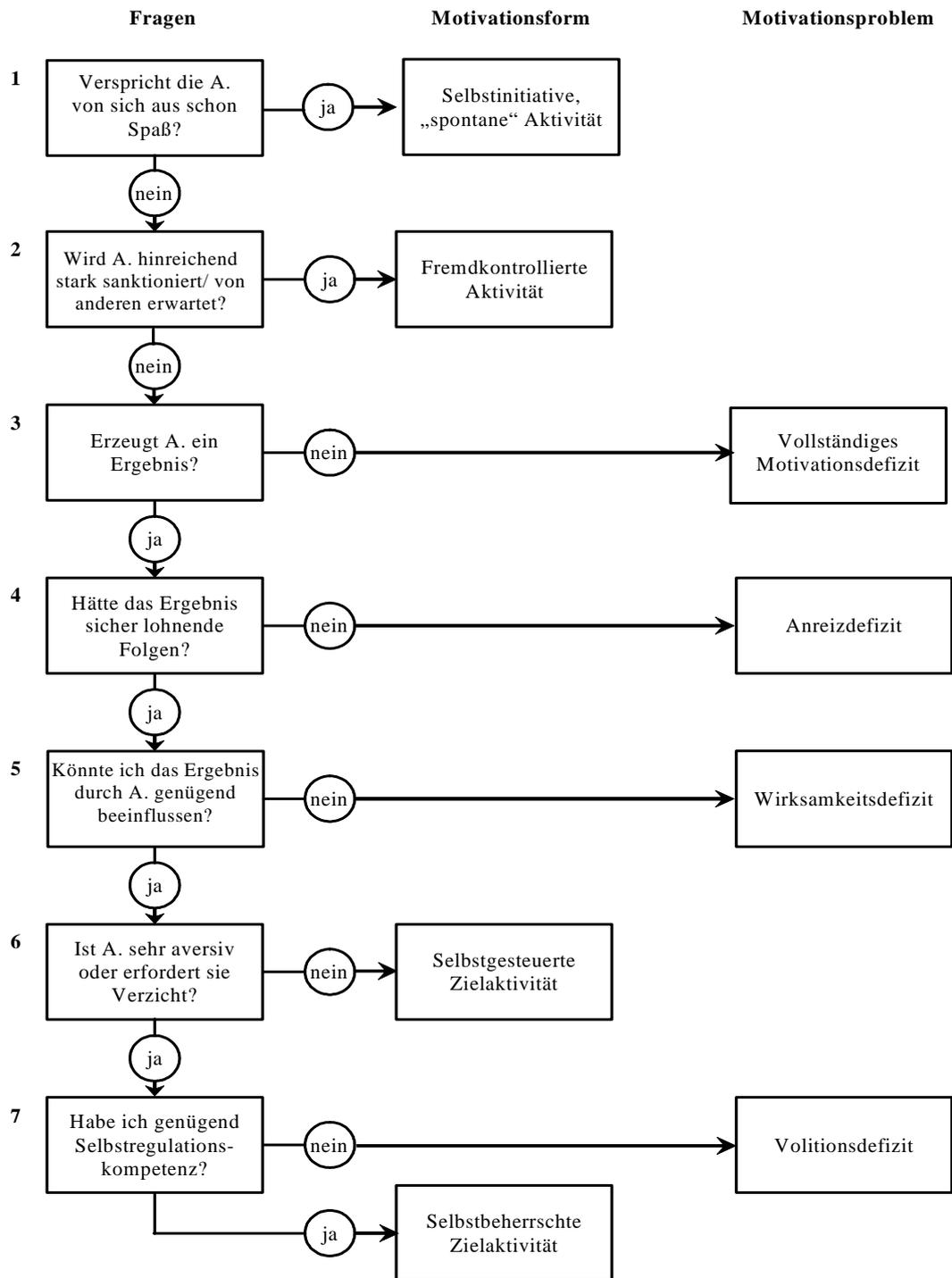


Abbildung 4: Diagnoseschema zu Bestimmung verschiedener Motivationsformen Motivationsprobleme (A = Aktivität) nach Rheinberg (2004a, S. 212).

Dieses Diagnoseschema erlaubt die Erfassung der Motivation eines Einzelnen und eignet sich als heuristisches Instrument, um Ursachen für ein Motivationsdefizit zu finden. Zu jedem dieser Teilfelder kann man passende Tests finden (Rheinberg, 2004b). In diesem Schema finden sich die meisten der im vorangegangenen Kapitel zur Motivation erwähnten

Komponenten der Motivation. In einer empirischen Untersuchung, wie sie hier vorliegt, kommt es aber darauf an, ein psychologisches Messinstrument einzusetzen, das sich in Studien bewährt hat und gut auszuwerten ist. Da außerdem meinen Studien das kognitiv-motivationale Prozessmodell als theoretisches Modell zugrunde liegt, braucht es ein Messinstrument, welches speziell die Eingangsmotivation umfänglich erfasst, die in dem oben abgebildeten Schema nicht explizit aufgeführt wird.

So konnten Vollmeyer und Rheinberg (2000) beispielsweise zeigen, dass gerade bei selbst regulierten Lernprozessen und anspruchsvollen Aufgaben Lernleistungen in nicht unerheblichem Maß davon abhängen, inwieweit die Probanden aktuell motiviert sind. Die aktuelle Motivation ist nach Rheinberg, Vollmeyer & Rollett (2000) ein Resultat aus Personfaktoren und Situationsfaktoren. Nur wenn ein situativer Anregungsgehalt gegeben ist, also eine Situation motivspezifische Befriedigungschancen in Aussicht stellt, und diese zur Motivstruktur einer Person passt, ist jemand aktuell motiviert. Diese aktuelle Motivation hat einen direkten Einfluß auf Verhalten, wie in Abbildung 5 dargestellt.

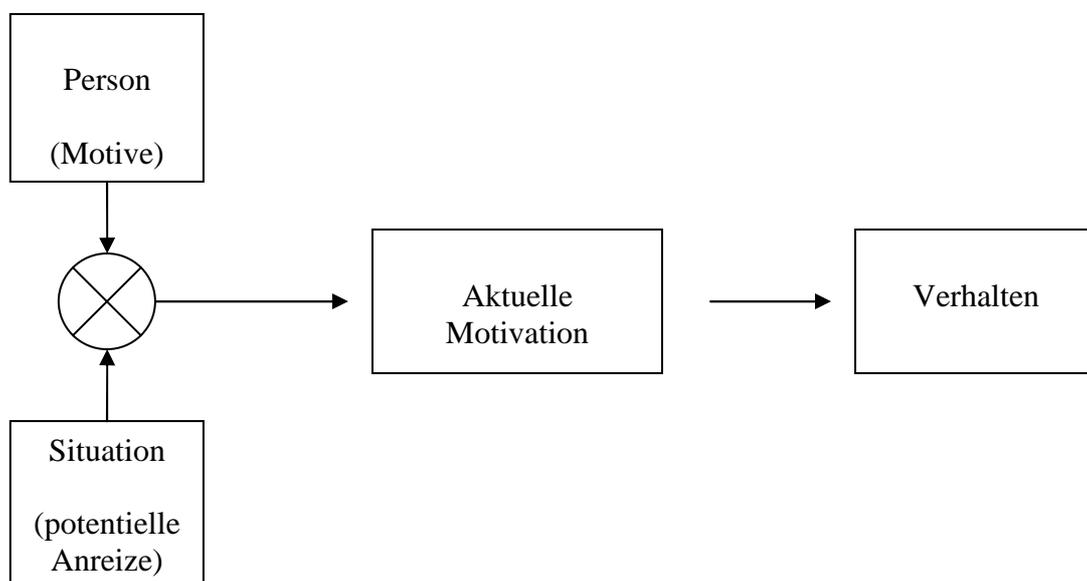


Abbildung 5: Das Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie (nach Rheinberg, 2004a, S . 70).

Die Eingangsmotivation besteht nach Vollmeyer und Rheinberg (2000) aus vier voneinander unabhängigen Faktoren, von denen drei leistungsthematisch sind und einer das Sachinteresse erfasst. Die *Herausforderung* beinhaltet, dass eine Aufgabensituation leistungsthematisch interpretiert wird und ein möglicher Erfolg positive Valenz für eine

Person besitzt. Ein Proband sollte in dieser Leistungssituation Erfolg haben wollen. Hier ist es günstig, wenn eine mittlere Aufgabenschwierigkeit erlebt wird. Das *Interesse* ist nach der Interessentheorie von Krapp (1989) definiert und beinhaltet einen Gegenstandsbezug und eine Freiwilligkeit. Es wird eine Wertschätzung des Aufgabengebiets gefühlt und eine Motivierung über den Aufgabeninhalt erlebt. Die Versuchsperson sollte dem Gebiet mit positivem Gefühl gegenüber stehen. Der Faktor *Erfolgswahrscheinlichkeit* geht auf das Risiko-Wahl-Modell von Atkinson (1957) zurück und erfasst die Erwartung des Lernenden, die Aufgaben lösen zu können. Sie setzt sich aus der wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit und den eigenen Fähigkeiten zusammen. Die Selbstwirksamkeit (Bandura, 1977) spielt hier eine wichtige Rolle. Ein Proband hat eine höhere Eingangsmotivation, wenn er glaubt, einer Aufgabe gewachsen zu sein. Die *Misserfolgsbefürchtung* ist als die Angst vor Versagen zu verstehen, sie gibt den Druck der Situation eines Probanden wieder. Um die aktuelle Motivation zu erfassen, haben Rheinberg, Vollmeyer und Burns (2001) einen speziellen Fragebogen entwickelt, nämlich den *Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation*, kurz FAM genannt.

Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation (FAM)

Ursprünglich wurde der FAM (vgl. auch Vollmeyer & Rheinberg, 1998) für eine Lernsituation entwickelt, in der Probanden am Computer ein System verstehen und später steuern sollten. Es sollte ein ökonomisches Kurzverfahren sein. Die Endfassung besteht aus 18 Items. Das Antwortformat ist eine 7-stufige Likert-Skala (1 bedeutet „Trifft nicht zu“, 7 bedeutet „Trifft zu“). Durch eine Faktorenanalyse wurden vier Faktoren extrahiert. Jeder Faktor enthält 4 oder 5 Items, die ungewichtet aufsummiert werden und eventuell dazu vorher umkodiert werden müssen. Für die jeweilige Skala wird der Mittelwert gebildet. Die faktorielle Unabhängigkeit konnte in mehreren Untersuchungen gezeigt werden (Rheinberg et al., 2001).

Während die Motivierung über den Aufgabeninhalt (Interesse) und die Angst zu Versagen (Misserfolgsbefürchtung) auch für den Laien klar erkennbar verschieden sind, könnte das für die beiden anderen Faktoren zunächst verblüffen. Da wir aber aus der Motivationspsychologie wissen, dass es eine nicht lineare Beziehung zwischen Erfolgswahrscheinlichkeit und Herausforderung gibt (Atkinson, 1957; Heckhausen, 1989), laden beide Faktoren nicht auf einem gemeinsamen Faktor. Nur mittlere Schwierigkeit wird als herausfordernd erlebt, bei anderer Aufgabenschwierigkeit wird eine Aufgabe schnell langweilig oder wegen Überforderung abgebrochen. Auch Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung sind voneinander unabhängig, wie an einem Beispiel erläutert wird:

Ein Schüler kann sich wenig Aussicht auf Erfolg einräumen, und in einem Fall wenig ängstlich sein, da vom Ausgang der Prüfung nichts Bedeutsames für ihn abhängt und in einem anderen Fall kann geringe Erfolgsaussicht große Ängste bei ihm auslösen, weil bei einem eventuellen Misserfolg unangenehme Konsequenzen zu erwarten sind.

Die Konsistenzkoeffizienten der Skalen kann als hinreichend angesehen werden, die Werte liegen zwischen Cronbachs α von .66 bis .90, was für eine Kurzskala als Forschungsinstrument hinreichend ist. Der Fragebogen zeigte sich sensibel gegenüber Aufgabenunterschieden und erwies sich als valide. Für meine Studie, die in einem schulischen Rahmen ablief, ist der FAM von daher ideal geeignet, um die aktuelle Motivation zu Beginn des Lernprozesses zu messen.

Die *Skala Herausforderung* erfasst, ob sich ein Schüler leistungsmäßig angesprochen fühlt. Dies dürfte eher bei mittlerem Schwierigkeitsgrad der Fall sein, wie bereits besprochen. Die Items lauten:

- „Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich“
- „Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde“
- „Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen“
- „Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein“.

Das Abschneiden bei der *Skala Interesse* sagt etwas über die individuelle Wertschätzung des betreffenden Schülers gegenüber dem Aufgabengebiet aus. Zu vermuten ist, dass das Interesse in dieser Studie von großer Bedeutung ist. Ob ein Schüler motiviert ist, mit einem Lernprogramm selbst reguliert intensiv zu arbeiten, wird sicher von seiner Begeisterung für das Fachgebiet abhängen. Hier lauten die Items:

- „Ich mag solche Rätsel und Knobeleyen“
- „Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt“
- „Nach dem Lesen der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant“
- „Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß“
- „Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten“.

Die *Erfolgswahrscheinlichkeitsskala* macht Angaben darüber, wie sicher ein Schüler ist, bei den Aufgaben gut abzuschneiden. Dies wird dann eher der Fall sein, wenn sie die Aufgaben als leicht einschätzten. Folgende Items operationalisieren die Erfolgswahrscheinlichkeit:

- „Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgabe gewachsen zu sein“
- „Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen“
- „Ich glaube, das kann jeder schaffen“
- „Ich glaube, ich schaffe diese Aufgaben nicht“.

Die Items der Skala *Misserfolgsbefürchtung* beinhalten die Befürchtung, in der Situation nicht optimal lernen zu können, also inwieweit ein Schüler sich vor einem Misserfolg fürchtet (Dieser Faktor dürfte in meiner Studie von untergeordneter Bedeutung sein, da die Auswertung anonym war und sich damit aus einem schlechten Abschneiden keinerlei Konsequenzen für den einzelnen Schüler ergab). Zu dieser Skala gehören die folgenden Items:

- „Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen“
- „Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich hier blamieren könnte“
- „Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen“
- „Wenn ich an die Aufgaben denke, bin ich etwas beunruhigt“
- „Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich“.

Der Fragebogen liegt auch in einer amerikanischen Version vor und wurde bereits des Öfteren in Studien getestet. So untersuchten Vollmeyer und Rheinberg (1998) beispielsweise 48 Studenten, die an einem Computer ein biologisches System untersuchen sollten. Hier konnte gezeigt werden, dass Interesse in dieser Untersuchung keinen Einfluß auf die Lernleistung hatte, dass aber Flow positiv korrelierte mit der Zielerreichung nach Abschluss der Lernphase. Auch die Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung wurden untersucht. Hier zeigte sich, dass Misserfolgsbefürchtung strategisch sinnvolles Vorgehen zu Beginn des einstündigen Lernens nicht behindert, sich aber im Laufe des Lernens negativ auf das Vorgehen und die Leistung auswirkt.

Das Messinstrument soll Lernverhalten und Lernleistungen prognostizieren. Dazu wurden zwei Studien gemacht (Rheinberg et al., 2001). Zunächst stellte sich heraus, dass die aktuelle Motivation wichtiger ist beim selbstgesteuerten Verständnislernen als beim fragegeführten Faktenlernen. Wie erwartet, ist der Einfluss der Motivation auf die Leistung stärker, wenn ein Lerner die eigenen Lernaktivitäten selbst organisieren muss, als wenn er nur vorgeschriebene Bearbeitungsweisen auszuführen hat. Es zeigten sich bei allen vier Faktoren der Eingangsmotivation deutliche Zusammenhänge mit der Lernleistung, nicht nur wie erwartet bei Interesse und Herausforderung. Selbstgesteuertes Verständnislernen war insgesamt effektiver als fragegeführtes Faktenlernen. Weiterhin zeigte sich, dass Interesse und Herausforderung besonders bei langfristigen Lernen wichtig ist, dies wurde bei langsamen Lernern deutlich.

Als Fazit halten die Autoren fest (ebd., S. 64), dass der FAM zur Erfassung der Motivation von individuellen Lernprozessen geeignet ist und für das Lernen in Gruppen andere Faktoren eine Rolle spielen könnten. Da meine Untersuchung zwar mit Schülergruppen durchgeführt wird, aber individuelles Lernen gefordert sein wird, ist er für

meine Zwecke bestens geeignet. Beim Lernprozess selbst entsteht auch Motivation, im Folgenden „Motivation während des Lernens“ oder auch „Motivationaler Zustand“ genannt. Diesen kann man ebenfalls mit dem FAM messen. Weiterhin spielt aber beim Lernen auch der funktionale Zustand, im Folgenden Flow genannt, eine Rolle. Darauf werde ich im nächsten Abschnitt eingehen.

1.2.4 Flow

Im Kapitel 1.2.1 und 1.2.2 wurde gezeigt, welche Beweggründe Lebewesen haben können etwas zu tun. Es konnte gezeigt werden, dass es ganz verschiedene Gründe geben kann, eine Tätigkeit auszuüben. Was jemanden antreibt, können extrinsische und intrinsische Anreize sein (Schiefele & Streblow, 2005). Extrinsisch motiviert ist eine Handlung dann, wenn sie positive Folgen herbeiführen soll (eine geldliche Belohnung für ein Kind bei einer guten Note) oder negative Folgen vermeiden (Hausarrest bei einer schlechten Note). Intrinsisch motiviert ist jemand, wenn ihm die Handlung an sich spannend oder befriedigend erscheint. Eine wichtige Rolle spielten die verschiedenen Faktoren der Eingangsmotivation. Aber es gibt auch Befunde, dass die Initialmotivation manchmal belanglos sein könnte, wenn eine Handlung keinen offensichtlichen Nutzen oder keine Vermeidung von unangenehmen Folgen bezweckt. Warum lässt man sich dann auf eine bestimmte Aktivität überhaupt ein? Wie wurde der „Trägheitsmoment“ letztendlich überwunden? Rheinberg (2004a, S. 141) spricht davon, dass es Anreize gibt, die in der Tätigkeit selbst liegen könnten. Dann ist die Tätigkeit nicht Mittel zum Zweck, sondern gleichzeitig Belohnung. Dies greift der Ansatz von Csikszentmihalyi (1975, 1991) auf. Er untersuchte, wann jemand so in einer Tätigkeit aufgeht, dass das Bewusstsein vom Tätigkeitsvollzug her völlig absorbiert ist. Hier zunächst eine neuere Definition:

„Unter Flow-Erleben versteht man das (selbst-)reflexionsfreie Aufgehen in einer glatt laufenden Tätigkeit, die man trotz hoher Beanspruchung noch unter Kontrolle hat“ (Rheinberg & Vollmeyer, 2003, S. 161).

Der Psychologe Csikszentmihalyi beschrieb 1975 als Erster das Flow-Erleben. Sein Name ist untrennbar mit dem Begriff des Flow verbunden. Andere Forscher wie Hahn, der 1908 von der „schöpferischen Leidenschaft“ (vgl. Roscher, 2006) sprach, oder Montessori

(1952) mit der „Polarisation der Aufmerksamkeit“, verfolgten allerdings früh ein ähnliches Konzept.

Die Bezeichnung *Flow* kommt vom Fließen. Flow-Erleben ist durch ein Erleben eines Prozesses oder einer Handlung als einheitliches Fließen von einem Augenblick zum anderen gekennzeichnet. Wenn man im Flow ist, dann folgt Handlung auf Handlung ohne bewusstes Steuern auf Seiten des Handelnden. Der Handelnde nimmt kaum eine Trennung zwischen sich und der Umwelt wahr und erlebt den Prozess dadurch als eine Art Fließen. „Flow-Erleben ist ein holistisches, das heißt mehrere Komponenten umfassendes Gefühl des völligen Aufgehens in einer Tätigkeit. Das Handeln wird als einheitliches ‚Fließen‘ von einem Augenblick zum nächsten erlebt“ (Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993, S. 209). Bei Rheinberg (2004a) findet sich eine Zusammenstellung der wichtigsten Komponenten des Flow-Erlebens (s. Tabelle 1):

Tabelle 1: Komponenten des FLOW-Erlebens (zusammengefasst nach Csikszentmihalyi, in Rheinberg, 2004a, S. 155)

-
1. Passung zwischen Fähigkeit und Anforderung. Man fühlt sich optimal beansprucht und hat trotz hoher Anforderung das sichere Gefühl, das Geschehen noch unter Kontrolle zu haben.
 2. Handlungsanforderungen und Rückmeldungen werden als klar und interpretationsfrei erlebt, so dass man jederzeit und ohne nachzudenken weiß, was jetzt als richtig zu tun ist.
 3. Der Handlungsablauf wird als glatt erlebt. Ein Schritt geht flüssig in den nächsten über, als liefe das Geschehen gleitend wie aus einer inneren Logik. (Aus dieser Komponente rührt wohl die Bezeichnung »Flow«.)
 4. Man muss sich nicht willentlich konzentrieren, vielmehr kommt die Konzentration wie von selbst, ganz so wie die Atmung. Es kommt zur Ausblendung aller Kognitionen, die nicht unmittelbar auf die jetzige Ausführungsregulation gerichtet sind.
 5. Das Zeiterleben ist stark beeinträchtigt; man vergisst die Zeit und weiß nicht, wie lange man schon dabei ist. Stunden vergehen wie Minuten.
 6. Man erlebt sich selbst nicht mehr abgehoben von der Tätigkeit, man geht vielmehr gänzlich in der eigenen Aktivität auf (sog. »Verschmelzen« von Selbst und Tätigkeit). Es kommt zum Verlust von Reflexivität und Selbstbewusstheit.
-

Wenn man darüber nachdenkt, woher man solche Gefühlszustände kennt, sind zuallererst Freizeitaktivitäten wie Skifahren, Felsklettern, Motorradfahren nahe liegend. Aber auch der Computerfreak, der die Nächte, ohne dass er merkt wie Zeit vergeht, am Computer verbringt, der Schachspieler, der völlig vertieft in eine Partie ist oder der Technotänzer, der

sich bis zur Erschöpfung verausgabt, sind typische Beispiele. Hier gibt es nicht nur keinen erkennbaren Nutzen, sondern derjenige muss im Gegenteil Kosten (für Ausrüstung), Zeit und Anstrengung aufbringen.

Wie sich Flow auf akademische Leistungen auswirkt, wird momentan noch uneinheitlich beurteilt. Flow beim Arbeiten am Computer wurde bisher nur in wenigen Studien untersucht (z. B. Choi, Kim & Kim, 2007), ebenso gibt es nur wenige Studien über den Verlauf des Flow-Erlebens (z. B. Pearce, Ainley & Howard, 2005). Die empirischen Ergebnisse legen nahe, dass ein hohes Interesse an einem Thema die Entstehung von Flow fördert (Schiefele, 1996). Dies korreliert aber nicht unbedingt mit einer größeren Lernleistung (Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993). Vollmeyer und Rheinberg (1998) fanden dagegen Zusammenhänge zwischen Flow-Erleben und Lernleistung. Auch bei Engeser (2004) war der Floweffekt auf die Lernleistung ähnlich groß wie die Vorkenntnisse bei einem Thema, die wiederum in der Regel mit dem Interesse erklärt werden können. Wenngleich also die Variable Flow günstig für die Lernleistung sein mag, kann es bei riskanten Tätigkeiten wie Motorradfahren auch zu einer erhöhten Unfallhäufigkeit führen (Rheinberg, 1991).

Und ein weiteres Beispiel für die Komplexität von Vorhersagen ist: Wenn jemand hoch erfolgsmotiviert ist, kommt es bei Aufgaben, die eine Herausforderung darstellen, häufig zu Flow. Misserfolgsschmerz und Flow korrelieren dagegen eher negativ (Rheinberg, 2004a, S. 159). Um den Flow in Relation zu anderen Variablen wie zum Beispiel der Lernleistung und anderen Motivationsfaktoren setzen zu können, bedarf es aber zunächst der genauen Erfassung von Flow.

Erfassung von Flow

Nach Rheinberg und Vollmeyer (2003) gab es verschiedene Forschungsphasen zur Erfassung des Flow. Csikszentmihalyi stieß durch retrospektive Schilderungen auf das Phänomen und entwickelte daraufhin das Konzept. Es folgten Untersuchungen von ihm (Csikszentmihalyi, 1987; Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1991, S. 278 ff.) mit der Experience Sampling Method (ESM), wo Untersuchungsteilnehmer im Tagesverlauf mehrmals ihren Zustand und ihre Tätigkeit auf Skalen beurteilen sollten. Hierdurch rückte die Erhebung direkt an den Tätigkeitsvollzug heran. Nach Meinung von Rheinberg und Vollmeyer (2003) wurden durch diese Erfassung des passenden Anforderungsniveaus aber nur von einer Komponente auf das gesamte Konstrukt geschlossen. Weitere Versuche mit umfangreicheren Inventaren haben das Problem, dass sie den aktuellen Tätigkeitsverlauf unterbrechen.

Um Flow während des laufenden Alltagsgeschehens in seinen verschiedenen Komponenten erfassen zu können, wurde die Fragebogen- mit der ESM-Methode verbunden. Die Skala sollte bei möglichst geringer Tätigkeitsunterbrechung schnell beantwortbar sein und zu beliebigen Aktivitäten passen. Deshalb wurde von den beiden Autoren in mehreren Schritten eine Flow-Kurz-Skala entwickelt, die Endfassung ist die sogenannte FKS (Rheinberg & Vollmeyer, 2003, S. 170; Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003).

Flow-Kurz-Skala (FKS)

Mit der Skala wird gemessen ob sich eine Person im Flow befindet. Aus den sechs verschiedenen Flowkomponenten wurden Items entwickelt. Die Skala liefert einen Flow-Gesamtwert sowie zwei faktorenanalytisch begründbare Unterskalen, nämlich Absorbiertheit und glatter automatisierter Verlauf. Zu den 10 Flow-Items kommen drei Besorgnis-Items hinzu. Die Einschätzung erfolgte auf einer Sieben-Punkte Skala, von (1) „Trifft nicht zu“ bis (7) „Trifft zu“.

Die Items zum Faktor *Absorbiertheit* lauten:

- „Ich fühle mich optimal beansprucht“
- „Ich merke gar nicht, wie die Zeit vergeht“
- „Ich bin ganz vertieft in das, was ich gerade mache“
- „Ich bin völlig selbstvergessen“.

Die Unterskala *Glatter Verlauf* wird durch folgende Items gebildet:

- „Meine Gedanken bzw. Aktivitäten laufen flüssig und glatt“
- „Ich habe keine Mühe, mich zu konzentrieren“
- „Mein Kopf ist völlig klar“
- „Die richtigen Gedanken/Bewegungen kommen wie von selbst“
- „Ich weiß bei jedem Schritt, was ich zu tun habe“
- „Ich habe das Gefühl, den Ablauf unter Kontrolle zu haben“.

Die *Besorgnis*-Items sind:

- „Es steht für mich Wichtiges auf dem Spiel“
- „Ich darf jetzt keine Fehler machen“
- „Ich mache mir Sorgen über einen Misserfolg“.

Der Fragebogen ist in einer Minute bearbeitbar und kann jedweder Aktivität angepasst werden. Die Items weisen eine hohe innere Konsistenz auf (Cronbachs α um .90), und auch die bisherigen Validitätsbefunde sind positiv und vielversprechend (Rheinberg et al., 2003). Die Befunde zeigen, dass man sowohl mit dem Flow-Gesamtwert operieren als auch beide Aspekte gesondert betrachten kann. Wenn man verschiedene Aktivitäten untersucht, kann für

die Subskalen bezüglich der Anforderungspassung ein unterschiedliches Ergebnis erzielt werden. So ist beim Faktor „Glatter Verlauf“ bei einer „gerade richtigen“ Anforderung der Wert am höchsten, dies zeigt sich zum Beispiel beim Sport. Beim Faktor „Absorbiertheit“, der die höchsten Werte beim Sex aufweist, kann zunehmende Anforderung das Gefühl noch steigern (Rheinberg et al., 2003). Wenn Detailanalysen nicht interessieren, ist es aber auch legitim, mit dem Gesamtwert zu operieren. Ein hoher Flow- Gesamtwert sagt aus, dass beide Faktoren stark erlebt werden.

Auch dieser Fragebogen ist bereits vielfach eingesetzt worden. Hier folgen einige Ergebnisse aus vorangegangenen Studien. Rheinberg und Vollmeyer (2003) wollten Flow unter experimentell kontrollierten Bedingungen erzeugen. Ein Computerspiel erwies sich als sinnvoll, da es Probanden hinreichend absorbiert, man den Schwierigkeitsgrad systematisch variieren kann und keine Versagensängste dem Flow entgegen wirken. In einer Vorstudie gelang es ihnen zu zeigen, dass man mit dem Computerspiel Roboguard durch die Manipulation des Anforderungsniveaus den Flow-Wert systematisch variieren kann. In der eigentlichen Studie sollte der Flow–Verlauf und das Verhältnis von Flow-Erleben und Zielorientierung erforscht werden. Erwartungsgemäß zeigte sich ein kurvilinearere Verlauf der Flow-Werte über drei Schwierigkeitsstufen. Interessanterweise zeigte sich, dass bei Unterforderung der *glatte Verlauf* weniger beeinträchtigt wird als die *Absorbiertheit*.

In einer Studie von Engeser (2004) wurden 129 Studierende der Psychologie im Längsschnitt ihrer Statistikausbildung untersucht. Engeser fand, dass das Flow-Erleben während des Lernens ein guter Prädiktor für die anschließend gezeigte Leistung in der Statistik Klausur war. Eine andere Studie mit 61 Teilnehmern (Engeser, Rheinberg, Vollmeyer & Bischoff, 2005) fand denselben Zusammenhang zwischen Flow-Erleben und der Leistung (Klausuren sowie mündliche Leistungen) in einem Fremdsprachenkurs an einer Universität.

Insgesamt ist das Konzept des Flows für den Schul- und Berufsalltag hochinteressant. Wenn man Schülern den Spaß am Lernen vermitteln könnte, dann würden sie vergessen, dass sie Schwierigkeiten hatten, mit der Aufgabe anzufangen, z. B. weil es eigentlich „cool“ war, „keinen Bock zu haben“ und sie gar nichts tun wollten. Rheinberg und Vollmeyer (2003) schlagen für weitere Untersuchungen folgende Arbeitshypothese vor: Bei geeigneten Tätigkeitsanforderungen könnte es für den Flow-Zustand relativ belanglos werden, mit welcher Motivation man in die fragliche Tätigkeit hineingeraten ist

Schüler sind durchaus nicht von vorneherein motiviert zu schulischem Lernen. Wie könnte man die Motivation steigern? Wird es möglich sein, in einer im Schulunterricht

stattfindenden Lerneinheit Flow-Erleben zu erzeugen, zu messen und Zusammenhänge zu finden mit den bisher beschriebenen Variablen des kognitiv- motivationalen Prozessmodells?

1.2.5 Zusammenfassung

In Abschnitt 1.2 habe ich den Begriff der Motivation und die letzten hundert Jahre der Theorieentwicklung der Motivationspsychologie dargestellt. Zusammenfassend kann man sagen, dass Verhaltenstendenzen sich stets aus der Wechselwirkung zwischen Faktoren, die in der Person begründet sind (Motive als überdauerndes Merkmal einer Person) und Situationsfaktoren (Anregungsgehalt einer Situation) zusammen setzen. Passen die Anregungsgehalte zur Motivstruktur einer Person, resultiert daraus die aktuelle Motivation. Erst diese hat einen direkten Einfluss auf das Verhalten. In einer Lernsituation, wie ich sie untersuchen will, hängt der Lernerfolg von vielen motivationalen Faktoren ab, also beispielsweise, ob ich interessiert bin und eine Selbstwirksamkeitsüberzeugung habe, aber auch von kognitiven Faktoren wie dem Vorwissen. Wenn nun eine Person mit einer bestimmten Motivation tatsächlich an eine Aufgabe herangeht, dann umfasst diese aktuelle Motivation nach dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell vier voneinander unabhängige Faktoren.

Der Faktor Herausforderung erfasst, inwiefern sich ein Lernender in einer Aufgabensituation leistungsthematisch angesprochen fühlt. Das Interesse bezeichnet die Einstellung dem Aufgabeninhalt gegenüber. Ein hohes Interesse ist zum Beispiel dadurch gekennzeichnet, das ich etwas freiwillig oder in meiner Freizeit tue. Die Erfolgswahrscheinlichkeit sagt aus, inwieweit jemand sich sicher fühlt, in einer Leistungssituation gut abzuschneiden. Demgegenüber bedeutet der Faktor Misserfolgsbefürchtung, dass jemand Angst hat und glaubt, er könne in dieser Situation nicht gut lernen.

Auch beim Lernen gibt es eine Motivation, die man durch dieselben Faktoren beschreiben kann. Diese Motivation während des Lernens kann sich beständig verändern. Während des Lernens gibt es neben dem motivationalen Zustand auch einen funktionalen Zustand, der durch das Konzept des Flows nach Csikszentmihalyi (1975, 2004) beschrieben werden kann. Beide Zustände können durch Fragebögen gut erfasst werden, die in Frage kommenden Tests wurden dargestellt und finden im empirischen Teil dieser Arbeit ihre Anwendung.

1.3 Multimedia und Physik

In diesem Kapitel wird zunächst dargelegt, warum es sinnvoll ist, das selbst regulierte Lernen mit einem Computer zu untersuchen. Im Anschluss daran wird erläutert, welche Ergebnisse dazu bisher im Fach Physik vorliegen, und die Bandbreite der möglichen Themen beschrieben.

Selbst reguliertes Lernen und Computer

Es liegt nahe zu vermuten, dass das Medium Computer die Schüler erst einmal grundsätzlich neugierig macht. Inwieweit es dabei Geschlechtsunterschiede in der Begeisterung für Computerlernprogramme gibt, ist noch nicht abschließend geklärt. Aufgrund früherer Studien (Vollmeyer & Imhof, 2007) könnten Geschlechtsunterschiede zu erwarten sein. Um Flow-Erleben in einem kurzen Zeitraum innerhalb des Schulalltags der Schule zu erzeugen, bedarf es eines schnellen Zugangs zu einem Thema. Das ist mit einem Computerprogramm möglich. Und da heute in vielen Schulen ein gut ausgestatteter Computerraum existiert, ist es ohnehin wichtig, das Medium Computer kritisch zu untersuchen. Es gibt einen weiteren guten Grund für die Verwendung des Computers bei einer Studie zum selbst regulierten Lernen. Der PC macht es nämlich möglich, exakt nachzuvollziehen, was ein Schüler tut. Dies war wichtig, um objektive Indikatoren für die verwendeten Strategien (vgl. Jamieson-Noel & Winne, 2003) eines Schülers zu haben, wie weiter unten (vgl. S. 52 und 61 ff.) dargelegt werden wird.

Was ist Multimedia?

Multimedia bezeichnet Inhalte und Werke, die aus mehreren, meist digitalen Medien wie Text, Grafiken, Animationen, Audio oder Video bestehen. Es ist also eine Datenmischung aus beispielweise Text, Ton und Bild. Es gibt keine eindeutige Definition für den Begriff *Multimedia*. Eine Definition (Issing & Klimsa, 2002, S. 3) möchte ich hier wiedergeben. Demnach „bedeutet "Multimedia" . . . Integration von digitalen Medien, wie beispielsweise Text, Pixelbilder, Grafik, Video oder Ton. Neben diesem Medienaspekt - Multimedialität - spielen aber auch Interaktivität, Multitasking (gleichzeitige Ausführung mehrerer Prozesse) und Parallelität (bezogen auf die parallele Medienpräsentation) eine wichtige Rolle Erst die Anwendung der multimedialen Technik konkretisiert den Begriff. So kann nicht jede beliebige Kombination von Medien als "Multimedia" bezeichnet werden“.

Wenn man Multimedia lediglich als Kombination von zwei Medien definiert, wäre die Begleitung eines Stummfilms mit Klaviermusik im weitesten Sinne bereits Multimedia, ebenfalls jede Kombination von Text und Ton in der Musik. Wenn wir nur von digitalen Medien ausgehen, ist bereits die Kombination von Text und Bild in einem Film ein Beispiel für Multimedia. Häcker und Stapf (2004, S. 621) schreiben: „Da sich der Multimedia-Sektor rasch weiterentwickelt, kann die Bezeichnung „Multimedia“ heute noch nicht als abgeschlossen bezeichnet werden. Generelle Merkmale von Multimedia sind die Verbundenheit verschiedener Medien. Hinzu kommt, dass der Nutzer von Multimedia die bereit gestellten Medien interaktiv nutzen kann und die Grundlage von Multimedia die digitale Technik darstellt“. Ich definiere den Begriff Multimedia in dieser Untersuchung als *Kombination digitaler Daten durch einen Computer, die durch einen Anwender interaktiv und individuell benutzt werden können.*

Warum ist es sinnvoll, Multimedia beim Lernen einzusetzen?

Wie in den Kapiteln über Lernen ausgeführt wurde, gehen traditionelle Lerntheorien davon aus, dass es einen Wissenstransport vom Lehrenden zum Lernenden gibt. Dazu diente als Hilfsmittel früher beispielsweise die Tafel, in jüngeren Jahren auch der Overhead-Projektor mit Folien, sowie das Buch. Bei diesem Verständnis für Lernen liegt die entscheidende Rolle beim Lehrenden. Betrachtet man nun die Modelle des selbst regulierten Lernens, so verschiebt sich die Verantwortung für den Lernprozess weg vom Lehrenden weg hin zum Lernenden. Geht man also davon aus, dass der Lernprozess ein Fall von Informationsaufnahme ist, der einerseits von der Art und Weise der Informationsaufbereitung, andererseits von der Lernaktivität des Einzelnen abhängig ist, dann kann es sinnvoll sein, neue Lernhilfen zu entwickeln wie beispielsweise Computerlernprogramme.

Das bedeutet aus der Sicht des Lernenden, dass man sich ein komplexes Problem selbst erarbeitet. Damit eine Person einen Anreiz hat, dies zu tun, sollte es ein interessantes, realistisches und die intrinsische Motivation ansprechendes Ausgangsproblem sein. Aus der Sicht des Lehrenden hat dies auch Vorteile. Es ist wirtschaftlich, denn viele Schüler können gleichzeitig ohne Anleitung durch einen Lehrer lernen. Dem steht allerdings der hohe finanzielle Aufwand für die Anschaffung und Wartung der Computer gegenüber. Die Programme bieten einen gleichbleibenden Standard, das bedeutet, die Einflüsse des Lehrers treten in den Hintergrund. Der Schüler kann sein Lerntempo selbst bestimmen, es individualisiert den Lernprozess. Es isoliert den Lernenden allerdings auch, sofern es sich nicht um ein kollaboratives, also gemeinsames Lernen an vernetzten Computern handelt.

Schon früh wurde die Effektivität von computerunterstützten Lernprogrammen diskutiert, es gibt einen zusammenfassenden Bericht von Fricke (1991) und einen Bericht über die empirisch-pädagogische Forschung in den siebziger bis neunziger Jahren zum Thema Lernen mit dem Computer (Mandl, Gruber & Renkl, 1991). Einen aktuellen Überblick geben Brünken, Müller-Kalthoff und Möller (2005).

Wie sieht es heute im Schulunterricht in Bezug auf den Einsatz von Multimedia tatsächlich aus?

Bofinger (2005) konstatiert, dass die Ausstattung von Schulen mit moderner Informationstechnologie einen hohen Standard erreicht habe, und dass einzelne Kollegen sich bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit in das Gebiet einarbeiten. Aber er gibt andererseits Zahlen aus dem Jahre 2002 wieder, wonach die Hälfte aller befragten 5600 Lehrkräfte neue Medien überhaupt noch nicht eingesetzt hatten, unabhängig von Schulart und Fächern. In naturwissenschaftlichen Fächern waren es immerhin noch 41 %. Nicht die Technik, nicht das fehlende Angebot, sondern der Zweifel am Mehrwert im Vergleich zu herkömmlichen Unterrichtsmedien war der Hauptgrund für einen Verzicht auf den Einsatz der neuen Medien. Ich zitiere den Schlusssatz seines Artikels: „Es heißt, wir behalten 10 % beim Lesen, 20 % beim (Zu)Hören, 30% beim Sehen, 50 % beim Hören und Sehen., 70 % beim Sprechen, Vortragen, Erläutern, Diskutieren, aber 90 % beim eigenen Tun. Virtuelle, multimediale Angebote verbessern Lernergebnisse dann, wenn sie mit aktivem und kreativem Lernen verbunden sind“.

Lohnt sich der Einsatz von Multimedia? Es würde Lehrkräfte sparen, abwechslungsreich sein, aktives und eventuelles schnelleres Lernen ermöglichen. Dies wäre im Zuge der Einführung der G8 wichtig. An vielen Schulen werden Computer angeschafft und Räumlichkeiten hergerichtet. Man will modern sein und mit der Zeit gehen. Aber ist das neue Medium geeignet, intrinsisch zu motivieren? Macht das Arbeiten Spaß, eventuell mehr Spaß und bringt es gute oder womöglich bessere Lernergebnisse? Schule soll nicht nur Wissen vermitteln, sondern das Lernen lehren. Ist durch das Lernen am Computer eine bessere Differenzierung möglich? Das bedeutet, dass jeder Schüler auf dem Stand arbeiten könnte, auf dem er gerade ist. Der interaktive Aspekt von Multimedia ermöglicht dem Betrachter eine individuell zugeschnittene Wissensvermittlung sowie die erfahrungsorientierte Aufnahme von Inhalten. Diese Vorteile werden insbesondere durch Lernprogramme am Computer erschlossen.

Meines Erachtens gibt es insgesamt momentan mehr Fragen als Antworten. Beispielsweise ist ungeklärt, wer wann, wie und warum am meisten von Multimedia-Learning profitiert. Draschoff (2000) konnte experimentell zeigen, dass die Gestaltung von Lernprogrammen einen großen Einfluss hat auf den Lernerfolg. Schülerinnen standen allerdings diesem Lernmedium deutlich ablehnender gegenüber als Schüler (Dickhäuser, 2001). Hierbei spielt auch das Vorwissen eine große Rolle (Müller-Kalthoff, 2006). Derjenige lernt leichter dazu, der bereits viel Wissen über eine Sache hat. Aber welcher Lernstil, welche Lernstrategien sind für das Lernen mit einem Computerprogramm günstig?

Der Computer ist Teil der Erfahrungswelt des Lernenden, und er ist zugleich das Medium für ein Lernprogramm, in das sein Autor bestimmte Absichten investiert hat. Diese Absichten sollten auch beim Lernen dem Lernenden vermittelt werden. Dadurch ist der Computer kein bloßes Werkzeug, sondern er ist in einen kulturellen oder historischen Zusammenhang eingebettet. Das Denken des Lernenden und seine Lernstrategien beeinflussen die Interaktion mit dem jeweiligen Computerprogramm. Es gibt bislang nur wenige Studien, die Lernstilkonzepte im Zusammenhang mit den Effekten von Multimediaprogrammen untersucht haben und einen empirischen Beitrag liefern könnten (Schulmeister, 1997).

Vorteile des Computers

Mir geht es in dieser Arbeit in erster Linie darum, die Vorteile eines Computerprogramms für meine Untersuchung zu nutzen. Diese liegen zusätzlich zu den bereits erwähnten Vorteilen wie der Wirtschaftlichkeit und einer Individualisierung des Lernens darin, dass man das selbst regulierte Lernen, hier besonders die verwendeten Strategien, bei Schülern individuell untersuchen kann. Und hierzu benötigte ich ein Computerprogramm, was Schüler selbständig und beobachtbar nutzen konnten. Dazu war es wichtig, dass sie dort etwas aktiv tun können. Hier bieten sich sogenannte *Animationen* an.

Animationen sind Bilder, die man bewegen und damit verändern kann. Die Überlegenheit von Animationen gegenüber statischen Bildern ist von Höffler und Leutner (2005, 2007) in einer Metaanalyse untersucht worden. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Animationen dann von Vorteil sind, wenn die Benutzung einer Animation das Lernziel deutlicher werden lässt, wenn also durch das aktive Benutzen einer Animation zusätzliches Wissen gegenüber dem Anschauen einer Grafik erzielt werden kann. Sie kommen zu dem Schluss, dass Animationen nicht automatisch einen Vorteil bedeuten, sondern gut eingebettet

sein müssen in eine Lernumgebung und in einem Lernprozess, in dem prozedurales Wissen erworben werden soll.

Selbstreguliertes Lernen mit Computern in verschiedenen Schulfächern

Für ergänzenden Unterricht durch ein Computerprogramm bieten sich prinzipiell viele Schulfächer an, von Mathematik, Geschichte, Religion, Biologie über Physik. In den Schulen werden zunehmend Computerprogramme zur Ergänzung des Unterrichts verwendet, wir wissen aber noch lange nicht genug darüber, welche Programme besonders hilfreich sind und wie man mit solchen Programmen am besten lernt.

Der Einsatz von Computerprogrammen macht in einem naturwissenschaftlichen Fach vorderhand wohl deshalb Sinn, weil die Schülerinnen und Schüler aktiv und experimentell damit lernen können. Sie können im Idealfall aktiv explorieren und sind nicht nur darauf angewiesen, Seite für Seite linear zu lesen. Zugleich ist aber auch festzuhalten, dass zu den Effekten dieser Lernprogramme und zu der Frage, unter welchen Bedingungen Schülerinnen und Schüler davon profitieren, noch sehr wenige empirische Studien vorliegen. Ganz sicher gibt es noch keine Studien mit dem Fragebogen zur aktuellen Motivation vor dem Hintergrund des kognitiv-motivationalen Prozessmodells zum Thema Computer unterstützes Lernen in Physik. Gerade in diesem Schulfach gehört aber der experimentelle Zugang zum Kern des Faches, so dass sich dieses Fach für eine solche Studie anbietet.

Selbstreguliertes Lernen mit einem Computerprogramm in Physik/ Stand der Forschung

Gibt man bei Suchmaschinen (in diesem Fall PsyIndex) die Suchbegriffe selbst reguliertes Lernen ein, erhält man etwa 200 Einträge. Zur Physik gibt es bei den gleichen Suchmaschine 900 Studien und zum Stichwort Computer knapp viertausend. Gibt man sie in Kombination ein, fand ich keine einzige Studie.

Was man finden kann, sind zum einen recht allgemeine Artikel über selbstreguliertes Lernen mit Multimedia (Heiss, Eckhardt & Schnotz, 2003; Kauffman, 2004) und Studien über die Komplexität der Einflüsse verschiedener Variablen beim selbst regulierten Lernen mit Hypermedia (McManus, 2000; Peters, 2003). Es finden sich Studien über Hypermedia in Naturwissenschaften wie Biologie (vgl. Azevedo, Guthrie & Seibert, 2004) oder Mathematik (Sierra-Fernandez & Perales-Palacios, 2003). Es gibt Studien speziell zu Geschlechtsunterschieden, beispielsweise beim räumlichen Denken (Quaiser-Pohl & Lehmann, 2002) und Studien zum Lernen mit Multimedia bei Erwachsenen, wonach Flow, Neugier und Herausforderung die Motivation und das Engagement beim Lernen mit

30Multimedia fördert (Stoney & Oliver, 1998). Nach Csikzentmihalyi (vgl. auch Bess, 1997, S. 72 ff.) spielt die positive Einstellung des Lehrers zum Lernen eine wichtige Rolle beim Zustandekommen von Flowerlebnissen bei Schülern. Rezabek (1995) konnte zeigen, dass beim Lernen mit einem Computerprogramm Flow-Erleben dann auftritt, wenn die grundlegenden Bedingungen für Flow gegeben sind (siehe Abschnitt 1.2.4).

Weiter gibt es Literatur speziell über Physikunterricht und die dort auftretenden Geschlechtsunterschiede (vgl. Hannover & Kessels, 2002). Es gibt aber auch Befunde, dass andere Faktoren wie die Praxisrelevanz von Aufgaben eine größere Rolle spielen und Leistungsunterschiede besser erklären konnten als das Geschlecht (Burba, 2006). Gibt man als Stichwörter Multimedia, Hypermedia, Motivation (400 Studien), Flow und Physik ein, dann finden sich zum einen allgemeine Studien über selbst reguliertes Lernen (Boekaerts, 1996). Es gibt zum anderen auch spezielle Literatur über die bestmögliche Gestaltung computergestützter Lernprogramme unter Berücksichtigung handlungsorientierter pädagogischer Konzepte (Busch, 1998).

Es gibt Befunde, dass Flow beim Computerlernen auftreten kann, dies aber ein komplexer und in diesem Bereich noch sehr unerforschter Prozess ist (Chan, 1999). Die Einstellung zum Physiklernen und die Instruktion spielen weiterhin eine große Rolle bei der Leistung im Fach Physik (Tsai, 1999). Zwischen Spaß im Sinne von Flow-Erleben beim Lernen und mathematischen Leistungen gibt es eindeutige Zusammenhänge (Heine, 1997), auch die Einstellung zum Physikunterricht aus Sicht von Schülern und Lehrern (Angell, Oystein, Henriksen & Isnes, 2004) ist bereits andernorts gut untersucht worden.

Nach Sichtung der Literaturlage scheint das selbst regulierte Lernen mit einem Computerprogramm im Bereich der Physik noch nicht ausreichend erforscht. Dazu kommt, dass die Naturwissenschaften heute bei den Schülern im Allgemeinen, und besonders bei den Mädchen, einen geringen Stellenwert einnehmen. Gerade Physik ist wenig beliebt. So gibt es einen Bericht der Universität Mannheim (Bent, 2004) zu Bildungsentscheidungen, die sich auf die TIMS-Studie (*Third International Maths and Science Study*) bezieht. Schüler wählen demnach häufiger mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer, Mädchen sprachliche. Es seien primär Kompetenz- und Interessenwahlen. Nach einer Studie des Hochschul-Information-Systems (Ungeliebte Mathematik, 2007) entscheiden sich trotz bester Berufschancen zu wenige Abiturienten in Deutschland für Studienfächer wie Mathematik, Informatik sowie Natur- und Ingenieurwissenschaften. Für Physik beispielsweise entscheiden sich nur zwei Prozent der Abiturienten. Besonders dramatisch sei dabei die niedrige Frauenquote.

Computerlernprogramm und Physik

Nun galt es, ein computergestütztes Lernprogramm zu finden, das sich für eine Studie zum selbst regulierten Lernen in Physik eignete. Zunächst sah ich mir den damals gültigen Lehrplan in Physik an (Kultusministerium Hessen, 2003). Im gymnasialen Lehrplan Physik sind für die Jahrgangsstufen 7 bis 13 die Aufgaben und Ziele, die didaktisch–methodischen Grundlagen und eine Übersicht über die verbindlichen Themen nachzulesen. Dies war wichtig, da ich das Lernprogramm altersgemäß passend einsetzen wollte. Das themenspezifische Vorwissen sollte gering und damit für alle Probanden vergleichbar sein, dennoch müssen bestimmte Voraussetzungen bei allen Schülern vorhanden sein, um sich sinnvoll mit einem Programm Wissen erarbeiten zu können.

Betrachtet wurden folgende Programme: In der Schule vorhandene Programme (zum Beispiel Kronas Lehrsysteme), käuflich zu erwerbende Programme (zum Beispiel crocodile physics), Lernprogramme aus dem Netz (Interactive Physics; Online-Lernarchiv Physik Hessen; Deutscher Bildungsserver: Materialien für den Physikunterricht; www.schulphysik.de; dpg@dpg-physik.de) und solche, die an Universitäten entwickelt wurden an (zum Beispiel eine interaktive Computeranimation zu Halbleitern an der Fachhochschule Ulm durch Bruchmüller, die auch von Gymnasiallehrern verwendet wird). Die im Netz kursierenden Online–Angebote erschienen mir unbefriedigend, da didaktisch nicht gut aufbereitet. Käufliche Programme schieden aus Kostengründen aus. Die an Schulen bereits vorhandenen Lernprogramme sind den Schülern in der Regel bekannt und kamen von daher nicht in Frage.

Außer den bisher genannten Gründen für ein Programm (den Schülern des entsprechenden Jahrgangs unbekannt, kostengünstig, didaktisch gut strukturiert und in einem zeitlichen Rahmen von zwei Schulstunden in den Unterricht integrierbar) war es mir auch wichtig, ein Programm zu finden, mit dem sich beim Bearbeiten möglicherweise Flow erzeugen lässt. Da ich den Einfluss der Motivation und speziell von Flow auf schulische Leistungen untersuchen wollte, musste das Programm für Schüler einen Anreiz zum Lernen bieten. Dies konnte entweder durch ein interessantes Thema gewährleistet werden oder durch das Programm selbst.

Um ein interessantes Thema zu finden, besprach ich mich mit einigen Physiklehrern und Schülern, die Physik als Leistungskurs gewählt hatten. Hier wurden zunächst nach Besprechungen mit Physiklehrern Themen und physikalische Phänomene aus der Mechanik, aus der Umwelttechnik (Reinigung von Wasser), über das Einsteinjahr, aus der Astronomie, aus der Wolkenbildung, das Wetter, aber auch Wärmelehre, Thermometer, Braten von

Fleisch, die globale Erwärmung, Flutkatastrophen, Tauchen, die Marangoni-Konvektion oder die Mikrowelle verfolgt. Zu all diesen Themen gab es aber kein passendes Lernprogramm.

Im Institut für Pädagogik in den Naturwissenschaften (Senkbeil, 2004) sind computerbasierte Lerneinheiten für den Physikunterricht in Jahrgangstufe 11 entwickelt worden, die alle meine Anforderungen erfüllten. Die verschiedenen Lerneinheiten für den Physikunterricht unterscheiden sich zum Beispiel darin, ob dort interaktive Simulationen benutzt werden können oder stattdessen linear ablaufende Animationen und wie viel Freiheitsgrade bei der Bearbeitung sie dem Schüler zuweisen.

Welches Thema und welche Version ich in meinen Studien den Schülern zur Bearbeitung vorgab, ersieht der Leser im Abschnitt 2.2 der vorliegenden Arbeit. Selbstverständlich wären noch viele weitere Themen im Bereich der Physik für weitere Studien zum selbst regulierten Lernen geeignet. Hier gibt es noch einen großen Forschungsbedarf.

1.4 Herleitung der Fragestellung der vorliegenden Arbeit

Der Stand der Forschung zum selbst regulierten Lernen und zur Motivation ist in den Kapiteln 1.1 und 1.2 zusammengefasst dargestellt worden, ebenso einige Untersuchungen, an die sich meine Fragestellung anlehnt. Auch die Gründe, warum ich Schüler mit Multimedia arbeiten ließ und warum ein Thema aus der Physik gewählt wurde, ist im Abschnitt 1.3 hinreichend erklärt worden. An dieser Stelle sollen noch einmal alle bisher in dieser Arbeit angesprochenen Fragestellungen zusammengefasst dargestellt werden.

Ziel der Studie war es, weitere Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich Motivation auf den Lernprozess, in diesem Fall mit einem Computerprogramm im Bereich der Physik, auswirkt und diese Erkenntnis dazu zu nutzen, den Lernvorgang möglicherweise optimieren zu können.

Da meinen beiden Studien das kognitiv-motivationale Prozessmodell von Vollmeyer und Rheinberg (1998) zugrunde liegt, habe ich bewusst darauf verzichtet, weitere Faktoren, die beim selbst regulierten Lernen nach den verschiedenen im Theorieteil erwähnten Modellen ebenfalls eine Rolle spielen (wie zum Beispiel die Emotion oder die Metakognition oder die Vermittlung von Lernstrategien) in diese Untersuchung aufzunehmen. Dies wurde bereits an anderer Stelle ausreichend getan (Artelt, 2000) oder kann Forschungsziel weiterer Untersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt sein. In dieser Arbeit wird es um folgende Fragestellungen gehen:

Ist die Erfassung des Lernprozesses durch Messungen während des Lernens im Schulalltag möglich und sinnvoll?

Was genau beim Lernprozess passiert, ist noch lange nicht ausreichend geklärt. Wichtig war mir, nicht Studierende in einer Laborsituation zu erforschen, sondern Schüler und Schülerinnen im Schulalltag, also eine Beobachtung des Lernvorgangs im Schulalltag. Experimente zum Lernen mit Texten gab es bereits viele, aber Befragungen zu Strategien oder der Befindlichkeit während des Lernvorgangs, die im Anschluss an den Lernvorgang gemacht werden, messen die Aktivitäten und den Zustand während des Lernens nachträglich. Dies beeinträchtigt die Validität der Ergebnisse. Gerade die nachträgliche Einschätzung des Flow-Zustandes ist problematisch, da es sich um einen Zustand der Versunkenheit handelt (siehe Kapitel 1.2.4), der schwer im Nachhinein gefühlsmäßig und zeitlich einzuordnen ist.

An meiner Untersuchung ist deshalb neu, dass das Lerngeschehen auf dem PC aufgezeichnet wird und die Motivation während des Lernens über mehrere Messpunkte in seinem Verlauf erfasst wird. Natürlich sind auch diese Kurzmessungen reaktive Messverfahren und unterbrechen das Lerngeschehen. Zugunsten des Gewinns an Informationen zur aktuellen Motivation erscheint dieses Vorgehen jedoch vertretbar. Es ist zu prüfen, inwieweit diese Vorgehensweise zu brauchbaren Ergebnissen führt.

Ist eine objektive Erfassung des Mediators „Lernstrategien“ möglich?

Der Zusammenhang zwischen der Eingangsmotivation und der Leistung wird nach dem Prozessmodell von Vollmeyer und Rheinberg (1998) über Mediatoren vermittelt. Mediatoren der vorliegenden Studie waren die Strategien, der motivationale Zustand während des Lernens und der funktionale Zustand während des Lernens. Indikatoren für die jeweiligen Mediatoren sind die gezeigten Vorgehensweisen (die sogenannten navigation traces), die durch Fragebögen gemessene Motivation während des Lernens (MZ) und das durch Fragebögen erfasste Flow-Erleben (Flow). Während die Befindlichkeit während des Lernens gut durch Fragebögen getestet werden kann (vgl. Spörer, 2003), sind die berichteten Kenntnisse oder angeblich verwendeten Lernstrategien (*Self-reported measures*) oft unabhängig von der tatsächlich erbrachten Leistung (Schiefele et al., 1993). Um das Prozessmodell zu testen, war es also nötig und wichtig, objektive und valide Indikatoren für Strategien zu finden.

Welchen Einfluss hat Flow auf den Lernprozess?

Der Einfluss der Eingangsmotivation und der Motivation während des Lernens auf die Leistung ist bisher gut untersucht worden. Der Einfluss des Flow-Erlebens auf die Leistung ist dagegen weniger häufig in Studien überprüft worden. Die empirischen Ergebnisse legen nahe, dass ein hohes Interesse an einem Thema die Entstehung von Flow fördert, dies aber nicht unbedingt mit einer größeren Lernleistung zusammenhängt (Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993; Schiefele, 1996). In anderen Studien (Vollmeyer & Rheinberg, 1998) fanden sich dagegen Zusammenhänge zwischen Flow-Erleben und Lernleistung.

Rheinberg zieht den Schluss: „Den Beziehungen zwischen Flow-Erleben, kompetenzbezogener Leistungsmotivation sowie Besonderheiten von Situationen und Tätigkeiten muss aber noch genauer nachgegangen werden“ (2004a, S. 159). Wie das Flow-Erleben mit der Eingangsmotivation und der Leistung in einer Computer unterstützten Lernumgebung zusammenhängt, ist also eine weitere Fragestellung.

Ist das kognitiv-motivationale Prozessmodell für das Lernen mit einem Physikprogramm hilfreich?

Ein anderes Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Einfluss der Eingangsmotivation auf die Mediatoren „Motivation während des Lernens“, „Flow-Erleben“ und „Lernstrategien“ sowie den Einfluss dieser drei Mediatoren auf die Leistung zu untersuchen. Das bedeutet schlussendlich, das kognitiv-motivationale Prozessmodell im Falle des Lernens mit einem Physiklernprogramm am Computer im Schulalltag zu testen. Das Vorwissen muss dabei berücksichtigt werden, da es eine bekannte Tatsache ist (Friedrich & Mandl, 1992; Helmke, 1992), dass es die Lernleistung positiv beeinflusst. Das heißt, wer zu Beginn über ein Thema mehr weiß, hat auch nach dem Lernen mehr Wissen. In der vorliegenden Untersuchung wird deshalb ein vorab den Probanden unbekanntes Thema gewählt, damit deren Vorwissen möglichst gering ist. Es wird dennoch kontrolliert werden. Falls doch Vorwissen vorhanden ist, wird zu diskutieren sein, inwieweit das Geschlecht bereits einen Einfluss auf das Vorwissen hat, ob nämlich Schüler ein höheres Vorwissen haben als Schülerinnen.

Gibt es Geschlechtsunterschiede beim Lernen mit einem Physikprogramm am PC? Wenn ja, kann man sie ausgleichen? Ist die Motivation von Schülern und Schülerinnen verschieden? Wenn ja, kann man die Motivation verbessern?

Weiter interessierte die Frage, ob sich mit dem Modell auch zu erwartende Unterschiede zwischen Schülern und Schülerinnen in Bezug auf die Leistung beim Arbeiten mit einem unbekanntem Physikprogramm erklären lassen.

Zunächst werden in einer Pilotstudie Hypothesen zum Lernvorgang aus dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell abgeleitet. Falls sich in der Pilotstudie Geschlechtsunterschiede zeigen, sollte in der Hauptstudie der Versuch gemacht werden, durch eine Veränderung der Instruktion die Motivation, besonders die der Schülerinnen, beim Arbeiten mit einem Physiklernprogramm zu steigern. Hier könnten besonders zwei Faktoren der Eingangsmotivation wichtig sein. Der in Abschnitt 1.1.3 bereits erwähnte theoretische Standpunkt von Zimmerman (2000), dass gerade die Erfolgswissenshaftigkeit beim selbst regulierten Lernen eine große Rolle spielt, wird dann in Bezug auf die Praxis zu diskutieren sein. Wenn es eine Rolle spielt, für wie fähig sich ein Schüler hält, dann müsste es möglich sein, durch entsprechende Instruktionen diese Zuversicht zu unterstützen und damit das Lernergebnis zu verbessern. Weiterhin wird der Einfluss, den das Interesse auf die Leistung hat, zu diskutieren sein, und man wird überlegen müssen, wie das Interesse der Schüler zu steigern ist.

Es könnte ja sein, dass bei geeigneten Tätigkeitsanforderungen und günstiger Instruktion die Eingangsmotivation verbessert und dadurch auch Flow-Erleben und Motivation während des Lernens erhöht wird und so eine bessere Leistung zustande kommt. Dies könnte für den Schulalltag von Schülern und Lehrern berücksichtigt und umgesetzt werden. Zunächst gilt es aber, die Messinstrumente vorzutesten und die Variablen des Prozessmodells zu erforschen.

2. PILOTSTUDIE

2.1 Hypothesen

Entsprechend dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell werde ich den Lernprozess in verschiedenen Teilabschnitten untersuchen. Die erste Hypothese thematisiert dementsprechend zunächst den Einfluss der Eingangsmotivation auf die verschiedenen Mediatoren des Lernprozesses. So sollte eine mittlere Herausforderung, hohes Interesse und hohe Erfolgswahrscheinlichkeit zu höherer Motivation während des Lernens führen, zur Verwendung besserer Strategien und zu höherem Flow-Erleben. Starke Misserfolgsbefürchtung dagegen sollte sich negativ die Mediatoren auswirken. Die nächste Hypothese bezieht sich auf den Aspekt, wie sich diese Mediatoren jeweils auf die Leistung auswirken. Die dritte Hypothese beschäftigt sich mit dem Lernprozess, wie er sich im genannten Modell darstellt. Die vierte Hypothese beschäftigt sich mit eventuell auftretenden Geschlechtsunterschieden.

Erste Hypothese/ Einfluss der Eingangsmotivation auf die Variablen des Lernprozesses

Die Eingangsmotivation wirkt auf die Mediatoren 1. Strategien 2. Motivation während des Lernens (MZ) und 3. Flow-Erleben.

Zweite Hypothese/ Einfluss der Variablen des Lernprozesses auf die Leistung

Die drei Mediatoren (Strategien, Motivationaler Zustand während des Lernens und Flow-Erleben) wirken sich jeweils positiv auf die Lernleistung aus.

Dritte Hypothese/ Gesamter Lernprozess

Die Eingangsmotivation wirkt auf die Mediatoren und diese wiederum auf die Leistung (Prüfung des Prozessmodells).

Vierte Hypothese/ Einfluss von Geschlecht

Es gibt Geschlechtsunterschiede bei den Variablen: Eingangsmotivation, hier insbesondere beim Interesse, den verwendeten Strategien, der Motivation während des Lernens, dem Flow-Erleben und der Leistung. Schüler sollten bei allen Variablen besser abschneiden.

2.2 Methode

Allgemeine Bemerkungen

Um das Material, also das Lernprogramm, die Instruktion, die Fragebögen und den Ablauf auf Durchführbarkeit oder eventuelle Mängel zu testen, habe ich zunächst zwei Einzelversuche mit zwei Erwachsenen, einem Physiklehrer und einer Wirtschaftsingenieurin, durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass das Programm den Anforderungen der Studie (vgl. Abschnitt 1.3) genügte. Die begeisterte Vorgehensweise und die anschließende Exploration der Versuchspersonen ließen darauf schließen, dass das Programm geeignet war, sich damit eine halbe Stunde oder länger zu beschäftigen. Auch der geplante Ablauf war möglich, lediglich die Leserlichkeit der Fragebögen erschien mangelhaft. Um den gesamten Ablauf einmal durchzuspielen und zwei Überwachungsprogramme probeweise mitlaufen zu lassen, gab es im Anschluss einen ersten Gruppenversuch in den Räumen der Universität mit fünf Abiturienten. Diese Vorstudie zeigte, dass die geplante Vorgehensweise gut durchführbar war. Die mündliche Explorationen ergab, dass alle Versuchspersonen die Instruktionen als verständlich, das Lernprogramm als spannend, die Zeit zur Bearbeitung als ausreichend und die verbesserte Leserlichkeit der Fragebögen als jetzt befriedigend durch die Versuchspersonen bewertet wurden.

Damit war der Weg frei für eine quasiexperimentelle Untersuchung in der Schule. In dem Fall wählte ich keine Schulklasse, sondern die Schüler (und Schülerinnen) wurden nach Zufall aus dem Jahrgang 11 ausgewählt. Der Vorteil einer Studie, die in einer Schule durchgeführt wird, ist die hohe ökologische Validität, selbst wenn man davon ausgehen muss, dass dort viele Störfaktoren wie Wetter, bevorstehende Klassenarbeiten, Störungen durch hereinkommende Lehrer und ähnliches nicht kontrolliert werden können. Überlegt war noch die Einbindung in Projekttag oder Ähnliches, diese Idee wurde fallen gelassen, damit eine Sondersituation vermieden wird.

2.2.1 Stichprobenbeschreibung

Stichprobe

Die Bischof-Neumann-Schule in Königstein (Hessen) als Privatschule ermöglichte durch ihre Flexibilität Laborsituationen, weil das Kollegium Bedingungen des schulischen Lernens weiter zu verbessern sucht. Der derzeitige Direktor hat seine Dissertation über die Montessori-Pädagogik und ihre Anwendungsmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen

Unterricht geschrieben, er ist bei allen anfallenden Problemen und Anforderungen sofort bereit zu jedweder Unterstützung gewesen.

Die Probanden waren 32 Schüler, davon 17 männlich und 15 weiblich, der Jahrgangsstufe 11 eines humanistischen Gymnasiums (der Bischof-Neumann-Schule, ein staatlich anerkanntes Privatgymnasium in kirchlicher Trägerschaft) in Königstein im Taunus. Die Schüler wurden nach dem Zufallsprinzip durch den Direktor der Schule zusammengestellt. Das Durchschnittsalter betrug 16.26 ($SD = 0.44$) Jahre. Die Schüler hatten 30 Minuten Zeit, sich ein Physiklernprogramm zum Thema „Drehmomente“ am PC selbständig zu erarbeiten und vorher und nachher verschiedene Fragebögen auszufüllen. Die Schüler haben seit der 7. Klasse durchgängig Physik an dieser Schule. Die Schüler durften anstelle des regulären Unterrichts morgens an der Studie teilnehmen, zusätzlich gab es im Anschluss an die Studie für jeden der Teilnehmer Süßigkeiten. Die Daten eines Schülers konnten bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden, da er die Anweisungen nicht ausreichend befolgt hatte, es bleibt demnach eine Stichprobengröße von $N = 31$.

2.2.2 Untersuchungsdurchführung

Der Computerraum der Schule ist mit sehr guten Laptops ausgestattet, es gibt dort 16 Arbeitsplätze, die an den Vortagen entsprechend vorbereitet worden waren. Dazu wurden an mehreren Vormittagen zwei Monitoringprogramme auf die Schulrechner aufgespielt und ihr Funktionieren jeweils überprüft. Weiterhin musste sichergestellt sein, dass auf allen Schulrechnern das Programm *Java* installiert ist, da nur dann alle Möglichkeiten des Lernprogramms ausgeschöpft werden können. Besonders das anschließende Abspeichern der aufgezeichneten Daten erforderte umfangreiche Sicherheitsvorkehrungen wegen der Antivirusprogramme der Schule, die bei einem Neustart eines PCs automatisch alle gespeicherten Daten löschen.

Der Untersuchungstag war der 13.10.05, ein Donnerstag vor den Herbstferien. Bevor die Schüler eintrafen, wurden alle Rechner gestartet, die Monitoringprogramme geöffnet und die Lern-CD eingelegt und ebenfalls geöffnet. An jedem der 16 Arbeitsplätze lagen ein Bleistift, Radiergummi und Spitzer sowie eine Folie mit allen Fragebögen in der richtigen Reihenfolge. Die erste Gruppe von 16 Schülern traf um 8.00 Uhr im Computerraum der Schule ein, die zweite Gruppe um 10.30 Uhr. Bei der ersten Gruppe waren drei Helfer anwesend, davon zwei männliche studentische Hilfskräfte, bei der zweiten Gruppe nur noch

zwei. Lehrer der Schule waren nicht anwesend. Die Versuchsdurchführung dauerte jeweils etwa eineinhalb Stunden.

Die Schüler wurden zu Beginn in der Gruppe durch die Versuchsleiterin mündlich über den geplanten Ablauf instruiert, der Ablauf wurde ihnen auch noch einmal schriftlich in der Instruktion in die Folie mit den diversen Fragebögen gelegt. Nach der Begrüßung und der Vorstellung der Versuchsleiter wurde den Schülern erläutert, dass die Dauer der Untersuchung etwa zwei Schulstunden umfasst und es im Anschluss daran ein paar Süßigkeiten geben würde. Anschließend sollten sie zunächst die schriftliche Instruktion lesen (siehe Anhang 7.1.1). Mündlich wurde noch einmal betont, dass es sehr wichtig sei, dass die Abschnitte des Lernprogramms wirklich hintereinander bearbeitet würden und der Computer anschließend anbliebe. Dies war notwendig, damit die gespeicherten Daten nicht dem Sicherheitsvorkehrungen des schulinternen Löschsystems nach jedem Ausmachen zum Opfer fielen.

Weiter wurde betont, dass es wichtig sei, bei den Einstellungsfragebögen nicht lange zu überlegen, diese sollten zügig ausgefüllt werden. Ein Fragebogen wurde exemplarisch gezeigt und die Skalierung erläutert. Im Anschluss durften die Schüler den 1. Lernfragebogen zwei Minuten ansehen. Danach sollten sie einen Fragebogen zur aktuellen Motivation ausfüllen sowie Uhrzeit, Alter und Geschlecht eintragen. Anschließend hatten die Schüler 15 Minuten Zeit, den ersten Lernfragebogen zu bearbeiten. Zuvor wurde noch einmal betont, dass sie nicht bei anderen Schülern abschauen sollten, da das die Ergebnisse verfälschen würde und die Daten sowieso anonym ausgewertet würden. Nach dem Bearbeiten des Lernfragebogens begannen alle Schüler gleichzeitig mit der Bearbeitung des Lernprogramms. Dazu mussten sie selbst die Aufnahme des Videoprogramms starten. Sie wurden noch einmal darauf hingewiesen, dass sie eine halbe Stunde Zeit hätten, dass im PC eine Uhr sei, falls sie sich die Zeit einteilen wollten, dass sie aber nicht fertig werden müssten, sondern so schnell arbeiten können, wie sie wollten.

Nach jedem Abschnitt des Lernprogramms sollten die Schüler einen Fragebogen zu Motivation und Flow ausfüllen und dann erst zum nächsten Abschnitt umschalten. Jeder Schüler musste demnach bis zu fünf Fragebögen während der Bearbeitungszeit des Lernprogramms ausfüllen. Dies wurde auch von den Hilfskräften zu Beginn kontrolliert. Nach den 30 Minuten Bearbeitungszeit musste jeder Schüler selbst das Aufzeichnungsprogramm ausstellen, damit die Zeit zum Bearbeiten des Lernprogramms für alle Teilnehmer identisch war, und den 2. Lernfragebogen bearbeiten, dafür waren 20 Minuten vorgesehen. Anschließend gab es eine kurze mündliche Exploration („Würdet Ihr an so einer Studie noch

einmal teilnehmen?“, „Was hat Euch gefallen?“, „Was hat Euch gestört?“ und „Habt Ihr Verbesserungsvorschläge?“) durch die Versuchsleiterin, um mögliche Probleme beseitigen zu können, falls weitere Studien in dieser Art folgen sollten. Nach der abschließenden Kurzexploration in der Gruppe wurden die Schüler noch einmal kurz über die Ziele der Untersuchung aufgeklärt. Beim Rausgehen gab es eine Belohnung durch Süßigkeiten.

Während der Pause bis zur nächsten Gruppe wurde jeder Arbeitsplatz neu eingerichtet und die Daten der Monitoringprogramme auf den Lehrercomputer überspielt, da die Videos sehr viel Platz beanspruchen und sonst die zweite Gruppe eventuell nicht vollständig aufgezeichnet werden konnte. Die Durchführung in der zweiten Gruppe erfolgte analog zur ersten Gruppe.

2.2.3 Messinstrumente

Ich werde die Messinstrumente in der Reihenfolge darstellen, wie sie auch zur Anwendung kamen. Als Prädiktor wurde zunächst die Eingangsmotivation gemessen. Während der Bearbeitung des Lernprogramms wurden die beobachtbaren Strategien aufgezeichnet und der motivationale Zustand und Flow während des Lernens durch Fragebögen erfasst. Vor und nach der Bearbeitung des Lernprogramms gab es jeweils einen Lernfragebogen zur Erfassung des Vorwissens und der Leistung.

Prädiktor

Eingangsmotivation

Die aktuelle Motivation zu Beginn der Untersuchung wurde nach der Instruktion und nach kurzem Durchlesen des ersten Lernfragebogens mit Hilfe des FAM (Fragebogen zur aktuellen Motivation von Rheinberg et al., 2001) erhoben. Dieser misst die Faktoren Herausforderung, Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung und wurde unter Abschnitt 1.2.3 bereits beschrieben. Er umfasst 18 Items und hat eine Skalierung von 1 bis 7. Der Fragebogen wurde für diese Studie inhaltlich an das Thema Physik und die Aufgabenstellung angepasst und entsprechend umformuliert (siehe Anhang 7.1.2). Das Ausfüllen des Fragebogens dauert etwa ein bis zwei Minuten. Bei dieser Stichprobe erwies sich die Reliabilität des Fragebogens bis auf eine Ausnahme als zufriedenstellend. So beträgt Cronbachs α für die Skala *Herausforderung* $\alpha = .45$, für die Skala *Interesse* $\alpha = .65$, für *Erfolgswahrscheinlichkeit* $\alpha = .82$ und für die *Misserfolgsbefürchtung* $\alpha = .75$. Ein Cronbachs α über $.70$ ist wünschenswert, ab $.65$ ist der Wert für Forschungszwecke ausreichend. Bei der Skala *Herausforderung* liegt der niedrige Wert an Item 8, wie die Reliabilitätsanalyse zeigen

konnte. Wenn man dieses Item weglässt, beträgt Cronbachs $\alpha = .65$ und ist damit ausreichend. Das Item lautete: „Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde“. Diese Aussage traf möglicherweise in der Versuchssituation nicht ausreichend zu, weil den Schülern bekannt war, dass der Test anonym ausgewertet würde und sie die Ergebnisse von daher nicht mitgeteilt bekommen würden. Es ist zu überlegen, ob man das Item in einer weiteren Studie in einer ähnlichen Situation umformulieren sollte oder den Schülern die Möglichkeit geben sollte, ihre Leistungen anschließend einzusehen.

Selbst reguliertes Lernen

Anforderungen an das Lernprogramm

Das Lernprogramm sollte neben Text auch Möglichkeiten zu kleinen Experimenten bieten und Programm und Thematik sollten den Schülern unbekannt sein, um das Vorwissen gering und damit möglichst gleich zu halten. Es sollte sich mit Themen der Physik in der Oberstufe beschäftigen. Die Möglichkeit zur Nutzung von Animationen war mir eine wichtige Voraussetzung, damit die Schüler nicht nur den Text lesen, sondern auch selbst etwas tun konnten. Die Bearbeitungsdauer sollte etwa eine halbe Stunde umfassen, die gesamte Untersuchung pro Gruppe 2 Schulstunden, um eine geringe Störung des Schullalltags zu gewährleisten.

Ein Programm, das meinen Kriterien entsprach, wurde vom Institut für die Pädagogik in den Naturwissenschaften (IPN) in Kiel entwickelt. Der Auftrag des IPN ist es, durch seine Forschungen die Pädagogik in den Naturwissenschaften weiter zu entwickeln und zu fördern. Die Arbeiten des IPN umfassen Grundlagenforschung in Fragen des Lehrens und Lernens in den Naturwissenschaften. Die aktuellen pädagogischen Fragestellungen und Projekte werden interdisziplinär in Teams aus Naturwissenschaftlern, Fachdidaktikern, Pädagogen und Psychologen bearbeitet. Dort wurden zum Beispiel für das Fach Physik computerbasierte Lernumgebungen entwickelt. Sie bieten die Möglichkeit zur Präsentation von interaktiven Simulationen, die von Lernenden explorativ untersucht werden können und mit denen sich funktionale Zusammenhänge aktiv erarbeiten lassen.

Lernprogramm

Das in der Studie verwendete Lernprogramm wurde im genannten Leibniz-Institut für die Pädagogik in den Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel von Wünscher und Ehmke (2002) für Schüler der 11. Klassen entwickelt. Der Kraftbegriff sollte bei den Schülern durch den Physikunterricht der 10. Klasse bereits eingeführt sein.

In der ausgewählten Lerneinheit wird das Thema Drehmomente aus einem geometrischen Blickwinkel betrachtet. Dazu werden Drehmomente als Flächeninhalte eines Parallelogramms mit den Seiten Kraft und Hebelarm dargestellt. Die Schüler können dazu verschiedene Experimente durchführen, als Werkzeug für die Animationen wird das interaktive Geometrie-System Cinderella verwendet. Im Text werden verschiedene Fragen gestellt, die der Schüler mit Hilfe der Animationen selbst beantworten kann. Die Fragen dienen nur der kognitiven Aktivierung (mündliche Auskunft von T. Wünscher am 30.6.05), die Lösungen werden nicht im Programm vorgegeben.

Das Lernprogramm heißt „Drehmomente sehen“ (vgl. Anhang 7.1.3.1, 7.1.3.2 und 7.1.3.3, dort sind einige Seiten beispielhaft abgedruckt) und besteht aus einer Einleitung, vier Abschnitten und einem Zusatzabschnitt. In den fünf Abschnitten, also Abschnitt eins bis vier und Zusatz, können insgesamt 12 Animationen verwendet werden. Es gibt auch eine Onlineversion mit Simulationen, das bedeutet, dass nach Anklicken die Animationen vom Programm gesteuert ablaufen. Ich habe mich für die Version mit den Animationen entschieden, da ich das Verhalten der Schüler beim Lernen mit dem Programm und ihren aktiven Umgang mit den Animationen als Indikatoren für Strategien messen wollte. Abbildung 6 zeigt einen Screenshot aus dem zweiten Abschnitt. In dem Lernprogramm wird im ersten Abschnitt folgendermaßen darauf hingewiesen, dass es die Möglichkeit der Animationsbenutzung gibt:

Hinweis zur Bearbeitung der interaktiven Geometrie-Module:

Bei allen interaktiven Figuren sind immer die hell-rot gefärbten Punkte ziehbar.

In der nächsten Figur ist dies beispielsweise der Punkt A.

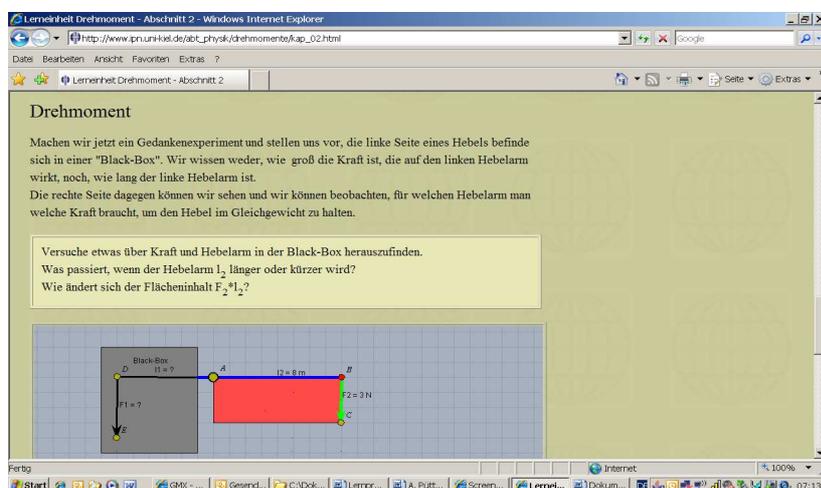


Abbildung 6: Screenshot aus dem Lernprogramm „Drehmomente sehen“ des IPN Kiel

Mediatoren

Lernverhalten/ Lernstrategien

Der Begriff *Lernstrategie* scheint auf den ersten Blick möglicherweise zu anspruchsvoll für das, was man aus dem Verhalten der Schüler ersehen kann. Um sich das Wissen anzueignen, das man für die Beantwortung der Fragen des Lernfragebogens braucht, muss man Lernstrategien kennen und anwenden. Wie ein Schüler vorgeht um sein Lernziel zu erreichen, also die sogenannten *navigation traces* (vgl. Jamieson-Noel & Winne, 2003), gibt Aufschluss über seine Strategien. Ich schließe also durch die Vorgehensweise eines Probanden, durch sein Verhalten während des Lernens, auf seine Strategien. Zur Erfassung des *Lernverhaltens* der Schüler, also ihrer Lernstrategien, liefen während der Bearbeitung des Lernprogramms zwei Monitoringprogramme mit, *StatWin* und *ScreenVirtuoso*. Diese hatten sich bereits in Vorstudien zum multimedialen Lernen bewährt (vgl. Beierlein et al., 2005), um objektive Daten/Indikatoren für das, was sich beim Lernen abspielt, zu erhalten.

StatWin ist eine Software, mit der man Aktivitäten auf Computern überwachen und in übersichtlichen Statistiken abspeichern kann. Gespeichert werden Daten wie zum Beispiel die komplette Betriebszeit oder die durchschnittliche Betriebszeit pro Tag pro Benutzer. Ebenso werden gestartete Programme und deren Laufzeit gespeichert. Aus der Internetwerbung zitiere ich: „So können z.B. Firmenchefs herausfinden, ob ihre Mitarbeiter unerwünschte Programme wie Spiele starten. Eine Überwachung der Internetzugriffe zeigt an, wie viel Zeit zum Surfen im Internet aufgewendet wird. Besonders praktisch für Büros ist die Überwachung der gedruckten Seiten, darunter deren Namen, den verwendeten Drucker, Seitenanzahl etc. Diese Software hilft Ihnen zu erfahren, wie Ihre Computer wirklich verwendet werden“. Oft dienen also solche Spionprogramme zur Überwachung von Mitarbeitern, was datenschutzrechtlich durchaus problematisch gesehen werden dürfte. In unserem Fall war den Schülern aber mitgeteilt worden, dass ihr Verhalten während der Bearbeitung aufgezeichnet wird, so dass hier ethisch kein Problem entstanden ist. Es interessierte beispielsweise die Zeit, die ein Schüler in einem Abschnitt verbrachte, ob er die eingeschriebene Reihenfolge einhielt, wie viele Mausklicks und Scrollbewegungen er machte.

Leider war es nur bei der Hälfte der Probanden gelungen, die Daten abzuspeichern, nämlich von sieben Schülerinnen und neun Schülern aus beiden Gruppen, die andere Hälfte ging beim Abspeichern verloren. Anhand des Monitoring-Programms *statwin* ist es möglich, die Anzahl der Mausklicks für jede Versuchsperson zu ermitteln, bei der verbleibenden Hälfte war es zum Teil sogar möglich, die Mausklicks in den einzelnen Abschnitten zu erkennen,

was eine Zu- oder Abnahme der Aktivität im Verlauf der Programmbearbeitung erkennbar gemacht hätte. Da aber bei einigen der ohnehin nur 16 StatWin-Protokolle nur eine Gesamtzahl aufgezeichnet wurde, habe ich lediglich mit diesem Wert weitergerechnet. Auch der Scrollwert und die Zeit pro Abschnitt waren nur für acht der 16 Computer aus den Protokollen zu errechnen, also für insgesamt 16 Probanden.

ScreenVirtuoso zeichnet alle Bildschirmaktivitäten auf und speichert diese im AVI-Format (Audio Video Interleave) ab, so dass man sich immer wieder ansehen kann, was ein Proband tatsächlich mit der Maus oder den Animationen gemacht hat, also wie er mit dem Programm umgegangen ist.

Da es eine Pilotstudie sein sollte, wollte ich alle durch die Monitoringprogramme aufgezeichneten Verhaltensweisen erfassen und benannte folgende *Strategie-Indikatoren* (Die Werte in Klammern geben die theoretisch mögliche Spannweite an):

1. Anzahl der bearbeiteten Abschnitte (von 1 bis 5)
2. Mausklicks (von 0 bis unbekannt)
3. Scrollwert (0 bis unbekannt)
4. Zeit pro Abschnitt (0 bis 1800 Sekunden)
5. Zeit zum Finden der Animationen (0 bis 1800 Sekunden)
6. Anzahl der benutzten Animationen (0 bis 12)
7. Länge der Animationsnutzung (0 Sekunden bis 1800 Sekunden)
8. Art und Weise der Animationsnutzung (Bewertung zwischen 0 und 3, Beschreibung im entsprechenden Abschnitt unter den Ergebnissen).

Motivation und Flow während des Lernens

Nach jedem der fünf Abschnitte des Lernprogramms wurde sowohl erneut die aktuelle Motivation mittels einiger ausgewählter Items des FAM (von jedem Faktor der Eingangsmotivation wurden zwei Items verwendet) als auch zusätzlich der funktionale Zustand während des Lernens, also der Flowwert, mit Hilfe der FKS (Flow-Kurzskala von Rheinberg et al., 2003) ermittelt. Die Flow-Kurz-Skala wurde bereits in Abschnitt 1.2.4 erläutert. Sie umfasst mit 10 Items die verschiedenen Komponenten des Flow-Zustands. Der Fragebogen besteht damit aus insgesamt 18 Items und ist in Anhang unter 7.1.4 beispielhaft für den Zeitpunkt des Ausfüllens nach der Bearbeitung des ersten Lernabschnitts zu finden. Für die Beantwortung des Fragebogens sind etwa anderthalb Minuten ausreichend.

Bei der vorliegenden Stichprobe ergaben sich für die Motivation während des Lernens Reliabilitäten von Cronbachs α zwischen .32 nach dem ersten Abschnitt bis $\alpha = .59$ nach dem vierten Abschnitt. Hierzu wurden die 8 Items des FAM zusammengezählt, ein Item der Erfolgswahrscheinlichkeit sowie die Items der Misserfolgsbefürchtung wurden vorher umkodiert. Die Reliabilität ist nicht befriedigend. Das mag daran liegen, dass die vier Skalen theoretisch unabhängig voneinander sind und andere Konstrukte messen und das Zusammenfassen daher problematisch ist. Die Werte werden allerdings über die Zeit homogener und werden von daher gemeinsam betrachtet. Diese Ergebnisse sollten in der nächsten Untersuchung erneut überprüft und gegebenenfalls bei den Zusammenhängen des Mediators *Motivationaler Zustand* mit anderen Variablen berücksichtigt werden. Die durch die 8 FAM-Items gemessene Motivation während des Lernens wird also analog dem zugrunde liegenden Prozessmodell als „Motivationaler Zustand“ bezeichnet und in nachfolgenden Tabellen häufig mit MZ abgekürzt. Die Motivation beim Ausfüllen des jeweils letzten Fragebogens eines Probanden wird dort entsprechend als MZ_{end} bezeichnet. Diese Variable ist nötig, weil es den Probanden freigestellt war, wie schnell sie arbeiten möchten und nicht jeder Proband bis zum letzten Abschnitt gelangt ist.

Die Reliabilität der Items der Flow-Kurz-Skala ist gut. Die Subskalen Absorbiertheit und Glatter Verlauf korrelieren nach Abschnitt 1 mit $r = .28$ zwar nicht signifikant, es ergibt sich jedoch eine gemeinsame Reliabilität der Skalen von Cronbachs α mit .72 für den Gesamtflowwert nach dem ersten Abschnitt. Die Korrelationen zwischen den beiden Subskalen sind von Abschnitt 2 bis 4 signifikant und zunehmend, nur nach Abschnitt 5 wird die Korrelation mit $r = .80$ nicht signifikant aufgrund der geringen Versuchspersonenanzahl von dann $n = 5$ (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Korrelationen der Subskalen des FKS nach jedem Abschnitt in der Pilotstudie

Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4	Abschnitt 5
$r = .28, n = 31$	$r = .43^*, n = 31$	$r = .78^*, n = 30$	$r = .82^{**}, n = 21$	$r = .80, n = 5$

Anmerkungen: n bedeutet in dieser Tabelle die Anzahl von Probanden, die den betreffenden Abschnitt einschließlich des Fragebogens bearbeitet haben.

Da die Werte der Subskalen zu allen Zeitpunkten außer dem ersten signifikant korrelieren und die Reliabilität der Gesamtskala zu allen Messzeitpunkten sehr gut ist (vgl. Tabelle 3), werde ich im Folgenden nur noch mit dem Gesamtwert weiter rechnen. In Tabellen wird der funktionale Zustand während des Lernens als FLOW abgekürzt, der jeweils zuletzt angegebene Flowwert wird FLOW_{end} genannt. FLOW_{end} bezeichnet den Flowwert,

den ein Schüler beim jeweils letzten ausgefüllten Fragebogen angegeben hat. Die Reliabilität der Gesamtskala nach jedem Abschnitt zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Reliabilität der Gesamtskala des FKS in der Pilotstudie

Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4	Abschnitt 5
$\alpha = .72, n = 31$	$\alpha = .84, n = 31$	$\alpha = .93, n = 30$	$\alpha = .91, n = 21$	$\alpha = .95, n = 5$

Kriterien/ Leistung

Vorwissen, Leistung und Lernzuwachs

Vor und nach der Bearbeitung des Lernprogramms wurde den Schülern der gleiche Lernfragebogen mit 12 Aufgaben zum Bearbeiten gegeben. Dieses Vorgehen, den inhaltlich gleichen Test zum Testen des Vorwissens sowie der Leistung zu verwenden, wurde in Anlehnung an den Vorschlag des Instituts für Pädagogik in den Naturwissenschaften gewählt. Die Fragebögen zur Lerneinheit „Drehmomente sehen“ wurden passend zu dem von mir verwendeten Lernprogramm vom IPN entwickelt und von mir inhaltlich übernommen. Ich habe ihn lediglich der besseren Lesbarkeit halber überarbeitet (vgl. Anhang 7.1.5 und 7.1.6). So gab es im Original beispielsweise einige Beschriftungen an Abbildungen, wo Zahlen und Maßeinheiten nicht klar zu erkennen waren. Wenn man Vorwissen und Leistung mit demselben Test misst, besteht immer die Gefahr, dass Schüler gezielt auf die Fragen hin lernen und das Vorwissen als Prädiktor die motivationalen Einflüsse schwächt. Da ich davon ausging, dass das Thema Drehmomente noch nicht im Unterricht bearbeitet war und von daher kein Vorwissen zu erwarten war, erschien mir das Vorgehen des IPN plausibel. Sollte sich herausstellen, dass Versuchspersonen doch über unterschiedliches Vorwissen verfügen, wäre das Vorgehen kritisch und sollte in einer späteren Studie überdacht werden.

Als Maßzahl für das Vorwissen und die Leistung galt die jeweils erreichte Punktezahl in den Fragebögen. Das IPN Kiel stellt zwar die Lernfragebögen zur Verfügung, es gab aber keine Auswertung von Seiten des Instituts. Es galt also zunächst ein Bewertungsschema für die Antworten zu entwickeln. Die Vergabe von Punkten pro Aufgabe und die richtigen Lösungen der einzelnen Aufgaben erfolgte in Absprache mit dem Physiklehrer Schütz aus Frankfurt und zur Kontrolle dem Ingenieur Gaensslen sowie der Wirtschaftsingenieurin Schwarz. Die Bewertung der Fragen findet sich im Anhang unter 7.1.7. Insgesamt konnten in beiden Lernfragebögen maximal 70 Punkte, davon 4 Sonderpunkte, erzielt werden.

Das Vorwissen setzte sich aus der addierten Punktezahl aller 12 Aufgaben des 1. Fragebogens zur Lerneinheit zusammen, die Leistung durch die Gesamtzahl aller Punkte im

2. Fragebogen zur Lerneinheit. Die Reliabilität des Fragebogens ist gut. Die Items des Lernfragebogens erwiesen sich als homogen, Cronbachs α lag beim Vortest bei .81, beim Nachtest bei $\alpha = .79$. Als weiteres Maß für die Leistung kann die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Fragebogen angesehen werden, im Folgenden als Lernzuwachs bezeichnet.

2.3 Ergebnisse

Zuerst werde ich die ermittelten Daten insgesamt darstellen, im Anschluss werde ich die aufgestellten Hypothesen überprüfen.

2.3.1 Vorbereitende Analysen

Exploration und Teilnahme der Probanden

An der Exploration nahmen alle Schüler teil. Auf meine Fragen antworteten jeweils mehrere Schüler ausführlich, die anderen nickten oder machten zustimmende Äußerungen. Die Exploration ergab, dass die Schüler noch mal an so einer Studie teilnehmen würden. Sie fanden das Programm und die Animationen gut und sie hätten durchaus auch noch mehr Zeit mit dem Programm verbringen mögen. Lediglich der Schüler, der später ausgeschlossen werden musste, fand es langweilig. Gestört habe nichts, Verbesserungsvorschläge gab es keine.

31 Schüler folgten der Aufforderung, die Abschnitte nacheinander in der Reihenfolge von 1 bis maximal 5 durchzuarbeiten. Dies war durch die beiden Monitoringprogramme eindeutig nachzuvollziehen. Auch das Ausfüllen der Fragebögen war korrekt, es fehlten lediglich 6 von rund 3000 Werten. Diese fehlenden Werte wurden durch die gemittelten Werte aller Probanden ersetzt und mit den anderen Daten des entsprechenden Teilnehmers auf Plausibilität geprüft. Kein Schüler hatte aus Witz falsche Angaben zur Person gemacht, das ließ sich anhand des Versuchsprotokolls kontrollieren.

Die Stichprobengröße war demnach $N = 31$. Die tatsächliche Anzahl der Probanden, die einen Abschnitt bearbeitet und den dazu gehörigen Fragebogen ausgefüllt hatten, zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Anzahl der Teilnehmer der Pilotstudie, die den jeweiligen Abschnitt vollständig bearbeitet haben

	Gesamt	Schülerinnen	Schüler
Abschnitt 1 beendet	31	15	16
Abschnitt 2 beendet	31	15	16
Abschnitt 3 beendet	30	14	16
Abschnitt 4 beendet	21	12	9
Abschnitt 5 beendet	5	3	2

Deskriptive Statistik und Mittelwertevergleiche aller Variablen

Da sich bereits von Anfang an bei den meisten Variablen erhebliche Geschlechtsunterschiede zeigten, werden alle Werte für Schüler und Schülerinnen getrennt dargestellt und damit die Auswertung der Hypothese 4 gewissermaßen zum Teil schon vorgezogen. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind in einer Gesamtübersicht die deskriptiven Statistikwerte aller gemessenen Variablen und ein Mittelwertevergleich von Schülerinnen und Schülern anhand des t-Tests sowie die Effektstärke dieses Unterschieds abzulesen. Die Daten werden in der dort aufgeführten Reihenfolge anschließend im Text erläutert und anschließend diskutiert.

Tabelle 5: Deskriptive Statistik (*M*, *SD*), t-Test und Effektstärke der Eingangsmotivation, der Mediatoren und der Leistung in der Pilotstudie (*N* = 31)

	Geschlech t	M	SD	t-Test	Effektstärke d
FAM-	weiblich	4.90	1.02	$t(29) = .67$	0.24
Herausforderung	männlich	4.64	1.12	$p = .51$	
FAM-	weiblich	2.75	0.85	$t(29) = 3.21$	1.15
Interesse	männlich	3.80	0.97	$p < .01$	
FAM-Erfolgs-	weiblich	2.20	1.01	$t(29) = 5.23$	1.88
wahrscheinlichkeit	männlich	4.31	1.22	$p < .01$	
FAM-Miss-	weiblich	2.96	1.35	$t(29) = .51$	0.18
erfolgsbefürchtung	männlich	2.74	1.08	$p = .62$	
Motivationaler	weiblich	4.35	0.72	$t(29) = .51$	0.54
Zustand nach 1.A.	männlich	4.72	0.64	$p = .14$	
MZ	weiblich	4.60	0.56	$t(29) = .48$	0.51
nach 2. Abschnitt	männlich	4.73	0.87	$p = .64$	
MZ	weiblich	4.69	0.73	$t(28) = .25$	0.09
nach 3. Abschnitt.	männlich	4.62	0.81	$p = .81$	
MZ	weiblich	4.61	0.78	$t(19) = .91$	0.39
nach 4. Abschnitt	männlich	4.29	0.85	$p = .38$	
MZ	weiblich	3.96	0.14	$t(3) = 3.62$	2.94
nach 5. Abschnitt	männlich	2.88	0.53	$p < .05$	
MZend	weiblich	4.54	0.75	$t(29) = 0.70$	0.25
	männlich	4.31	1.05	$p = .49$	

FLOW	weiblich	3.55	0.90	$t(29) = 1.84$	0.66
nach 1. Abschnitt	männlich	4.13	0.86	$p = .08$	
FLOW	weiblich	3.83	0.88	$t(29) = 1.63$	0.60
nach 2. Abschnitt	männlich	4.42	1.10	$p = .11$	
FLOW	weiblich	3.92	1.34	$t(28) = .80$	0.30
nach 3. Abschnitt	männlich	4.32	1.37	$p = .43$	
FLOW	weiblich	3.66	1.16	$t(19) = .45$	0.20
nach 4. Abschnitt	männlich	3.41	1.37	$p = .66$	
FLOW	weiblich	3.10	0.89	$t(3) = .13$	0.10
nach 5. Abschnitt	männlich	3.35	3.32	$p = .90$	
FLOWend	weiblich	3.90	1.21	$t(29) = .63$	0.27
	männlich	4.22	1.61	$p = .53$	
Bearbeitete	weiblich	3.93	0.80	$t(29) = .91$	0.32
Abschnitte	männlich	3.69	0.70	$p = .37$	
Mausklicks	weiblich	56.86	30.78	$t(14) = 3.12$	1.61
$n = 16$	männlich	117.11	43.07	$p < .01$	
Scrollwert	weiblich	238.57	142.58	$t(14) = .90$	0.46
$n = 16$	männlich	308.11	159.93	$p = .38$	
Zeit für Einleitung	weiblich	97.86	47.09	$t(14) = 2.38$	1.17
$n = 16$	männlich	50.22	33.01	$p < .05$	
Zeit in Abschnitt1 n	weiblich	436.14	77.81	$t(14) = .78$	0.39
$= 16$	männlich	466.89	78.16	$p = .45$	
Zeit in Abschnitt2 n	weiblich	406.14	71.79	$t(14) = 2.46$	1.27
$= 16$	männlich	524.22	109.86	$p < .05$	
Zeit in Abschnitt3 n	weiblich	415.86	83.36	$t(14) = .73$	0.37
$= 16$	männlich	445.00	75.70	$p = .48$	
Zeit in Abschnitt4 n	weiblich	319.14	63.08	$t(14) = 1.90$	0.98
$= 16$	männlich	243.78	88.69	$p = .08$	
Zeit in Abschnitt5	weiblich	216.33	158.89	$t(7) = .01$	0.00
$n=9$	männlich	217.00	125.91	$p = .96$	
Zeit zum Finden der	weiblich	597.20	460.07	$t(29) = 3.00$	1.06
Animationen	männlich	234.19	149.61	$p < .01$	
Anzahl der benutz-	weiblich	6.80	2.88	$t(29) = 2.28$	0.81
ten Animationen	männlich	8.81	1.97	$p < .05$	
Länge der	weiblich	252.07	143.68	$t(29) = 3.17$	1.14
Animationsnutzung	männlich	415.38	143.20	$p < .01$	
Qualität/Güte der A.-	weiblich	3.40	2.50	$t(29) = 2.72$	0.98
nutzung	männlich	5.69	2.18	$p < .05$	
Vorwissen	weiblich	9.67	4.48	$t(29) = 3.08$	1.12
	männlich	19.50	11.57	$p < .01$	
Leistung	weiblich	24.73	6.19	$t(29) = 2.73$	0.99
	männlich	36.31	15.26	$p < .05$	
Lernzuwachs	weiblich	15.07	6.27	$t(29) = .62$	0.22
	männlich	16.81	9.08	$p = .54$	

Eingangsmotivation

Bei der Beantwortung des Fragebogens zur aktuellen Motivation (Skala 1 - 7) zu Beginn des Versuchs zeigte sich in der Gesamtgruppe eine hohe Herausforderung ($M = 4.77$, $SD = 1.06$), mittleres Interesse ($M = 3.29$, $SD = 1.05$), mittlere Erfolgswahrscheinlichkeit ($M = 3.29$, $SD = 1.54$) und eine eher geringe Misserfolgsbefürchtung ($M = 2.85$, $SD = 1.21$).

Verglichen mit anderen vorliegenden Untersuchungsergebnissen mit Denkaufgaben (Rheinberg et al., 2001) ist die Herausforderung eher hoch, das Interesse extrem niedrig, die geschätzte Erfolgswahrscheinlichkeit sehr gering und die Misserfolgsbefürchtung eher hoch. Allerdings handelte es sich in den früheren Studien zum Teil eher um Studien, die nicht in einem schulischen Rahmen angesiedelt waren, was die günstigere Motivationslage zu Beginn erklären könnte.

Wie aus Tabelle 6 zu ersehen ist, hatten Schülerinnen vor dem Ausfüllen des ersten Lernfragebogens, aber nach Kenntnis dessen, was sie erwartete, signifikant weniger Interesse am zu bearbeitenden Thema ($d = 1.15$) und hielten einen Erfolg für signifikant weniger wahrscheinlich ($d = 1.88$). Bei der Herausforderung und bei der Misserfolgsbefürchtung gab es keinen Geschlechtsunterschied.

Tabelle 6: Die Eingangsmotivation von Schülerinnen und Schülern im FAM in der Pilotstudie ($N = 31$)

	Geschlecht	M	SD	t-Test	Effektstärke d
FAM-Herausforderung	weiblich	4.90	1.02	$t(29) = .67$	0.24
	männlich	4.64	1.12	$p = .51$	
FAM-Interesse	weiblich	2.75	0.85	$t(29) = 3.21$	1.15
	männlich	3.80	0.97	$p < .01$	
FAM-Erfolgswahrscheinlichkeit	weiblich	2.20	1.01	$t(29) = 5.23$	1.88
	männlich	4.31	1.22	$p < .01$	
FAM-Misserfolgsbefürchtung	weiblich	2.96	1.35	$t(29) = .51$	0.18
	männlich	2.74	1.08	$p = .62$	

Motivation während des Lernens

Die Motivation während des Lernens sollte eine Mediatorvariable zwischen Eingangsmotivation und Leistung sein. Die Motivation während der Bearbeitung des Lernprogramms wurde durch die ersten 8 Items des Fragebogens ermittelt, der nach jedem Abschnitt von den Schülern auszufüllen war. Die ermittelte Variable habe ich Motivationalen Zustand während der Bearbeitung genannt, im Folgenden als MZ abgekürzt. Dazu wurden alle Werte der verwendeten FAM-Items addiert, ein Erfolgswahrscheinlichkeitsitem vorher entsprechend umkodiert und die Misserfolgsbefürchtungsitems umkodiert, und dann der Mittelwert errechnet.

Es gab zwar ein Zeitlimit für die Bearbeitung des Lernprogramms, aber die Schüler konnten selbst entscheiden, wie schnell sie arbeiten wollten. Daher variierte die Anzahl der bearbeiteten Abschnitte von zwei bis fünf Abschnitten und die Anzahl der ausgefüllten Fragebögen nimmt von Abschnitt 2 nach Abschnitt 5 ab. (vgl. Tabelle 4 zur Anzahl der in jedem Abschnitt jeweils „vorhandenen“ Schüler). Da beim Ausfüllen des 5. Fragebogens beispielsweise nur noch 5 Versuchspersonen teilnahmen, machte es mehr Sinn, den MZ am Ende der gesamten Bearbeitungszeit zu erfassen (MZ_{end} genannt). Dafür wurden die beim Ausfüllen des jeweils letzten Fragebogens angegebenen Werte zu einer neuen Variablen zusammengefasst. Der jeweilige Motivationale Zustand während der Bearbeitung des Lernprogramms nach jedem Abschnitt und nach Geschlecht getrennt ist aus der Tabelle 7 zu ersehen.

Tabelle 7: Die Motivation während des Lernens (MZ) von Schülerinnen und Schülern (M, SD) in der Pilotstudie (N = 31)

	Geschlecht	Anzahl	M	SD	t-Test	Effektstärke d
MZ 1	weiblich	n = 15	4.35	0.72	t (29) = .51 p = .14	0.54
	männlich	n = 16	4.72	0.64		
MZ 2	weiblich	n = 15	4.60	0.56	t (29) = .48 p = .64	0.51
	männlich	n = 16	4.73	0.87		
MZ 3	weiblich	n = 14	4.69	0.73	t (28) = .25 p = .81	0.09
	männlich	n = 16	4.62	0.81		
MZ 4	weiblich	n = 12	4.61	0.78	t (19) = .91 p = .38	0.39
	männlich	n = 9	4.29	0.85		
MZ 5	weiblich	n = 3	3.96	0.14	t (3) = 3.62 p < .05	2.94
	männlich	n = 2	2.88	0.53		
MZ _{end}	weiblich	n = 15	4.54	0.75	t (29) = 0.70 p = .49	0.25
	männlich	n = 16	4.31	1.05		

Anmerkungen:

MZ 1 ist der Motivationale Zustand eines Probanden nach Ausfüllen des ersten Fragebogens nach dem ersten Abschnitt (T1), MZ 2 der MZ nach dem zweiten Abschnitt usw., MZ_{end} ist der Motivationale Zustand beim jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Die Motivation während des Lernens ist in Abbildung 7 noch einmal zum besseren Verständnis grafisch dargestellt.

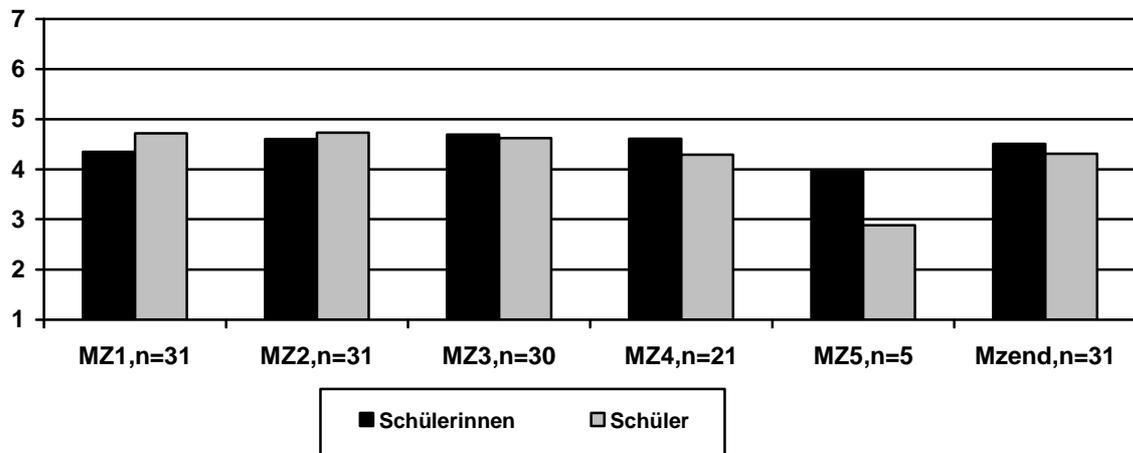


Abbildung 7: Motivationaler Zustand (MZ) von Schülerinnen und Schülern während der Bearbeitung des Lernprogramms in der Pilotstudie

Anmerkungen:

MZ 1 ist der Motivationale Zustand eines Probanden nach Ausfüllen des ersten Fragebogens nach dem ersten Abschnitt (T1), MZ 2 der MZ nach dem zweiten Abschnitt usw., MZend ist der Motivationale Zustand beim jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Die Motivation im Laufe der Bearbeitung verändert sich nicht wesentlich, das Ergebnis eines Vergleichs von MZ1 zu MZend der Gesamtgruppe beträgt $t(30) = .75, p = .46$. Das heißt, wie auch Tabelle und Grafik zeigen, bleibt der motivationale Zustand während des Lernens gleich hoch. Die Motivation während der Bearbeitung unterscheidet sich bei Schülern und Schülerinnen zu keinem Zeitpunkt signifikant. Alle Geschlechtsunterschiede bleiben unter dem Signifikanzniveau mit einer Ausnahme, nämlich der MZ5. Ein Vergleich von drei Schülerinnen mit zwei Schülern, die jeweils den letzten Fragebogen zum MZ ausgefüllt haben, ist jedoch wegen der geringen Datenmenge nicht aussagekräftig. Da die Messung des Motivationalen Zustands während des Lernens insgesamt nicht ausreichend reliabel war, dürfen diese Ergebnisse insgesamt nur mit Vorsicht interpretiert werden und sollten mehr als Trend verstanden werden.

Flow während des Lernens

Auch das Flow-Erleben während des Lernens sollte einen medierenden Effekt haben. Nach der Bearbeitung des ersten Abschnitts haben die Schüler einen durchschnittlichen Flowgesamtwert von $M = 3.85 (SD = 0.91)$. Die „Absorbiertheit“ liegt zu diesem Zeitpunkt bei durchschnittlich $M = 3.76 (SD = 1.03)$, der „Glatte Verlauf“ bei $M = 3.91 (SD = 1.17)$.

Den Verlauf während der gesamten Untersuchung kann man Tabelle 8 entnehmen. Zu berücksichtigen ist dabei die abnehmende Anzahl der ausgefüllten Fragebögen, weil nicht alle Probanden bis zum letzten Abschnitt kamen.

Um einen Eindruck zu haben, welchen Flowwert eine Versuchsperson beim jeweils zuletzt von ihr ausgefüllten Fragebogen erzielte, wurde die Variable FLOWend eingeführt. Hier ergibt sich für die Gesamtstichprobe ein Mittelwert von 4.07 ($SD = 1.42$). Der Flowwert nach dem ersten Abschnitt mit $M = 3.85$ unterscheidet sich von FLOWend nicht, $t(30) = 1.24$, $p = .26$.

Tabelle 8: Flow während der Bearbeitung/ Mittelwerte und Standardabweichungen von Schülerinnen und Schülern in der Pilotstudie ($N = 31$)

	Geschlecht	Anzahl	M	SD	t-Test	Effektstärke d
FLOW 1	weiblich	$n = 15$	3.55	0.90	$t(29) = 1.84$ $p = .08$	0.66
	männlich	$n = 16$	4.13	0.86		
FLOW 2	weiblich	$n = 15$	3.83	0.88	$t(29) = 1.63$ $p = .11$	0.60
	männlich	$n = 16$	4.42	1.10		
FLOW 3	weiblich	$n = 14$	3.92	1.34	$t(28) = .80$ $p = .43$	0.30
	männlich	$n = 16$	4.32	1.37		
FLOW 4	weiblich	$n = 12$	3.66	1.16	$t(19) = .45$ $p = .66$	0.20
	männlich	$n = 9$	3.41	1.37		
FLOW 5	weiblich	$n = 3$	3.10	0.89	$t(3) = .13$ $p = .90$	0.10
	männlich	$n = 2$	3.35	3.32		
FLOWend	weiblich	$n = 15$	3.90	1.21	$t(29) = .63$ $p = .53$	0.27
	männlich	$n = 16$	4.22	1.61		

Anmerkungen:

FLOW 1 ist das Flow-Erleben eines Probanden nach Ausfüllen des ersten Fragebogens nach dem ersten Abschnitt (T1), FLOW 2 der Flow nach dem zweiten Abschnitt usw., FLOWend ist der funktionale Zustand beim jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Beim Mittelwertevergleich (vgl. Tabelle 8) zeigte sich, dass die Flowgesamtwerte der beiden Geschlechter sich zu keinem Zeitpunkt signifikant unterscheiden. In Abbildung 8 wird dies noch einmal grafisch dargestellt.

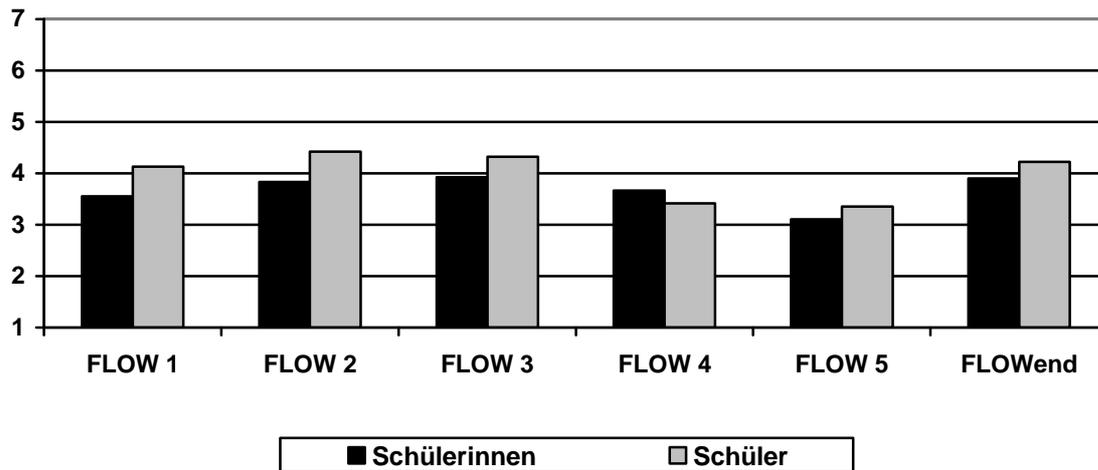


Abbildung 8: Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern während der Bearbeitung des Lernprogramms in der Pilotstudie

Anmerkungen:

FLOW 1 ist das Flow-Erleben eines Probanden nach Ausfüllen des ersten Fragebogens nach dem ersten Abschnitt (T1), FLOW 2 der Flow nach dem zweiten Abschnitt usw., FLOWend ist der funktionale Zustand beim jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Strategien, Vorgehensweisen

Ein weiterer Mediator war die Variable „Lernstrategien“. Hierfür gab es mehrere Indikatoren, die im Folgenden nacheinander dargestellt werden. Ich werde zunächst die Ergebnisse der einzelnen Indikatoren beschreiben und anschließend auf ihre Zusammenhänge untereinander eingehen. Die deskriptive Statistik, Mittelwertvergleiche anhand des t-Tests sowie die Effektstärke der gefundenen Geschlechtsunterschiede sind als Übersicht der Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Strategieindikatoren von Schülerinnen und Schülern in der Pilotstudie (N = 31)

	Geschlecht	M	SD	t-Test	Effektstärke d
Bearbeitete	weiblich	3.93	0.80	$t(29) = .91$	0.32
Abschnitte	männlich	3.69	0.70	$p = .37$	
Mausklicks	weiblich	56.86	30.78	$t(14) = 3.12$	1.61
n=16	männlich	117.11	43.07	$p < .01$	
Scrollwert	weiblich	238.57	142.58	$t(14) = .90$	0.46
n=16	männlich	308.11	159.93	$p = .38$	
Zeit für Einleitung	weiblich	97.86	47.09	$t(14) = 2.38$	1.17
n=16	männlich	50.22	33.01	$p < .05$	

Zeit in Abschnitt1 n=16	weiblich	436.14	77.81	$t(14) = .78$	0.39
	männlich	466.89	78.16	$p = .45$	
Zeit in Abschnitt2 n=16	weiblich	406.14	71.79	$t(14) = 2.46$	1.27
	männlich	524.22	109.86	$p < .05$	
Zeit in Abschnitt3 n=16	weiblich	415.86	83.36	$t(14) = .73$	0.37
	männlich	445.00	75.70	$p = .48$	
Zeit in Abschnitt4 n=16	weiblich	319.14	63.08	$t(14) = 1.90$	0.98
	männlich	243.78	88.69	$p = .08$	
Zeit in Abschnitt5 n=9	weiblich	216.33	158.89	$t(7) = .01$	0.00
	männlich	217.00	125.91	$p = .96$	
Zeit zum Finden der Animationen	weiblich	597.20	460.07	$t(29) = 3.00$	1.06
	männlich	234.19	149.61	$p < .01$	
Anzahl der benutz- ten Animationen	weiblich	6.80	2.88	$t(29) = 2.28$	0.81
	männlich	8.81	1.97	$p < .05$	
Länge der A.- nutzung	weiblich	252.07	143.68	$t(29) = 3.17$	1.14
	männlich	415.38	143.20	$p < .01$	
Güte der Ani- mationsnutzung	weiblich	3.40	2.50	$t(29) = 2.72$	0.98
	männlich	5.69	2.18	$p < .05$	

Anzahl der bearbeiteten Abschnitte

Alle Versuchspersonen folgten der Aufforderung, die Abschnitte nacheinander in der Reihenfolge von 1 bis 5 durchzuarbeiten. Dies war durch die beiden Monitoringprogramme eindeutig nachzuvollziehen. Mich interessierte nun die tatsächliche Anzahl der von einem Schüler bearbeiteten Abschnitte als Maß für die Schnelligkeit einer Versuchsperson. Der Wert, den eine Versuchsperson bei dieser Variable erzielt besagt, dass sie den entsprechenden Abschnitt im Lernprogramm bearbeitet und den dazu gehörigen Fragebogen vollständig ausgefüllt hat.

Über alle Versuchspersonen hinweg ergibt sich hier eine durchschnittliche Anzahl von 3.81 Abschnitten ($SD = 0.75$). Von den fünf Abschnitten wurden demnach knapp vier von den meisten Schülern und Schülerinnen bearbeitet. Der Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern ist laut Tabelle 9 nicht signifikant.

Mausklicks

Anhand des Monitoring-Programms StatWin war es möglich, die Anzahl der Mausclicks pro Versuchsperson zu ermitteln. Mit einem Mausclick kann man im Lernprogramm beispielsweise die Animationen benutzen, man muss dazu einen hellrot gefärbten Punkt anklicken und ziehen. Man kann damit Textstellen blau markieren, einen Textauszug sozusagen als Lesehilfe zur besseren Orientierung hervorheben. Man kann damit auch anstelle des Scrollrädchens an der Maus die Seite hoch und runter bewegen.

Es sind aber nur von 16 Probanden Mausclicks aufgezeichnet worden, da die Daten auf acht Computern versehentlich gelöscht wurden. Durchschnittlich hatten die Probanden 90.75 Mausclicks in den 30 Minuten Bearbeitungszeit ($SD = 48.18$). Die Werte hatten eine Spannbreite von 20 Mausclicks bis 190. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist signifikant, Schüler weisen mehr als doppelt so viele Mausclicks auf (vgl. Tabelle 9), der Unterschied ist in der folgenden Abbildung 9 dargestellt. Schüler zeigen eine signifikant größere Aktivität beim Arbeiten mit der Maus bei der Bearbeitung des Programms, die Effektstärke betrug hierbei $d = 1.61$.

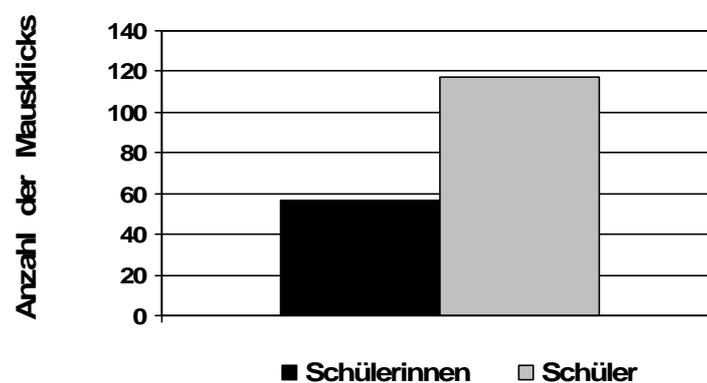


Abbildung 9: Anzahl von Mausclicks in der Pilotstudie, nach Geschlecht getrennt ($n = 16$)

Scrollwert

Weiterhin wurde durch StatWin der Gesamtscrollwert einer Versuchsperson aufgezeichnet, also das Hoch- und Runterscrollen anhand der Rolle an der Maus. Dies könnte für eine intensive Wiederholung und Beschäftigung mit dem Lernprogramm stehen. Dieser Wert weist eine noch sehr viel stärkere Spannbreite auf als die Anzahl der Mausclicks, nämlich Werte zwischen 0 und 607 mit einem Durchschnitt von $M = 277.69$ ($SD = 151.79$). Auch hier lagen Daten von nur 16 Probanden vor.

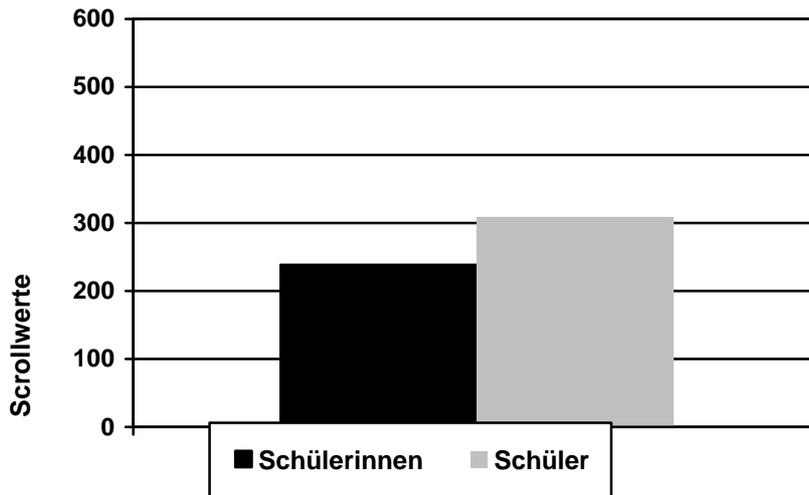


Abbildung 10: Scrollwerte in der Pilotstudie, nach Geschlechtern getrennt ($n = 16$)

Schülerinnen zeigten einen durchschnittlichen Scrollwert von 238.57 ($SD = 142.58$), der Mittelwert der Schüler lag bei 308.11 ($SD = 159.93$), dies wird in der Abbildung 10 grafisch dargestellt. Trotz der großen Differenz zwischen den Geschlechtern ist der Unterschied beim t-Test wegen der enormen Streuung nicht signifikant (vgl. Tabelle 9). Der Scrollwert zeigte keinerlei Zusammenhänge mit irgendeiner anderen Variablen. In dieser Studie erwies sich der Scrollwert deshalb als eine Messvariable, von dem unklar ist, was sie messen soll.

Zeit pro Abschnitt

Ebenfalls durch StatWin ließ sich ermitteln, wie viel Zeit eine Versuchsperson pro Abschnitt (Einleitung und 5 Lernabschnitte) benötigte. Auch hier zeigten sich große individuelle Unterschiede bei den 16 Probanden. Manch ein Proband brauchte nur wenige Sekunden (einer beispielweise elf Sekunden, ein anderer achtzehn Sekunden), andere mehr als drei Minuten, bis sie von der Einleitung zum eigentlichen ersten Lernabschnitt gelangten.

Weniger unterschiedlich verhielt es sich bei den anderen Abschnitten. Hier hielten sich die Schüler in den ersten drei Abschnitten, die von allen Versuchspersonen bearbeitet wurden, jeweils zwischen vier und neun Minuten auf. Die Streubreite bei den beiden letzten Abschnitten ist wiederum größer, so im Abschnitt 5 zwischen 22 Sekunden und 409 Sekunden, was daran liegt, dass von den neun Probanden, die bis zum letzten Abschnitt kamen, einige bald wegen des Endes der Bearbeitungszeit abrechen mussten, andere dort bis zum Ablauf der halben Stunde Bearbeitungszeit noch dort verweilen konnten. Die deskriptive Statistik nach Geschlecht getrennt finden sich in Tabelle 9.

Schülerinnen unterschieden sich von den Schülern im t-Test statistisch signifikant lediglich bei der Schnelligkeit, mit der ein Proband nach der Einleitung das eigentliche Lernprogramm startet, und bei der Bearbeitung des Abschnitts 2. Schülerinnen brauchten für das Lesen der Einleitung fast doppelt so lange wie Schüler. Bei Abschnitt 2 verweilten die Schüler wiederum signifikant länger. Die Unterschiede bei der Zeit, die dann in den drei restlichen Abschnitten verbracht wurde, sind unwesentlich. Dies war auch schon zu vermuten, da sich die Anzahl der von Schülerinnen und Schülern bearbeiteten Abschnitte nicht voneinander unterscheidet.

Animationsnutzung

Für alle folgenden Variablen, die die Animationsnutzung betreffen, sind die Daten der gesamte Stichprobe erhalten, da die Videos des Überwachungsprogramms komplett erhalten waren.

Zeit zum Finden der Animationen

Ein weiteres Maß für die Vorgehensweise einer Versuchsperson ist die Zeit, die sie braucht, um erstmals den roten Punkt an einer Animation, der im ersten Abschnitt des Lernprogramms erwähnt und erläutert wird, zu finden und zu benutzen. Der erste Versuch, diese Variable zu erfassen, war mit Hilfe der bei dem Videoüberwachungsprogramm mitlaufenden Uhr. Diese erwies sich aber leider nicht als genau genug, so dass es nötig war, die Zeit noch einmal mit einer externen Stoppuhr zu messen.

Im Mittel brauchten die Schüler 409.84 Sekunden ($SD = 379.44$), um zum ersten Mal den Punkt einer Animation zu benutzen. Die Werte schwankten hierbei erheblich, nämlich zwischen 100 Sekunden (keine zwei Minuten) und „gar nicht benutzt innerhalb der Bearbeitungszeit“. Etwa die Hälfte der Versuchspersonen hatte nach 4 Minuten die Animationen erstmalig verwendet.

Hierbei ergab sich ein großer Geschlechtsunterschied. Schülerinnen brauchten durchschnittlich 597.20 Sekunden ($SD = 460.07$), Schüler nur 234.19 Sekunden ($SD = 149.61$). Schülerinnen brauchten also mehr als die doppelte Zeit, um aktiv die Animationen zu benutzen, der Unterschied kann als groß interpretiert werden (vgl. Tabelle 9).

Anzahl der benutzten Animationen

Durchschnittlich wurden 7.84 ($SD = 2.62$) von 12 zur Verfügung stehenden Animationen benutzt, der Wert schwankte von 0 (eine Schülerin) bis 12 (3 Schülerinnen).

Hierbei zeigte sich ein Geschlechtsunterschied. Schülerinnen benutzten 6.80 Animationen ($SD = 2.88$), die Schüler durchschnittlich 8.81 ($SD = 1.97$). Auch hier kann von einem starken Effekt gesprochen werden (vgl. Tabelle 9).

Weiterhin habe ich die *abschnittsweise Nutzung der Animationen* erfasst. Im ersten Abschnitt nutzten 22 der 31 Schüler die Animation, im zweiten, dritten und vierten Abschnitt jeweils 29 von 31 bzw. 30 und im letzten Abschnitt noch 11 von 12 Schülern. Während also anfänglich ein Drittel der Schüler die Animationen nicht benutzt, sind im letzten Abschnitt mit einer Ausnahme alle aktiv. Den Fall, dass eine Versuchsperson anfänglich Animationen benutzt und dies dann später einstellt, gibt es nicht. Daraus kann man schließen, dass Animationen als hilfreich erlebt werden. Der Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern ist nur bezogen auf den ersten Abschnitt signifikant, da überwiegend Schülerinnen, wie oben bereits berichtet, lange brauchten, bis sie die Animationen bemerkten und benutzten und daher erst im zweiten Abschnitt aktiv wurden.

Gesamtlänge der Animationsnutzung

Weiterhin interessierte nicht nur die Anzahl der in einem Abschnitt benutzten Animationen, sondern die mit den Animationen insgesamt aktiv verbrachte Zeitspanne als weiteres Maß der Aktivität. Dazu war es nötig, die Videos jeder einzelnen Versuchsperson in Echtzeit anzusehen und die jeweils mit einer Animation aktiv verbrachte Zeit zu stoppen und zu summieren.

Die Ergebnisse sehen wie folgt aus: Durchschnittlich verbrachte ein Schüler während der 30 Minuten Bearbeitungszeit 336.35 Sekunden ($SD = 163.61$) mit den Animationen. Diese durchschnittlichen fünfeinhalb Minuten verteilten sich von „gar nie“ bis hin zu Schülern, die fast zwölf Minuten, also mehr als ein Drittel der gesamten Bearbeitungszeit, damit verbrachten. Der Geschlechtervergleich ist, wie aus Tabelle 9 abzulesen, hoch signifikant. Schülerinnen ($M = 252.07$, $SD = 143.68$) benutzen die Animationen im Durchschnitt nur halb so lange wie die Schüler ($M = 415.38$ Sekunden, $SD = 143.20$). Der Unterschied ist in Abbildung 11 grafisch dargestellt und kann als starker Effekt ($d = 1.14$) beschrieben werden.

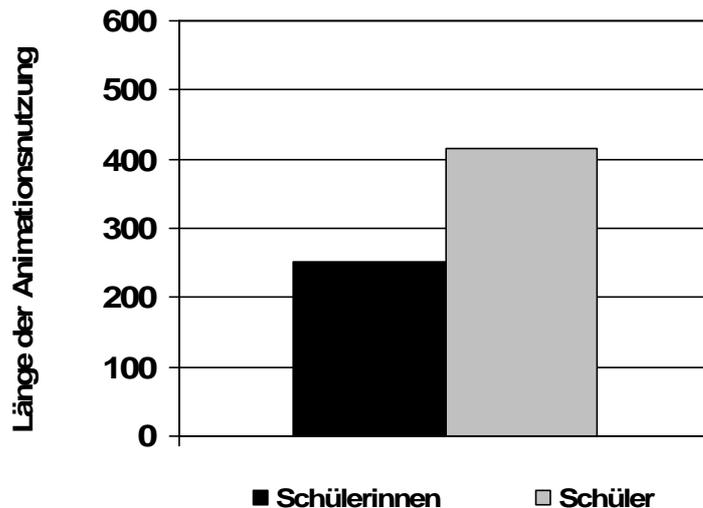


Abbildung 11: Länge der Animationsnutzung in der Pilotstudie von Schülerinnen und Schülern in Sekunden ($N = 31$)

Qualitative Auswertung der Vorgehensweise bei der Bearbeitung der Animationen

Nun könnte es ja große qualitative Unterschiede geben, wie eine Versuchsperson mit den Animationen umgeht. Zu vermuten war, dass eine ausgiebige, gleichzeitig sinnvolle Nutzung der Animationen für den Lernvorgang nützlich sein müsste. Dafür galt es zunächst, ein Kategoriensystem auszuarbeiten, nach dem eine Animationsnutzung bewertet werden kann. Nach mehreren Versuchen wurde eine vierstufige Skala entwickelt, die Einteilung war:

- 0 = nie
- 1 = wenig, vorsichtig
- 2 = ausgiebig, experimentell, aber sinnvoll
- 3 = unsinnig, verspielt, übertrieben

Der Wert 0 wurde vergeben, wenn ein Abschnitt von einem Probanden bearbeitet worden war und aus dem Video zu ersehen war, dass eine Versuchsperson eine Animation in diesem Abschnitt erreicht hatte, sie also gesehen haben musste und nicht bearbeitet hatte. Dies war anhand des Bildschirmausschnitts und den Bewegungen der Maus und dem Scrollen gut erkennbar. Der Wert 0 wurde nicht vergeben für nicht benutzte Animationen in einem nicht bearbeiteten Abschnitt des Lernprogramms. Eine Animation wurde mit 1 bewertet, wenn sie zwar aktiv verwendet wurde, aber nur kurz und vorsichtig. Eine Bewertung einer Animation

mit 2 bedeutete, dass ein Proband diese Animation ausgiebig und sinnvoll benutzt hat. Eine Animation wurde mit 3 bewertet, wenn sie zwar benutzt wurde, diese Benutzung aber nur spielerisch und ohne erkennbaren Sinn war.

Jede Animationsnutzung eines Probanden wurde nach dieser vierstufigen Skala von zwei unabhängigen Beobachtern beurteilt. Die Beobachterübereinstimmung beträgt nach Cohens Kappa $\kappa = .88$. und ist damit zufriedenstellend hoch. Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die Verteilung der Werte über die drei Kategorien.

Tabelle 10: Güte der Animationsnutzung in der Pilotstudie, deskriptive Statistik der 4 Kategorien

Kategorien	N	Minimum	Maximum	M	SD
Bewertung = 0	31	0 ($n = 20$)	12 ($n = 1$)	0.97	2.37
Bewertung = 1	31	0 ($n = 10$)	8 ($n = 1$)	2.16	2.27
Bewertung = 2	31	0 ($n = 3$)	9 ($n = 1$)	4.58	2.58
Bewertung = 3	31	0 ($n = 17$)	6 ($n = 1$)	1.10	1.60

Die Tabelle 10 soll durch einige Beispiele erläutert werden: Bei der Bewertung mit der Kategorie 0 verhält es sich so, dass im Durchschnitt jeder Proband eine Animation nicht benutzt hat, obwohl er die entsprechende Stelle im Lernprogramm passiert hatte. Es gibt 20 Schüler, die nie eine Animation ausgelassen haben (daher Minimum = 0), es gibt aber auch einen Probanden, der alle 12 Animationen gesehen hat, aber keine einzige benutzt hat. Immerhin 17 Probanden haben keine Animation nur spielerisch und nicht sinnvoll benutzt (Bewertung mit = 3). Eine ausgiebige und sinnvolle Animationsnutzung (Bewertung = 2) war pro Proband im Durchschnitt bei knapp 5 Animationen zu beobachten.

Schülerinnen ($M = 1.93$, $SD = 3.17$) haben häufiger als Schüler ($M = 0.06$, $SD = .025$) eine Animation ungenutzt gelassen, obwohl sie den entsprechenden Abschnitt bearbeitet haben ($t(29) = 2.53$, $p = <.05$). Die Effektstärke bezüglich des Geschlechtsunterschiedes bei dieser Kategorie 0 war $d = 0.83$. Schülerinnen und Schüler unterschieden sich nicht signifikant in der Häufigkeit, mit der sie Animationen in vorsichtiger (Kategorie 1) oder übertriebener Weise (Kategorie 3) benutzten. Ebenfalls signifikant unterschied sich die Bewertung mit der Beurteilung 2, also einer ausgiebigen, experimentellen, aber sinnvollen Nutzung der Animationen von Schülerinnen ($M = 3.40$, SD

= 2.50) und Schülern ($M = 5.69$, $SD = 2.18$) zu Gunsten des männlichen Geschlechts, wie auch aus Tabelle 9 zu ersehen ist. Die Effektstärke betrug hier $d = 0.98$.

Interkorrelationen zwischen den Strategieindikatoren

Um entscheiden zu können, welcher Indikator die Strategien gut beschreibt, wurden zunächst die Interkorrelationen zwischen den Strategievariablen berechnet. Korrelationen der verschiedenen Strategievariablen mit der Leistung werden in Hypothese 2 angenommen. Ich greife an dieser Stelle etwas vor und verweise auf Seite 91 (Tabelle 16). Die von den Schülern gezeigten Verhaltensweisen wurden analysiert und diejenigen von weiteren Analysen ausgeschlossen, die sich nicht als gute Prädiktoren für die Leistung erwiesen hatten, das waren in dieser Studie der Scrollwert, die Zeit in den Abschnitten 3, 4 und 5 und die Bewertung der Animationsnutzung mit 0, 1 und 3. Die restlichen Indikatoren kann man a priori in drei Kategorien einteilen, in Schnelligkeit (Anzahl der bearbeiteten Abschnitte, Zeit für die Einleitung, Zeit für den ersten und zweiten Abschnitt), Aktivität (Mausklicks) und Animationsnutzung (Zeit bis zur ersten Nutzung einer Animation, Anzahl der benutzten Animationen, Gesamtlänge der Animationsnutzung und Qualität der Animationsnutzung in Form von Bewertungen mit 2). Anhand der Daten ist zu untersuchen, ob sich diese Indikatoren möglicherweise auf einige wenige Faktoren und eventuell die genannten reduzieren lassen, mit denen dann in weiteren Studien gerechnet werden kann.

Die Tabelle 11 zeigt die zum Teil bereits beschriebenen Interkorrelationen zwischen den verschiedenen Indikatoren im Gesamtüberblick. Wie man daraus ersehen kann, gibt es hohe Korrelationen zwischen einigen Variablen. Die Anzahl der Mausclicks korreliert mit allen Variablen außer der Zeit, die in verschiedenen Abschnitten verbracht wurde und der Anzahl der bearbeiteten Abschnitte. Ein Proband, der schnell von der Einleitung in das aktive Bearbeiten des Lernprogramms einstieg, benutzte Animationen länger und tat dies häufiger auf eine sinnvolle und ausreichende Art und Weise. Die Länge der Animationsnutzung korrelierte positiv mit der Qualität der Animationsnutzung, mit der Anzahl der benutzten Animationen und negativ mit der Zeit die ein Proband für das Lesen der Einleitung sowie das Finden der Animationen aufwies.

Alle Variablen also, die einen guten Umgang eines Probanden mit Animationen messen, korrelierten untereinander. Mit diesen Variablen hingen weiterhin die Indikatoren zusammen, die die Aktivität eines Probanden aufzeigen, gemessen durch die Mausclicks sowie ein schneller Einstieg in das Lernprogramm. Als damit unzusammenhängend erwiesen

sich die Anzahl der bearbeiteten Abschnitte und die Zeit, die in einzelnen Abschnitten verbracht wurde.

Tabelle 11: Interkorrelationen zwischen den Strategieindikatoren in der Pilotstudie ($N = 31$)

Strategien	(2) Mausclicks	(3) Zeit zum Lesen der Einführung	(4) Zeit im ersten Abschnitt	(5) Zeit im zweiten Abschnitt	(6) Zeit zum Finden der Animationen	(7) Anzahl der benutzten Animationen	(8) Länge der Animationsnutzung	(9) Qualität der Animationsnutzung (Bewertung mit 2)
(1) Anzahl der bearbeiteten Abschnitte	-.41	.48	-.31	-.40	.28	.14	-.23	-.30
(2) Mausclicks ($n = 16$)		-.59*	-.30	.14	-.64**	.71**	.80**	.74**
(3) Zeit zum Lesen der Einleitung ($n = 16$)			.18	-.32	.48	-.45	-.66**	-.59*
(4) Zeit im ersten Abschnitt ($n = 16$)				-.01	.14	-.30	-.30	-.58*
(5) Zeit im zweiten Abschnitt ($n = 16$)					-.25	.02	.18	.21
(6) Zeit zum Finden der Animationen						-.84**	-.75**	-.61**
(7) Anzahl d. benutzen Animationen							.63**	.53**
(8) Länge der Animationsnutzung								.77**

* $p < .05$, ** $p < .01$.

Anhand einer Faktorenanalyse wollte ich diese Zusammenhänge genauer betrachten. Problematisch daran war, dass die Anzahl der Probanden bei einigen Indikatoren nur $n = 16$ war aufgrund der verlorenen Daten. Damit wurde eine Faktorenanalyse mit nur 16 Personen durchgeführt. Die Strategieindikatoren wurden einer Hauptkomponentenanalyse mit nachfolgender Varimax Rotation unterzogen. Nach dem Kaiser-Kriterium (Eigenwerte > 1) wurden zwei Faktoren extrahiert. Tabelle 12 zeigt die Ladungsmatrix.

Diese Faktorenanalyse der verschiedenen Strategieindikatoren ergab die folgenden beiden Faktoren: Erstens wurde ein Faktor ermittelt, der lerntechnisch oder qualitativ gute „Aktivitäten“ eines Probanden beschreibt, hierzu zählten die Indikatoren Qualität der Animationsnutzung, Gesamtlänge der Animationsnutzung, die Anzahl der benutzen Animationen, die Mausclicks, die Zeit zu Finden der Animationen sowie die Zeit zum Lesen der Einführung. Dieser erste Faktor klärt 55.64 % der Gesamtvarianz auf. Zweitens ergab sich

ein eher quantitativer Faktor von reiner „Schnelligkeit“, hierzu gehörten die Anzahl der bearbeiteten Abschnitte und die Zeit, die im ersten und zweiten Abschnitt benötigt wurden. Der zweite Faktor erklärt noch weitere 17.01 % der Varianz. Die genauen Werte sind der nachfolgenden Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Rotierte Komponentenmatrix der Strategievariablen in der Pilotstudie/ Ladungsmuster der zweifaktoriellen Lösung der Strategieindikatoren

	Faktor 1 Sinnvolle Aktivität	Faktor 2 Schnelligkeit
Anzahl der bearbeiteten Abschnitte	-.40	-.84
Mausklicks	.85	.12
Zeit zum Lesen der Einleitung	-.65	-.36
Zeit in Abschnitt1	-.55	.66
Zeit in Abschnitt2	.15	.57
Zeit zum Finden der Animationen	-.82	-.35
Anzahl der benutzten Animationen	.86	.01
Länge der Animationsnutzung	.90	.27
Qualität der Animationsnutzung (Bewert. = 2)	.94	.01

Ich habe im nächsten Schritt über die bereits genannten sechs besten (also die mit der höchsten Faktorladung, siehe Tabelle 12) Strategieindikatoren der sinnvollen (also lerntechnisch oder qualitativ guten) „Aktivitäten“ eine Reliabilitätsprüfung gemacht. Für diese 6 Items des ersten Faktors betrug Cronbachs α .55. Daraus ergibt sich, dass die verschiedenen Variablen nicht dasselbe messen und ich daher weiterhin alle Strategieindikatoren einzeln mit den anderen Variablen des Modells in Beziehung setzen kann. Als beste Variable ergab sich aus der Reliabilitätsprüfung allerdings die Länge der Animationsnutzung. Lässt man diese Variable weg, bleibt nur noch ein Cronbachs α von .24 Die drei ebenfalls besten Items des zweiten Faktors „Schnelligkeit“ haben eine sehr geringe Reliabilität von Cronbachs α von .03, sie messen also nicht dasselbe und können nicht gemeinsam als Maß weiterverwendet werden. Der Versuch, durch die Faktorenanalyse die Anzahl der Strategievariablen zu verringern, ist also nicht gelungen. Die Variablen sind, wie Cronbachs α in beiden Fällen zeigt, zu heterogen, um die Variablen jeweils zusammenfassen zu können.

Ich wollte anschließend prüfen, welcher Faktor die Leistung besser vorhersagt. Keines der Modelle wurde signifikant. In einer explorativen Regressionsanalyse wurde überprüft, welche der Strategievariablen die besten Prädiktoren für die Performanz ist. Dazu wurde eine automatische Auswahl der Prädiktoren durch eine schrittweise hierarchische Regression berechnet. Dieses Modell mit den 9 Prädiktoren wurde signifikant mit $F(1, 15) = 15.07, p =$

.002, $R^2 = .52$ und daraus speziell die Länge der Animationsnutzung mit $\beta = .72$, $p = .002$. Das bedeutet, dass nur die qualitativen „navigation traces“, also der Faktor „sinnvolle Aktivität“, die Leistung beeinflusst. Schnelligkeit spielte im Bezug auf die Leistung keine Rolle. Das bedeutet, dass Schüler, die ihre Zeit damit verbrachten, nicht nur den Text zu lesen, sondern aktiv waren und das Lernen durch eigenes sinnvolles Experimentieren mit den Animationen unterstützten, mehr Wissen erwarben. Ich werde deshalb vorrangig die Strategieindikatoren, die eine gute Animationsnutzung beinhalten, und hier besonders die *Länge der Animationsnutzung*, weiter im Zusammenhang mit den anderen Variablen diskutieren.

Interkorrelationen der Mediatoren Strategien, Motivationaler Zustand und Flow

Nun gibt es auch Zusammenhänge zwischen den drei Mediatorvariablen. Neben den Interkorrelationen der Strategieindikatoren gibt es Korrelationen zwischen der Motivation während des Lernens und dem Flow-Erleben mit einigen der beschriebenen Strategievariablen, von denen beispielhaft einige genannt werden: Wer höhere Motivation während des Lernens und höheren Flow beim Lernen berichtet, ist langsamer, bearbeitet weniger Abschnitte (r zwischen $-.37^*$ und $-.52^{**}$, $**$ bedeutet, die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant, $*$ bedeutet, die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant). Und der Motivationale Zustand nach dem ersten Abschnitt zeigt einen klaren Zusammenhang mit der Gesamtzahl der Mausklicks ($r = .73^{**}$), der Länge der Animationsnutzung ($r = .53^{**}$) und der Güte der Animationsnutzung mit $r = .54^{**}$). Die Länge der Animationsnutzung wird bei der Korrelation mit Flow nach dem ersten Abschnitt ($r = .35$, $p = .06$) und mit FLOWend ($r = .31$, $p = .07$) jeweils nur knapp nicht signifikant, ebenso die Güte der Animationsnutzung und FLOWend mit $r = .34$, $p = .06$. Man könnte es vorsichtig so formulieren: Ein Proband mit höherem Flow-Erleben und höherer Motivation während des Lernens arbeitet gründlicher, aktiver und sinnvoller mit Animationen.

Beantwortung der Lernfragebögen

Ich werde zunächst das Vorwissen, dann die Leistung und zum Schluss den Lernzuwachs darstellen. Insgesamt konnten maximal 66 Punkte plus vier Sonderpunkte vergeben werden. Die Vergabe von Sonderpunkten erfolgte eher restriktiv, im Vorwissenstest und im Leistungstest wurde maximal ein Sonderpunkt pro Proband vergeben (jeweils $M = 0.16$, $SD = 0.37$). Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt anschaulich die Geschlechtsunterschiede bei Leistung und Vorwissen:

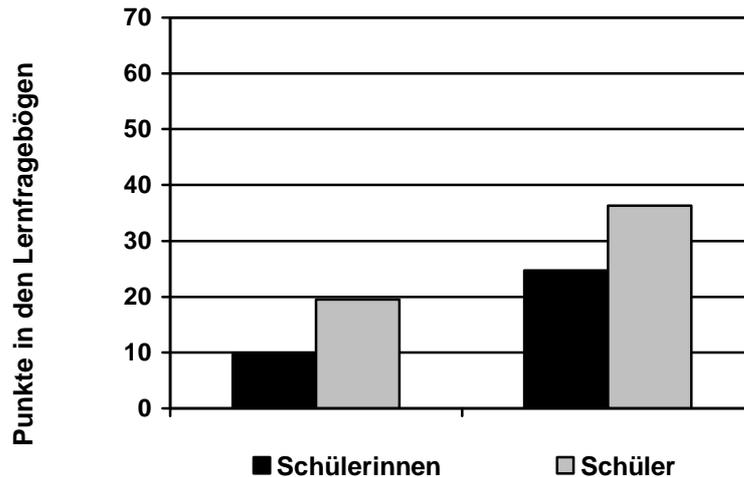


Abbildung 12: Vorwissen und Leistung bei Schülerinnen und Schülern in der Pilotstudie ($N = 31$)

Vorwissen

Das Vorwissen, gemessen durch den Lernfragebogen vor der Bearbeitung des Lernprogramms (1. Lernfragebogen), betrug durchschnittlich 14.74 Punkte ($SD = 10.06$) von 70 zu erreichenden Punkten. Schülerinnen erreichten durchschnittlich 9.67 Punkte ($SD = 4.48$), Schüler doppelt so viel ($M = 19.50$, $SD = 11.57$). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (vgl. Tabelle 13), der Effekt kann als stark bezeichnet werden, $d = 1.12$.

Interessanterweise korrelieren zwei Faktoren des FAM mit dem Vorwissen (vgl. Tabelle 14), nämlich die Faktoren „Interesse“ mit $r = .56^{**}$ und „Erfolgswahrscheinlichkeit“ mit $r = .45^*$. Auch mit den Mediatoren gibt es Korrelationen. Das Vorwissen korreliert mit Mausclicks mit $r = .57$ hochsignifikant. Das Vorwissen korreliert auch mit der Motivation während des Lernens ($r = .48^*$ nach dem ersten Abschnitt und $r = .38^*$ nach dem zweiten Abschnitt). Vorwissen und Flow korrelieren weitgehend durchgängig mit $r = .37^*$ nach dem ersten Abschnitt bis zu $r = .38^*$ beim jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Leistung

Der 2. Lernfragebogen wurde nach der Bearbeitung des Lernprogramms von den Schülern ausgefüllt und misst die Leistung. Hier erzielten die Schüler und Schülerinnen einen durchschnittlichen Wert von 30.71 ($SD = 12.99$) Punkten, das heißt, die Probanden konnten erfreulicherweise durch das Computerlernprogramm ihr Wissen verbessern. Der Lernzuwachs (Punktedifferenz zwischen den beiden Lernfragebögen) betrug je nach Proband zwischen -1 und 31 Punkten. Nur in einem Fall konnte das Ergebnis nicht verbessert werden, hierbei handelt es sich um einen in beiden Tests überdurchschnittlich guten Schüler. Der

durchschnittliche Lernzuwachs betrug 15.97 Punkte ($SD = 7.77$). Der Unterschied zwischen den Mittelwerten des Vorwissens zur Leistung ist signifikant mit $t(30) = 8.16, p < .01$.

Schülerinnen haben einen durchschnittlichen Lernzuwachs (vgl. Tabelle 13) von 15.07 Punkten ($SD = 6.27$) und Schüler einen von 16.81 Punkten ($SD = 9.08$). Hier gibt es keinen statistischen Unterschied zwischen den Mittelwerten ($t(29) = .62, p = .54$), man kann also sagen, dass beide Geschlechter etwa gleich viel von dem Lernprogramm profitiert haben. Der Lernzuwachs korreliert aber mit keiner anderen gemessenen Variable, weder mit Faktoren der Eingangsmotivation, mit Motivation oder Flow beim Lernen oder irgendeinem Strategieindikator. Ich werde deshalb das Differenzmaß der beiden Tests nicht weiter als Variable verwenden.

Die Leistung der Schülerinnen betrug durchschnittlich 24.73 Punkte ($SD = 6.19$), die der Schüler 36.31 Punkte ($SD = 15.26$). Dieser Unterschied ist bei einem Vergleich der Mittelwerte durch den t-Test statistisch signifikant, vgl. Tabelle 13, die Effektstärke beträgt $d = 0.99$. Schüler haben im Leistungstest bessere Leistungen erzielt als Schülerinnen.

Tabelle 13: Vorwissen, Leistung und Lernzuwachs in der Pilotstudie bei Schülerinnen und Schülern ($N = 31$)

	Geschlecht	M	SD	t-Test	Effektstärke d
Vorwissen	weiblich	9.67	4.48	$t(29) = 3.08$ $p < .01$	1.12
	männlich	19.50	11.57		
Leistung	weiblich	24.73	6.19	$t(29) = 2.73$ $p < .05$	0.99
	männlich	36.31	15.26		
Lernzuwachs	weiblich	15.07	6.27	$t(29) = .62$ $p = .54$	0.22
	männlich	16.81	9.08		

Leistung und Vorwissen

Leistung und Vorwissen korrelieren in der Gesamtgruppe hoch signifikant mit $r = .80^{**}$. Dies ist möglicherweise durch den identischen Test zu erklären. Wenn der 2. Test den Schülern bekannt ist, können sie gezielt darauf hinlernen, was die Korrelation zwischen den beiden Ergebnissen künstlich erhöht. Entgegen der Erwartung gab es zudem bei manchen Probanden Vorwissen. Das Vorwissen ist ein guter Prädiktor für die im Anschluss an die Lernprogrammbearbeitung erfragte Leistung. Dies ist ein in der Pädagogischen Psychologie bereits sehr oft nachgewiesener Zusammenhang. Getrennt nach Geschlechtern ergibt sich allerdings ein unerwartetes Bild. Lediglich die Schüler haben diese hohe Korrelation bewirkt, diese beträgt bei ihnen $r = .81^{**}$, bei den Schülerinnen ergibt sich *keine* statistische signifikante Korrelation ($r = .34$). Diese geringe Korrelation kann dadurch erklärt werden,

dass bei den Schülerinnen beim Vorwissenstest ein Bodeneffekt vorlag. Bei den Schülerinnen gab es demnach wie erhofft wenig Vorwissen und es gibt keinen Zusammenhang des Vorwissens mit der Leistung. Zur besseren Anschaulichkeit dienen die Abbildungen 13 und 14.

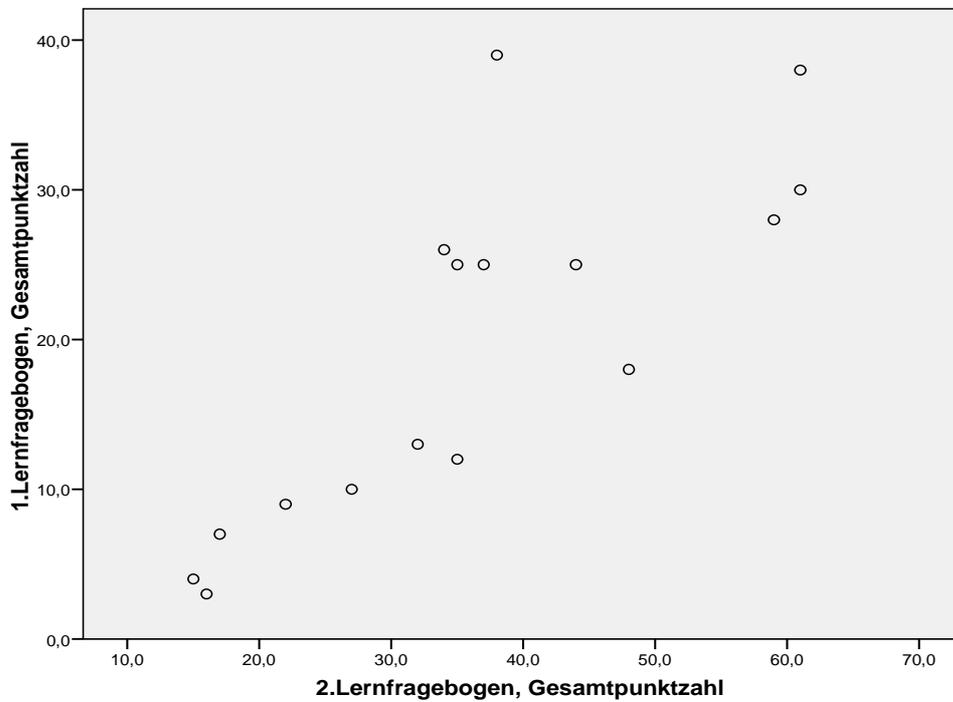


Abbildung 13: Streudiagramm zur Korrelation von Vorwissen und Leistung bei Schülern in der Pilotstudie ($n = 16$).

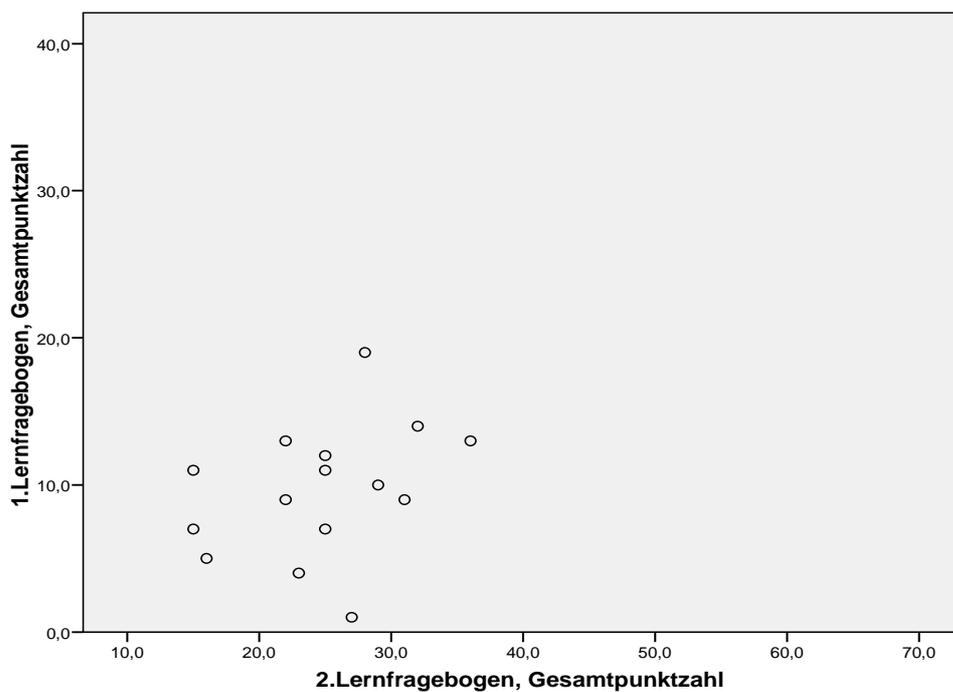


Abbildung 14: Streudiagramm zur Korrelation von Vorwissen und Leistung bei Schülerinnen in der Pilotstudie ($n = 15$).

Korrelationen von Vorwissen und Leistung mit allen Variablen

Die folgende Tabelle 14 zeigt im Überblick alle Korrelationen des Vorwissens und der Leistung mit der Eingangsmotivation und den Mediatoren. Diese Daten sind für die Hypothesenüberprüfung vonnöten, die nun folgt, und werden dort noch mal im Einzelnen aufgegriffen.

Tabelle 14: Korrelation von Eingangsmotivation und Mediatoren mit Vorwissen und Leistung in der Pilotstudie (N = 31)

	Vorwissen	Leistung
FAM-Herausforderung	.25	.21
FAM-Interesse	.56**	.60**
FAM-Erfolgswahrscheinlichkeit	.45*	.34 ($p = .06$)
FAM-Misserfolgsbefürchtung	-.19	-.07
Motivationaler Zustand nach 1.Abschnitt	.48**	.52**
MZ 2	.38*	.40*
MZ 3	.04	.09
MZ 4 ($n = 21$)	.10	.05
MZ 5 ($n = 5$)	-.91*	-.85
MZend	-.06	.04
FLOW nach 1. Abschnitt	.37*	.41*
FLOW 2	.47**	.50**
FLOW 3	.43*	.49**
FLOW 4 ($n = 21$)	.34	.46*
FLOW 5 ($n = 5$)	-.05	-.00
FLOWend	.38*	.42*
Anzahl der bearbeiteten. Abschnitte	-.14	-.18
Mausklicks ($n = 16$)	.57*	.65**
Scrollwert ($n = 16$)	.10	.03
Zeit für Einführung ($n = 16$)	-.44	-.48 ($p = .06$)
Zeit in Abschnitt 1 ($n = 16$)	-.13	-.19
Zeit in Abschnitt 2 ($n = 16$)	.02	.16
Zeit in Abschnitt 3 ($n = 16$)	.25	.00
Zeit in Abschnitt 4 ($n = 16$)	-.14	.11
Zeit in Abschnitt 5 ($n = 9$)	.45	.48
Zeit zum Finden der Animationen	-.42*	-.44*
Anzahl benutzter Animationen	.34	.38*
Länge der Animationsnutzung	.63**	.67**
Qualität der A.-nutzung (Bewertung mit 2)	.49**	.51**

Anmerkungen

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

2.3.2 Hypothesenüberprüfende Analysen

Erste Hypothese

Die Eingangsmotivation wirkt auf die Mediatoren 1. Strategien 2. Motivation während des Lernens (MZ) und 3. Flow- Erleben

Zu 1. Die Eingangsmotivation sollte den Lernvorgang durch Verwendung besserer Strategien beeinflussen. Als Strategieindikatoren wurden die Anzahl der bearbeiteten Abschnitte, die Zeit pro Abschnitt, die Anzahl der benutzten Animationen, die Zeit bis zum ersten Benutzen der Animationen, die Länge und die Art und Weise der Animationsnutzung, die Mausklicks und die Scrollwerte untersucht. Wie im Abschnitt *Strategien* ab Seite 74 ausgeführt, haben sich nicht alle Strategieindikatoren als gute Prädiktoren für die Leistung erweisen. In der Tabelle 15 sind deshalb nur noch sechs Strategieindikatoren aufgeführt.

Zunächst einmal die wichtigsten Ergebnisse zum Verhältnis Eingangsmotivation und *Strategien*: Die Gesamtzahl der *Mausklicks* korreliert mit dem Interesse mit $r = .61^*$, die *Länge der Animationsnutzung* mit dem Interesse mit $r = .45^*$ und der Erfolgswahrscheinlichkeit mit $r = .37^*$ und eine *qualitativ gute Nutzung der Animationen* (d.h. die Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen eines Probanden, im Folgenden der Einfachheit halber als *Güte der Animationsnutzung* bezeichnet) mit dem Interesse mit $r = .40^*$ und der Erfolgswahrscheinlichkeit mit $r = .38^*$. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 zusammen mit den Werten der anderen beiden Mediatoren zusammengestellt. Es werden hier nur die Mediatoren aufgeführt, die sich als gute Prädiktoren für die Leistung bei den vorbereitenden Analysen erwiesen haben.

Tabelle 15: Korrelation zwischen der Eingangsmotivation und den Mediatoren in der Pilotstudie (N = 31)

	Herausforderung	Interesse	Erfolgswahrscheinlichkeit	Misserfolgsbefürchtung.
Mausklicks ^a	.15	.61*	.39	-.19
Zeit/ Einleitung ^a	-.05	-.50*	-.21	.19
Benutzte Anim.	-.04	.12	.06	-.01
Zeit/ Finden d.A.	-.09	-.25	-.18	-.09
Länge/A.nutzung	.07	.45*	.37*	.02

Güte/A.-nutzung	.04	.40*	.38*	.00
MZ end	.09	.19	-.07	-.02
FLOWend	.20	.37*	.33 ($p = .07$)	.12

Anmerkungen:

^a = 16

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Anders als erwartet zeigte sich also kein durchgängiger Zusammenhang zwischen der Eingangsmotivation und den verschiedenen Strategievariablen. Die Faktoren Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit stehen hypothesenkonform in einem Zusammenhang mit einigen Strategieindikatoren, die eine gute Animationsnutzung und Aktivität eines Probanden anzeigen.

Zu 2. Die Motivation während des Lernens korreliert nur zu Beginn mit $r = .39^*$ nach den ersten beiden Abschnitten mit dem Interesse, ansonsten besteht entgegen der Erwartung zwischen der Ausgangsmotivation und der Motivation während des Lernens kein Zusammenhang. Der Übersichtlichkeit halber sind in Tabelle 18 nur die Werte für MZend angegeben, dasselbe gilt für FLOWend.

Zu 3. Auch beim Flow zeigte sich nur über das Interesse eine signifikante Korrelation mit dem Flow-Erleben während der Programmbearbeitung, hier bei den ersten drei Abschnitten mit einem r zwischen $.43^*$ und $.60^{**}$ und beim Ausfüllen des jeweils letzten Fragebogens mit $r = .37^*$. Die Erfolgswahrscheinlichkeit und Flow nach dem 2. Abschnitt korreliert immerhin noch mit $r = .39^*$, alle anderen Werte werden nicht signifikant.

Die Hypothese 1 kann damit als teilweise bestätigt angesehen werden. Während die Faktoren der Eingangsmotivation Herausforderung und Misserfolgsbefürchtung keinen Einfluss auf die Mediatoren hatten, haben sich die Faktoren *Erfolgswahrscheinlichkeit* und besonders der Faktor *Interesse* als gute Prädiktoren erwiesen.

Zweite Hypothese

Die 3 Mediatoren (Strategien, Motivationaler Zustand während des Lernens und Flow-Erleben) wirken sich jeweils positiv auf die Lernleistung aus

Strategien und Leistung

Tabelle 16 zeigt im Überblick die Korrelationen der besten Strategieindikatoren mit dem Vorwissen und der Leistung.

Tabelle 16: Korrelationen zwischen den Strategieindikatoren und Vorwissen bzw. Leistung in der Pilotstudie ($N = 31$)

	Vorwissen	Leistung
Mausklicks ($n = 16$)	.57*	.65**
Zeit für die Einleitung ($n = 16$)	-.44	-.48
Zeit zum Finden der Animationen	-.42*	-.44*
Anzahl der benutzten Animationen	.34	.38*
Länge der Animationsnutzung	.63**	.67**
Güte der Animationsnutzung	.49**	.51**

Anmerkungen

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Wie die Faktorenanalyse der Strategieindikatoren zeigte, erwiesen sich diejenigen Strategieindikatoren als bedeutsam für die Leistung, die eine höhere Aktivität eines Probanden im Lernprogramm und eine ausgiebige, aber sinnvolle Animationsnutzung darstellten. So korrelierte die *Anzahl der Mausklicks* mit der Leistung mit $r = .65^{**}$, die *Zeit zum Finden der Animationen* korrelierte mit $r = .44^{**}$, ebenso die *Anzahl der benutzten Animationen* ($r = .38^*$), die *Länge der Animationsnutzung* mit $r = .67^{**}$ und schlussendlich beträgt die Korrelation zwischen *Güte der Animationsnutzung* mit der Leistung $r = .51^{**}$. Die Schnelligkeit oder Vollständigkeit der Bearbeitung des Lernprogramms waren nicht von Vorteil.

Motivationaler Zustand während des Lernens und Leistung

Nun interessierte der Zusammenhang zwischen der Motivation während des Lernens (MZ) und der Leistung. Während der Motivationale Zustand nach dem ersten Abschnitt einen deutlichen Zusammenhang mit der Leistung aufweist ($r = .52^{**}$) und nach dem zweiten Abschnitt noch mit $r = .40^{**}$ korreliert, findet sich weiterhin kein signifikanter Zusammenhang. Beim Ausfüllen des jeweils letzten Fragebogens zur Motivation während des Lernens beträgt der Zusammenhang nur noch $r = .04$. Entgegen den Erwartungen ist der Motivationale Zustand während des Lernens kein guter Prädiktor für die Leistung.

Flow und Leistung

Beim Flow zeigt sich, anders als bei der Motivation während des Lernens, ein durchgängiger klarer Zusammenhang zwischen dem Flow-Erleben und der Leistung. Wie aus Tabelle 17 ersichtlich ist, korrelierten Flow und Leistung durchgängig zwischen $r = .41^*$ und $.50^{**}$ sowie bei FLOWend mit $r = .42^*$, das heißt, wer während des Lernens mehr Flow erlebte, erzielte auch bessere Leistungen. Die Flowwerte nach dem vierten und fünften Abschnitt habe ich aufgrund der geringeren werdenden Anzahl von Probanden nicht aufgeführt.

Tabelle 17: Korrelation zwischen Flow und Leistung in der Pilotstudie

	Flow2	Flow3	Flow4	Flow5	Flow end	Leistung
Flow1	.74**	.66*	.69**	.87	.73*	.41*
Flow2		.86**	.75**	.94*	.83*	.50**
Flow3			.73**	.93*	.83**	.49**
Flowend						.42*

Anmerkungen

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Hypothese 2 weitgehend bestätigt werden konnte. Die Vorgehensweise (Strategien) der Schüler wirkte sich auf die Leistung positiv aus, als besonders aussagekräftig erwiesen sich: Anzahl der Mausklicks, die Zeit zum Auffinden und die Länge sowie die Güte der Animationsnutzung. Auf die dabei beobachteten Geschlechtsunterschiede gehe ich bei Hypothese 4 gesondert ein. Die Motivation wirkte zumindest anfänglich positiv auf die Leistung, das Flow-Erleben durchgängig positiv. Alle drei Mediatoren hatten also einen positiven Einfluss auf die Leistung, aber besonders die Strategien waren ein guter Prädiktor für die Leistung.

Dritte Hypothese

Die Eingangsmotivation wirkt auf die Mediatoren und diese wiederum auf die Leistung (Prüfung des Prozessmodells)

Eine günstige Eingangsmotivation, die Motivation während des Lernens und hohes Flow-Erleben sollen sich wie in früheren Studien positiv auf die Leistung auswirken. Dabei sollte es keinen direkten Zusammenhang zwischen der Eingangsmotivation und der Leistung geben.

Es zeigte sich (s. Tabelle 14) erwartungsgemäß keine Beziehung zwischen drei Faktoren der Eingangsmotivation und der Leistung (Skala Herausforderung $r = .21$, Skala Erfolgswahrscheinlichkeit $r = .37$ und Skala Misserfolgsbefürchtung $r = -.07$). Das Interesse als vierter Faktor ist hoch signifikant mit $r = .60^{**}$ mit der Leistung korreliert. Die Korrelation ist aber beim Vorwissen bereits ähnlich hoch mit $r = .56^{**}$. Bei der geschätzten Erfolgswahrscheinlichkeit vor dem Vortest bei Kenntnis der zu lösenden Aufgaben und dem Vorwissen gab es einen mittleren Zusammenhang ($r = .45^*$).

Bisher konnte in den beiden vorangegangenen Hypothesen gezeigt werden, dass die Eingangsmotivation auf Mediatoren und diese wiederum auf die Leistung wirken. Kann man nun aber von einem kausalen Zusammenhang sprechen? Um das Prozessmodell zu testen, habe ich eine explorative Pfadanalyse gerechnet. Natürlich ist dies aufgrund der geringen Stichprobengröße nur sehr vorsichtig zu interpretieren.

Das Pfadmodell in Abbildung 14 zeigt, dass die Variablen des kognitiv-motivationalen Prozessmodells das Lernen erklären. Die Probanden, die ein starkes Interesse an Drehmomenten haben, aktivieren mehr Vorwissen. Das höhere Vorwissen wirkt über zwei Mediatoren auf die Leistung. Zum einen wird mehr Flow erlebt, zum anderen wird Anwendung von Strategien beeinflusst. Als bester Indikator für Strategien erwies sich in diesem Modell die Länge der Animationsnutzung. Höheres Vorwissen führt aber auch direkt zu einer besseren Leistung. Da das Lernmaterial sich mit dem Thema Physik beschäftigt, waren Geschlechtsunterschiede zu erwarten. Dies bestätigt sich auch im Pfadmodell, Das Geschlecht hatte einen Einfluss auf das Interesse und das Vorwissen und Schülerinnen waren weniger am Lernprogramm interessiert und nutzen die Animationen kürzer.

Durch die bisherigen Ergebnisse muss ich also das theoretische Modell ändern bzw. ergänzen. Was in Abbildung 15 zu sehen ist, ist zum einen ein reduziertes Modell, es fehlt beispielsweise der Motivationale Zustand während des Lernens. Der Motivationale Zustand während des Lernens erwies sich nicht als wirksam auf die Leistung. Auch wird der Pfad vom Flow zur Leistung knapp nicht signifikant. Der nicht signifikante Pfad vom Geschlecht auf die Strategie verbessert wiederum das Modell. Das hier vorgestellte Modell hat eine Modellgüte gegen 1 (Goodness-of-Fit Index GFI = .92, Comparative Fit Index CFI = .99, Root Mean Square Error of Approximation RMSEA = .048). CFI- Werte über .95 und RMSEA-Werte unter .05 sprechen für eine gute Modellanpassung, RMSEA-Werte unter .08 kennzeichnen noch einen akzeptablen Fit. Die Abweichung von der vorhergesagten Modellstruktur ist erwartungsgemäß nicht signifikant, ($\chi^2(7) = 7.48, p = .38$). Ich betrachte

daher diese Struktur als nicht widerlegt. Die für die Modellgüte relevanten Kennwerte indizieren insgesamt eine gute Modellanpassung.

Die Pfadanalyse zeigt zusammenfassend, dass das Geschlecht einen Einfluss hat auf das Interesse, also auf einen Faktor der Eingangsmotivation, und damit auch auf das Vorwissen. Dieses beeinflusst die Mediatoren „Flow“ und „Strategien“ (gewählter Indikator ist die „Länge der Animationsnutzung“) und letztlich die Leistung. Insofern spricht nichts dagegen Hypothese 3 anzunehmen.

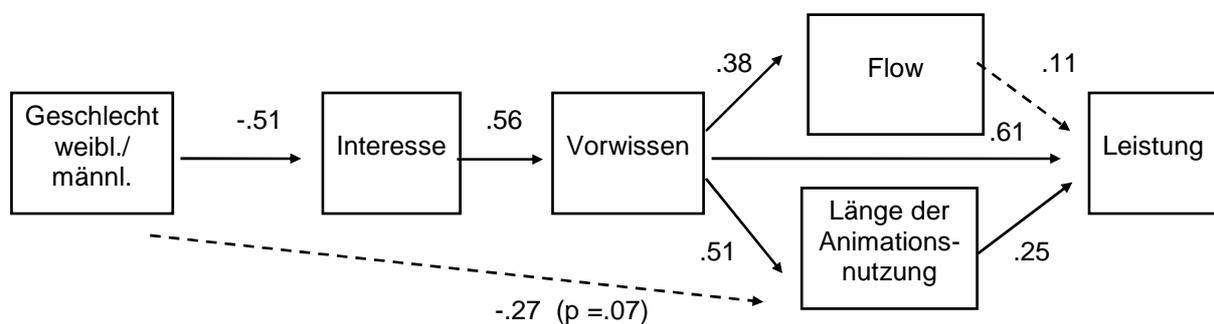


Abbildung 15: Pfadanalyse der Variablen, die den Einfluss von Geschlecht auf Leistung erklären zur Testung des Prozessmodells für Hypothese 3 der Pilotstudie.

Was folgt aus diesem Modell?

Das Modell zeigt, dass das Geschlecht bereits einen Einfluss auf das Vorwissen hat. Schülerinnen und Schülern wurde der Wissenstest kurz gezeigt und damit das Interesse am Thema entweder geweckt oder nicht. Das Geschlecht lag also vor, dann wurde der Fragebogen gezeigt und danach wurde das Vorwissen bestimmt. Diese Erkenntnis, dass Geschlechtsunterschiede schon in der Eingangsmotivation und im Vorwissen bestehen, soll in der folgenden Hauptstudie aufgegriffen werden.

Meine Hoffnung, dass das Vorwissen keinen direkten Einfluss auf die Leistung hat, sondern über die Mediatoren wirkt, wurde nicht bestätigt. Auch diese Erkenntnis wird zu einer Veränderung des Versuchsablaufs in der Hauptstudie führen.

Vierte Hypothese

Es gibt Geschlechtsunterschiede bei den Variablen: Eingangsmotivation, hier insbesondere beim Interesse, den verwendeten Strategien, der Motivation während des Lernens, dem Flow-Erleben und der Leistung. Schüler sollten bei allen Variablen besser abschneiden.

Auch die Annahme von Geschlechtsunterschieden konnte in den meisten Teilen klar bestätigt werden. Die unterschiedlichen Werte von Schülerinnen und Schülern sind bereits in den vorbereitenden Analysen dargestellt worden. Die *Eingangsmotivation* der Schüler war deutlich günstiger, sie zeigten sich interessierter und hielten ein erfolgreiches Abschneiden in dem Leistungstest für wahrscheinlicher. Schüler verwendeten bessere *Strategien* beim Lernen, sie fanden die Animationen schneller und benutzten mehr Animationen, länger und sinnvoller und waren insgesamt aktiver mit der Maus. Beim *Motivationalen Zustand* während der Programmbearbeitung fanden sich keine statistisch signifikanten Geschlechtsunterschiede, ebenso wenig im *Flow-Erleben*

Bei der Bearbeitung der Lernfragebögen zeigten sich klare Geschlechtsunterschiede. Schüler erreichten bezüglich des *Vorwissens* mit knapp 20 Punkten doppelt so viele Punkte wie Schülerinnen, der Unterschied ist statistisch signifikant (vgl. Tabelle 13). Die Streubreite des Vorwissens ist bei den Schülern größer und das Geschlecht korreliert mit dem Vorwissen mit einem $r = -.50^{**}$. Schülerinnen zeigten den gleichen Lernzuwachs wie Schüler, was auf Grund des geringeren Vorwissens als bessere Lernleistung anzusehen ist. Der Zusammenhang zwischen Geschlecht und *Leistung* liegt trotzdem bei $r = -.45^*$ zu Lasten der Schülerinnen. Im 2. Lernfragebogen erzielten die Schüler hypothesenkonform mit gut 36 Punkten eine signifikant bessere Leistung als die Schülerinnen mit knapp 25.

Zusammenfassend kann Hypothese 4 als bestätigt angesehen werden. Schüler haben eine günstigere Eingangsmotivation, sie verwenden während des Lernens bessere Strategien und sie erzielen bessere Leistungen als die Schülerinnen.

2.4 Diskussion

Ziel der Pilotstudie war es, das Material und die Vorgehensweise an einer kleinen Stichprobe zu testen. Das methodische Vorgehen hat sich bewährt. Die Verwendung von einem Physiklernprogramm im Schulunterricht hat sich als sinnvoll erwiesen. Alle Schüler haben neues Wissen erworben und es hat ihnen Freude bereitet. Die Aufzeichnungen des Lernverhaltens der Schüler lieferten gut auswertbare Daten, so dass die nun vorgetesteten Methoden auch in der Hauptstudie Anwendung finden.

Meine theoriegeleitete Erwartung, dass das Vorwissen keinen direkten Einfluss auf die Leistung hat, sondern über die Mediatoren wirkt, wurde allerdings nicht bestätigt. Dass das Vorwissen auf die Leistung wirkt, ist eine bereits bekannte und damit triviale Erkenntnis. Um den Einfluss des Vorwissens zu verringern, wird in der nächsten Studie ein kürzerer Vortest verwendet werden. Damit könnte ein methodisches Artefakt vermieden werden, nämlich dass die Schüler lediglich gezielt auf die Aufgaben des Lernfragebogens hinlernten.

Die Ergebnisse der Pilotstudie waren ansonsten vielversprechend. Das kognitiv-motivationale Prozessmodell konnte in den meisten Teilen bestätigt werden. Die Eingangsmotivation, hier besonders das Interesse, beeinflusst die Leistung durch den Mediator "Strategien".

Mit Hilfe sogenannter "navigation traces" versuchte ich, objektive Indikatoren für die Strategien der Schüler beim Lernen mit einem Physikprogramm am PC zu erhalten. Besonders der Faktor qualitativ gute "Aktivität" und hiervon besonders die Länge der Animationsnutzung beeinflusste die Leistung. Diese Erkenntnis könnte dabei helfen, den Schülern beizubringen, wie sie effektiver lernen können.

Lerntechnisch gute, sinnvolle Aktivitäten waren der Schlüssel beim Umgehen mit einem Lernprogramm in Physik am Computer. Es scheint wichtig zu sein, die Schüler zu ermuntern, beim Umgang mit einem solchen Lernprogramm zu experimentieren und die Möglichkeiten der Animationsnutzung bestmöglichst auszuschöpfen. Die Ergebnisse der Studie von Beckwith, Kissinger, Burnett Wiedenbeck, Lawrence et al. (2006) zeigte, dass gerade Frauen davon profitierten, wenn sie mehr am Computer herumspielten. Die genannten Autoren bezeichnen dieses Verhalten als „tinkering“, als spielerisches Experimentieren, was zusammen mit Neugier und Interesse und einer Reflektion zu sehr guten Ergebnissen gerade bei den Schülerinnen führte.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es nicht lernförderlich war, nur Text sorgfältig zu lesen oder möglichst schnell in dem Programm zu arbeiten (vgl. Püttmann &

Vollmeyer, 2007). Da gerade Schülerinnen in meiner Studie die Tendenz zeigten, weniger experimentierfreudig zu sein, könnte es sinnvoll zu sein, ihr Interesse und ihre Erfolgswahrscheinlichkeit zu steigern, um eine Verhaltensänderung zu bewirken. In der folgenden Studie soll entsprechend versucht werden, die Eingangsmotivation der Schülerinnen zu verbessern und dadurch über die Mediatoren zu einer besseren Leistung der Schülerinnen zu gelangen.

Es haben sich signifikante Geschlechtsunterschiede in der Pilotstudie bei den Variablen Eingangsmotivation, Vorwissen, Strategien und Leistung gezeigt. Dies war zwar nicht unerwartet, aber in dieser starken Ausprägung zu Lasten der Schülerinnen dennoch überraschend. Wie könnte man die Mädchen besser motivieren und damit zu besserer Leistung führen?

Dazu bereits vorliegende Studien in jüngster Zeit (Good, Aronson & Inzlicht, 2003; Johns, Schmader & Martens, 2005) geben zu der Vermutung Anlass, dass man versuchen sollte, die Schülerinnen mehr für das Fach Physik zu interessieren und außerdem ihren Glauben zu stärken, dass ihre Fähigkeiten in Physik ausreichend sein werden, um die gestellten Aufgaben zu lösen. Durch eine Steigerung des Interesses und der Erfolgswahrscheinlichkeit sollte es möglich sein, dass Schülerinnen in diesem Bereich zumindest kurzfristig bessere Ergebnisse erzielen.

Dies war dann auch die Fragestellung für die Hauptuntersuchung. Ausgehend vom kognitiv-motivationalen Prozessmodell, sollte eine Veränderung der Eingangsmotivation über die Mediatoren auf die Leistung wirken. Sicher spielen hier viele Faktoren eine Rolle. Aber welche Rolle spielt dabei das Geschlecht? Nach Hannover und Kessels (2002) zeigen sich in Physik substanzielle Geschlechtsunterschiede im Interesse, im fachspezifischen Selbstvertrauen und in den Leistungen zuungunsten der Mädchen. Sie belegen entsprechend auch weniger häufig einen Physik-Leistungskurs. Im Jahre 2005 haben beispielsweise in Nordrhein-Westfalen 6700 Jungen, aber nur 177 Mädchen einen Physik-Leistungskurs belegt (Augter, Grosse Halbuer & Welp, 2005). Diese Abneigung kann durch äußere Faktoren erklärt werden, hat aber auch viel mit dem Selbstbild zu tun. Die Untersuchung von Steele und Ambady (2006) zeigt deutlich, welchen großen Einfluss das Selbstkonzept auf die Leistungen von Frauen im mathematischen Bereich hat und welche Rolle Geschlechtsrollenstereotype dabei spielen.

Der Begriff des Einstellungstereotyps wurde 1966 von Vorweg (zitiert nach Dannhauer, 1977, S. 34) eingeführt. Er schreibt, es handle sich bei Rollenvorstellungen um ein „stereotyp vereinfachtes Sehen individueller Spielbreiten des Menschseins“. Unter

Geschlechtsrollenstereotypen versteht man stereotype Bilder von Männern und Frauen bzw. von Jungen und Mädchen, die ihnen allein aufgrund ihrer Geschlechtszugehörigkeit zugeschrieben werden. Geschlechtsrollenstereotype bilden sich bereits in früher Kindheit (vgl. Gaensslen, 1981).

Der Psychologe Aronson (Good et al., 2003) konnte zeigen, dass Frauen besser räumlich denken, wenn man ihnen vor dem Test ihre Identität als Topstudentin ins Gedächtnis ruft. Nach Studien von Johns et al. (2005) konnte ein sogenannter „stereotype threat“ durch bloßes „Daraufhinweisen“ und die „Aufforderung, dagegen an zu arbeiten“, gebrochen werden. In meiner Hauptstudie habe ich deshalb versucht diese Überlegungen mit einzubeziehen.

Welchen Einfluss hat in diesem Zusammenhang die Instruktion? Wenn Frauen besser räumlich denken, wenn man ihnen vor dem Test ihre Identität als Topstudentin ins Gedächtnis ruft, und Probanden schlechter ab schneiden, wenn sie glauben, zu einer Gruppe zu gehören, die die getestete Fähigkeit nicht hat, dann sollte es möglich sein, über die Instruktion eine Veränderung des Selbstbilds der Probanden und damit ihrer Eingangsmotivation zu bewirken. Dies sollte durch zwei verschiedene Instruktionen getestet werden, da diese den Einstieg in den Versuch für alle Probanden darstellen und damit eine bestimmte motivationale Ausgangslage schaffen können. Diese Erwartungen werden in der folgenden Studie überprüft.

3. HAUPTSTUDIE

Ziel der nun folgenden Studie war es, die Geschlechtsunterschiede in Bezug auf die Leistung im Lernen mit einem Physik-Programm im Sinne einer Benachteiligung der Schülerinnen durch eine Intervention auszugleichen. Die Manipulationen durch zwei veränderte Instruktionen sollte bereits die Eingangsmotivation verändern. Dies sollte sich auf die Mediatoren *Strategien, motivationaler Zustand während des Lernens* und *Flow während des Lernens* und damit auch auf die Leistung auswirken. Die Instruktion, in der besonders die Erfolgswahrscheinlichkeit der Schülerinnen erhöht werden sollte, wird im Folgenden „Gegen Geschlechtsrollenstereotype anarbeiten“ genannt und als „Stereotypgruppe“ abgekürzt. Diese Instruktion sollte zu einer höheren Erfolgszuversicht der Schülerinnen und über die Mediatoren zu einer höheren Leistung der Schülerinnen führen. Hier waren interaktive Effekte zu erwarten. Schülerinnen sollten sich durch den Hinweis auf eine Bedrohung durch ein Geschlechtsrollenstereotyp und die Aufforderung, dagegen an zu arbeiten, in allen Variablen verbessern. Schüler sollten durch diese Instruktion unbeeinflusst bleiben. Durch die Instruktion „Interesse erhöhen“ („Interessegruppe“) sollte der Faktor „Interesse“ bei der Eingangsmotivation der Schülerinnen und auch der Schüler gesteigert werden. Es wird erwartet, dass sich diese Steigerung des Interesses ebenso über Mediatoren positiv auf die Leistung aller Versuchspersonen dieser Experimentalgruppe auswirkt, das heißt, beide Geschlechter sollten sich in allen Prozessvariablen verbessern. Das Vorwissen wird aufgrund der Ergebnisse der Pilotstudie wiederum erfasst und ein Effekt der Instruktion vorhergesagt, nämlich dass in den Experimentalgruppen mehr Vorwissen aktiviert werden wird. Beide Gruppen mit motivationsbeeinflussender Instruktion werden mit einer Kontrollgruppe kontrastiert. Die Probanden der Kontrollgruppe bekamen eine ähnliche Instruktion wie in der ersten Studie (vgl. Abschnitt 2.2.2) vorgelegt. Die Werte der Kontrollgruppe sollten in etwa denen der Pilotstudie gleichen und damit sollten sich in dieser Gruppe erneut Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen zeigen. Die Hypothesen lauten demnach:

3.1 Hypothesen

Erste Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf die Eingangsmotivation

1. *Bei den Experimentalgruppen wird durch die Instruktion die Eingangsmotivation verändert.*

- 1.1 *Die Instruktion „Geschlechtsrollenstereotype“ steigert die Erfolgswahrscheinlichkeit der Schülerinnen, nicht jedoch die der Schüler, gegenüber Schülerinnen der Kontrollgruppe.*
- 1.2 *Die Instruktion „Interesse“ erhöht bei Schülerinnen und Schülern der Interessengruppe das Interesse gegenüber den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe.*
- 1.3 *In der Kontrollgruppe wird ein Geschlechtsunterschied bei den Faktoren „Interesse“ und „Erfolgswahrscheinlichkeit“ zu Lasten der Schülerinnen bei der Eingangsmotivation erwartet.*

Zweite Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf das Vorwissen

- 2. *Da der Einfluss von Vorwissen auf die Leistung nicht auszuschließen ist, wird es kontrolliert. Es wird erwartet, dass das Vorwissen mit der Leistung signifikant korreliert. Bei den Experimentalgruppen wird durch die Instruktion mehr Vorwissen aktiviert als bei der Kontrollgruppe.*
- 2.1 *In der Stereotypgruppe wird erwartet, dass sich das Vorwissen der Schülerinnen dem der Schüler annähert und damit höher ist als das der Schülerinnen der Kontrollgruppe.*
- 2.2 *In der Interessengruppe wird erwartet, dass das Vorwissen von Schülerinnen und Schülern gegenüber dem Vorwissen des jeweils gleichen Geschlechts in der Kontrollgruppe erhöht ist.*
- 2.3 *Bei der Kontrollgruppe werden Geschlechtsunterschiede beim Vorwissen zu Lasten der Schülerinnen erwartet.*

Dritte Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf die Mediatoren des Lernprozesses

- 3. *Durch die Manipulation verändern sich auch die Mediatoren des Lernprozesses, also die Motivation während des Lernens, das Flow-Erleben während des Lernens und die Strategien.*
- 3.1 *Bei der Stereotypgruppe gleichen sich die Schülerinnen in allen Mediatorvariablen an die Werte der Schüler der Stereotypgruppe an und verbessern sich gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe. Von den Schülern der Stereotypgruppe wird keine Veränderung gegenüber Schülern der Kontrollgruppe erwartet.*
- 3.2 *Bei der Interessengruppe verbessern sich Schülerinnen und Schüler in allen Mediatorvariablen gegenüber Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe.*

3.3 *Bei den Probanden der Kontrollgruppe sollen sich signifikante Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen bei den Mediatorvariablen zeigen.*

Vierte Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf die Leistung

4. *Die Leistung verbessert sich in Abhängigkeit von der Instruktion in den Experimentalgruppen.*
- 4.1 *Durch die Manipulation gleicht sich bei der Stereotypgruppe bei den Schülerinnen die Leistung an die der Schüler an und ist damit besser als die Leistung der Schülerinnen der Kontrollgruppe sein.*
- 4.2 *Bei der Interessegruppe erhöht sich die Leistung beider Geschlechter jeweils gegenüber der entsprechenden Leistung desselben Geschlechts in der Kontrollgruppe.*
- 4.3 *Bei der Kontrollgruppe sind bei der Leistung Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen zu erwarten.*

3.2 Methode

3.2.1 Stichprobenbeschreibung

Insgesamt nahmen 60 Schüler (davon 30 männliche und 30 weibliche) im Alter zwischen 15 und 18 Jahren ($M = 16.15$, $SD = 0.44$) aus verschiedenen 11. Klassen an der Studie teil. 30 Schüler und 18 Schülerinnen kamen aus der bereits in der Pilotstudie beteiligten Bischof-Neumann-Schule (BNS). Wegen des anfänglich zu geringen Mädchenanteils wurden die Schülerinnen noch mal durch ein Flugblatt gebeten, an der Studie teilzunehmen. Dies ermunterte noch einmal fünf Schülerinnen. Da in der 11. Klasse etwa ein Drittel aller Schüler ein Auslandsjahr macht und der Mädchenanteil der Schule etwa ein Drittel ausmacht, war das Potential an Mädchen in dieser Schule ausgeschöpft und es mussten zusätzlich 12 Schülerinnen aus einem benachbarten Gymnasium im gleichen Ort angeworben werden. Bei dieser Schule handelt es sich um die St. Angelaschule, eine staatlich anerkannte katholische Mädchenschule in gleicher Trägerschaft der St. Hildegard-Schulgesellschaft mbH wie die BNS. Die in Kleingruppen nachträglich untersuchten Schülerinnen wurden gleichmäßig und zufällig auf alle drei Versuchsbedingungen verteilt. Alle Versuchspersonen haben die Anweisungen sehr gut befolgt, so dass alle Daten verwertet werden konnten.

3.2.2 Untersuchungsdurchführung

Daten, Zeiten, Orte

Der Untersuchungstag war der 14.9.06, wieder ein Donnerstag, zweieinhalb Wochen nach Beginn des Schuljahrs. Die Schüler wurden in allen drei Physikkursen durch die Lehrkraft über die geplante Studie informiert, sie sollten sich dann in Listen eintragen, um welche Uhrzeit sie teilnehmen möchten. Die Teilnahme war freiwillig, allerdings signalisierten die Lehrer sehr deutlich die Nützlichkeit und Erwünschtheit einer Teilnahme und stellten als Anreiz die Möglichkeit in Aussicht, dass die Schülerinnen und Schüler im Anschluss Einsicht in die eigenen Protokolle nehmen könnten. Die Lehrer erläuterten weiterhin, dass es sich um ein Experiment der Universität Frankfurt zum Thema Lernen handelt, bei dem die Schüler selbst auch etwas über ihr Lernverhalten lernen könnten. Insgesamt fanden sich an diesem Tag 30 Schüler und 13 Schülerinnen bereit. Die erste Gruppe startete zur ersten Stunde um 7.45 Uhr im Computerraum der Schule, die zweite Gruppe zur dritten. Stunde um 9.35 Uhr, die dritte Gruppe zur fünften Stunde um 11.25 Uhr. Die Versuchsdurchführung dauerte jeweils etwa 2 Schulstunden. Die erste Gruppe umfasste 9 Schüler und 5 Schülerinnen und bekam die Instruktion „Gegen Geschlechtsrollenstereotype anarbeiten“, die zweite Gruppe umfasste 8 Schüler und 4 Schülerinnen und bekam die Kontrollinstruktion, und die dritte Gruppe bekam die Instruktion, die das Interesse steigern sollte und umfasste 13 Schüler und 4 Schülerinnen. Es war nicht möglich, in jeder Gruppe verschiedene Instruktionen zu verteilen, da die Instruktion nicht nur schriftlich, sondern zur Verstärkung auch mündlich gegeben werden sollte. Die Zuteilung der Instruktion zu den Gruppen erfolgte am Morgen des Versuchstags per Los.

Die Schüler wurden zu Beginn gemeinsam durch die Versuchsleiterin mündlich über den geplanten Ablauf instruiert, der Ablauf wurde ihnen auch noch einmal schriftlich mit der jeweiligen Instruktion in die Folie mit den diversen Fragebögen gelegt. Bei der ersten Gruppe waren drei Helfer anwesend, bei der zweiten Gruppe vier, bei der dritten Gruppe wiederum drei, davon jeweils eine männliche studentische Hilfskraft. Lehrer der Schule waren nicht ständig anwesend, einmal musste der betreuende Informatiklehrer geholt werden, weil ein PC abgestürzt war und einmal kam der Direktor der Schule herein, um zu sehen, ob wir alles haben, was wir brauchen.

Die nachträglich angeworbenen Schülerinnen wurden zum Teil in den Räumen der Schule, zum Teil privat in Zweiergruppen von der Versuchsleiterin untersucht. Die Zuteilung der Schülerinnen zu den Instruktionen erfolgte nach Losentscheid. Für die Teilnahme erhielt

jede Schülerin 7.50 Euro und Süßigkeiten. Dies geschah im Zeitraum vom 14. November 2006 bis 15. Dezember 2006 zu ganz unterschiedlichen Zeiten, zum Beispiel in Freistunden. Die Verteilung der Schülerinnen wird ersichtlich aus Tabelle 18.

Tabelle 18: Verteilung der nachträglich untersuchten Schülerinnen auf die verschiedenen Versuchsbedingungen in der Hauptstudie ($n = 17$)

	Stereotypgruppe	Kontrollgruppe	Interessegruppe
Bischof Neumann Schule	2	0	3
St. Angela Schule	4	5	3

Zwischen den Schülerinnen der beiden Schulen sollte es keine statistischen Unterschiede im Verhalten, der Motivation oder der Leistung geben, die Tabelle 19 zeigt den Vergleich der erhobenen Daten beider Schülerinnengruppen.

Tabelle 19: Vergleich (M , SD) der Schülerinnen von BNS und St. Angela in der Hauptstudie ($n = 30$)

	BNS ($n = 18$)	St. Angela ($n = 12$)	t -Wert
FAM-H	5.47 (0.85)	4.83 (1.16)	$t(28) = .193, p = .06$
FAM-I	4.16 (0.92)	4.10 (0.86)	$t(28) = .16, p = .87$
FAM-E	3.97 (1.80)	4.56 (1.51)	$t(28) = .94, p = .36$
FAM-M	3.02 (1.39)	2.60 (1.40)	$t(28) = .81, p = .42$
Vorwissen	7.33 (4.09)	5.83 (4.35)	$t(28) = .96, p = .35$
Leistung	34.72 (10.30)	32.08 (12.00)	$t(28) = .64, p = .54$
Lernzuwachs	5.33 (5.12)	4.83 (4.11)	$t(28) = .28, p = .78$
Mausklicks	52.94 (29.32)	48.58 (38.41)	$t(28) = .34, p = .76$
Länge/ A.nutzung	182.39 (134.60)	166.25 (151.42)	$t(28) = .89, p = .38$
MZend ^a	5.07 (1.10)	4.95 (1.05)	$t(28) = .30, p = .76$
FLOWend ^a	4.53 (1.66)	4.38 (1.31)	$t(28) = .25, p = .80$

Anmerkungen:

FAM-H = Skala Herausforderung im FAM, FAM-I = Skala Interesse im FAM, FAM-E = Skala Erfolgswahrscheinlichkeit im FAM, FAM-M = Skala Misserfolgsbefürchtung im FAM; Länge/ A.nutzung = Länge der Animationsnutzung in Sekunden

^a = Die Bedeutung von MZend und FLOWend entspricht der Pilotstudie, die Variablen werden im Folgenden im entsprechenden Abschnitt zudem erneut erläutert.

Wie aus Tabelle 19 zu ersehen ist, gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe der Bischof-Neumann Schülerinnen und denen der St. Angela Schule bezüglich der Variablen. Demnach war es zulässig, die beiden Stichproben zu vereinen.

Versuchsdesign und Instruktionen

Es sollte eine Intervention durch zwei verschiedene Instruktionen erfolgen. Diese Bedingungen sollten mit einer Kontrollgruppe kontrastiert werden. Angelehnt an die unter 2.4 erwähnten Studien wollte ich die Schülerinnen der einen Experimentalgruppe auf den Effekt, dass Vorurteile gegenüber dem Geschlecht und ihrem Können in Physik eine Leistungsverschlechterung auslösen können, aufmerksam machen. Alternativ dazu wollte ich das situationale Interesse der Schülerinnen und auch der Schüler erhöhen, indem besonders hervorgehoben wird, dass das Thema Drehmomente im Leben an vielen Stellen eine Rolle spielt, also eine persönliche Relevanz hat. Andere Möglichkeiten wären gewesen, das Programm besonders zu loben oder zu sagen, es sei speziell für Mädchen geeignet. Diese Vorgehensweise erschien mir aber nach der Literaturlage (vgl. Krapp, 2005, S. 35) weniger geeignet, um das Interesse oder die Erfolgswahrscheinlichkeit zu steigern.

Es gab demnach drei Versuchsbedingungen: In einer Experimentalgruppe sollte die Erfolgswahrscheinlichkeit der Mädchen durch den mündlichen und schriftlichen Hinweis auf mögliche Vorurteile oder Geschlechtsrollenstereotype und die Aufforderung, dagegen an zu arbeiten, gefördert werden (vgl. Anhang 7.1.8 und 7.1.9). In einer zweiten Experimentalgruppe sollte sowohl mündlich als auch schriftlich durch die Instruktion das Interesse der Schüler besonders geweckt und erhöht werden (vgl. Anhang 7.1.10). Die dritte Gruppe war als Kontrollgruppe konzipiert, hier war die Instruktion mündlich und schriftlich fast identisch mit denen in der Pilotstudie (vgl. Anhang 7.1.11). Der Unterschied bestand darin, dass diesmal der Satz: „Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir den Test erneut geben“ durch den Satz:

- „Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir einen weiteren Lernfragebogen geben.“

ersetzt wurde. Die Schüler wussten also nicht, welche Aufgaben im Anschluss zu bearbeiten waren. Die Zuteilung der Gruppen zu den Schulstunden erfolgte durch Los, die erste Gruppe in der Schule war die „Interessegruppe“, die zweite die Kontrollgruppe, die dritte die „Stereotypgruppe“.

Ablauf

Einige Tage vor der eigentlichen Untersuchung wurden die Monitoringprogramme erneut auf die Schulrechner aufgespielt und ihr Funktionieren jeweils überprüft. Besonders das anschließende Abspeichern der aufgezeichneten Daten erforderte umfangreiche Sicherheitsvorkehrungen wegen der Antivirusprogramme der Schule, die bei einem Neustart eines PCs automatisch alle gespeicherten Daten löschen. Dieses Mal wurde die studentische Hilfskraft vom zuständigen Lehrer mit der Möglichkeit versehen, als Administrator sich Zugang zum Lehrerrechner zu verschaffen und dort das Löschen der Aufzeichnungen wirkungsvoller unterbinden zu können als bei der ersten Studie.

Der Ablauf war weitgehend identisch mit dem der Pilotstudie. Die Schüler jeder Gruppe setzten sich vor einen gestarteten Rechner mit bereits geöffnetem Lernprogramm. An jedem Arbeitsplatz lagen ein Bleistift, Radiergummi und Spitzer sowie eine Folie mit allen Fragebögen in der richtigen Reihenfolge. Die Versuchsleiterin begrüßte die Schülerinnen und Schüler und stellte alle Helfer vor. Es wurde den Schülern mitgeteilt, dass die Dauer der Untersuchung etwa zwei Schulstunden umfasst und es im Anschluss daran zur Belohnung Süßigkeiten geben würde. Die Schüler wurden zunächst mündlich je nach Instruktionstyp instruiert, anschließend wurden sie aufgefordert, die schriftliche Instruktion zu lesen. Es wurde in allen Gruppen noch einmal hervorgehoben, dass es sehr wichtig sei, dass die Lernprogramme wirklich hintereinander bearbeitet würden und der Computer wegen der aufgezeichneten Daten anschließend anbleiben müsse.

Weiter wurde betont, bei den Einstellungsfragebögen nicht lange zu überlegen, sondern diese schnell auszufüllen. Ein Fragebogen wurde exemplarisch gezeigt und die Skalierung erläutert. Danach durften die Schüler den 1. Lernfragebogen zwei Minuten ansehen. Nun sollten sie den Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM) ausfüllen. Im Anschluss daran hatten die Schüler 10 Minuten Zeit, den ersten Lernfragebogen zu bearbeiten. Zuvor wurde noch einmal mündlich darauf hingewiesen, dass die Daten anonym ausgewertet würden und sie bitte nicht bei anderen abschauen sollten. Nach dem Ausfüllen des 1. Lernfragebogens begannen alle Schüler gleichzeitig mit der Bearbeitung des Lernprogramms. Zuvor mussten sie selbst die Aufnahme des Videoprogramms starten. Sie wurden noch einmal darauf hingewiesen, dass die Bearbeitungszeit 30 Minuten beträgt, dass sie für die Zeiteinteilung die Uhr im PC nutzen könnten und so schnell arbeiten können, wie sie wollten.

Nach jedem Abschnitt des Lernprogramms sollten die Schüler den gekürzten Fragebogen zur aktuellen Motivation und die Flow-Kurz-Skala ausfüllen, bevor sie zum

nächsten Abschnitt umschalten. Jeder Schüler konnte demnach bis zu fünf Fragebögen während der Bearbeitungszeit des Lernprogramms ausfüllen. Nach den 30 Minuten Bearbeitungszeit stellte jeder Schüler selbst das Aufzeichnungsprogramm aus und füllte den 2. Lernfragebogen aus, dafür waren 20 Minuten vorgesehen. Es folgte eine abschließende Kurzexploration („Hat es Euch Spaß gemacht?“ und „Gibt es etwas, was Ihr uns noch mitteilen möchtet?“) und eine Belohnung beim Rausgehen durch Süßigkeiten. Während der Pause bis zur nächsten Gruppe wurde jeder Arbeitsplatz neu eingerichtet. Die Durchführung in der zweiten und dritten Gruppe erfolgte analog zur ersten Gruppe.

3.2.3 Messinstrumente

Prädiktor

Eingangsmotivation

Die aktuelle Motivation wurde nach der Instruktion und nach kurzem Durchlesen des ersten Lernfragebogens wieder mit Hilfe des FAM (Fragebogen zur aktuellen Motivation von Rheinberg et al., 2001) erhoben, der sprachlich auf das Physiklernprogramm und die Versuchsbedingungen hin verändert worden war (vgl. Anhang 7.1.12). Die Reliabilität des Fragebogens war wie folgt: Für die Skala *Herausforderung* betrug Cronbachs $\alpha = .37$, für die Skala *Interesse* $.64$, für die *Erfolgswahrscheinlichkeit* $.83$ und für die *Misserfolgswahrscheinlichkeit* $.82$. Das bedeutet, dass die drei letzten Faktoren mit ausreichender bzw. guter Reliabilität gemessen wurden, aber die Items der Skala *Herausforderung* Mängel bezüglich der Reliabilität auswiesen. Anders als bei der Pilotstudie lag es auch nicht an einem einzelnen Item. Für Schülerinnen betrug die Reliabilität $\alpha = .46$, für Schüler $\alpha = .20$. Für eine weitere Studie in einer Schule unter ähnlichen Bedingungen sollte die Skala überarbeitet werden.

Selbst reguliertes Lernen

Lernprogramm

Als Lernprogramm wurde wiederum die Lerneinheit „Drehmomente sehen“ (Wünscher & Ehmke, 2002) verwendet.

Mediatoren

Motivation und Flow während des Lernens

Nach jedem der fünf Abschnitte des Lernprogramms wurde wie in der Pilotstudie sowohl erneut die Motivation während des Lernens mittels einiger ausgewählter Items des FAM als auch zusätzlich der Flowwert mit Hilfe der FKS (Flow-Kurzskala von Rheinberg et al., 2003) ermittelt. Der Fragebogen wurde an zwei Punkten verändert. Die Schüler wurden durch einen Zusatz im Fragebogen genauer darauf aufmerksam gemacht, dass sie den Fragebogen nach jedem Abschnitt ausfüllen sollten. Damit sollte verhindert werden, dass ein Schüler schon den nächsten Abschnitt anklickt und dann erst den Fragebogen ausfüllt. Aus demselben Grund sollten die Schüler zusätzlich in jedem Fragebogen den genauen Zeitpunkt des Ausfüllens eintragen, damit bei der Auswertung diese Zeit mit der Uhrzeit im Computer verglichen werden konnte. Dies war zwar schon im ersten Fragebogen einzutragen, wurde aber nur von wenigen Probanden ausgefüllt, so dass ich durch den Text stärker darauf hinweisen wollte. Dies erleichterte die Feststellung, ob ein Schüler den Fragebogen tatsächlich am Ende eines Abschnitts ausgefüllt hatte, was zur Berechnung der Zeit, die in einem Abschnitt verbracht wurde, wichtig war. Der inhaltlich ansonsten nicht veränderte Fragebogen findet sich beispielhaft für das Ausfüllen nach Bearbeitung des zweiten Lernabschnitts im Anhang unter 7.1.13.

Der Motivationale Zustand wurde wieder mit 8 Items aus dem FAM gemessen. Die Reliabilität der 8 Items war bei dieser Stichprobe ausreichend. Cronbachs α betrug nach dem ersten Abschnitt .61, anschließend .63, .70, .69 und nur beim letzten Abschnitt .24, was sich durch die dort noch verbliebenen geringe Versuchspersonenanzahl erklären lässt. Dies ist gegenüber der Pilotstudie eine Verbesserung.

Die Reliabilität der 10 Flow-Items war jeweils sehr gut. Ich werde im Folgenden wie in der Pilotstudie mit dem Gesamtwert der Skala weiterrechnen. (Die Korrelationen r zwischen den Subskalen Absorbiertheit und Glatter Verlauf werden nach jedem Abschnitt signifikant und betragen $r = .43^{**}$, $.53^{**}$, $.63^{**}$, $.62^{**}$ und $.60^{*}$). Nach dem ersten Abschnitt betrug Cronbachs α für die Gesamtskala mit 10 Items .84, nach dem jeweils nachfolgenden Abschnitt .86, .92, .92 und .91.

Lernverhalten/ Lernstrategien

Zur Erfassung des Lernverhaltens der Schüler, also ihrer Lernstrategien beziehungsweise der sogenannten „navigation traces“, liefen während der Bearbeitung des Lernprogramms wieder die zwei Monitoringprogramme *StatWin* und *ScreenVirtuoso* mit.

Diesmal gingen nur wenige Daten verloren: Bei StatWin wurden die Daten von insgesamt 54 Versuchspersonen gespeichert, nämlich von 26 Schülern und 28 Schülerinnen. Wie in der ersten Studie sind die Videoaufzeichnungen von allen Probanden erhalten.

Aufgrund der Vorerfahrungen mit der Pilotstudie wurden folgende Strategie-Indikatoren, mit derselben theoretischen Spannweite wie in der Pilotstudie, erfasst:

Anzahl der bearbeiteten Abschnitte (von 1 bis 5)

Mausklicks (von 0 bis unendlich),

Zeit pro Abschnitt (0 bis 1800 Sekunden),

Zeit zum Finden der Animationen (0 bis 1800) Sekunden,

Anzahl der benutzten Animationen (0 bis 12),

Länge der Animationsnutzung (0 bis 1800 Sekunden) und

Art und Weise der Animationsnutzung (Bewertung zwischen 0 und 3).

Kriterien/ Leistung

Vorwissen und Leistung

Zur Erfassung des Vorwissens wurde den Schülern dieses Mal ein auf 4 Items gekürzter Lernfragebogen gegeben (vgl. Anhang 7.1.14), in dem maximal 25 Punkte erreicht werden konnten. Der Fragebogen wurde gekürzt, weil ich die Vermutung hatte, dass das Vorlegen des gleichen Fragebogens vor und nach dem Lernen den Zusammenhang von Vorwissen und Leistung künstlich erhöht. Wenn das Vorwissen eine so große Rolle spielt, ist es schwierig, den Einfluss von schwächeren Variablen wie der Motivation statistisch aufzudecken. Zur Feststellung des Vorwissens ist weiterhin ein so langer Fragebogen nicht nötig gewesen, da das Vorwissen sich auch durch vier Fragen bestimmen lässt und damit im Versuchsablauf Zeit spart. Drittens sollten die Schüler nicht gezielt auf die Fragen hin lernen, sondern mich interessierte, ob sie auch durch das Lernen mit dem Lernprogramm Wissen erwerben, wenn sie noch nicht wissen, was sie hinterher abgefragt werden. Zu diesem Zweck habe ich 4 Fragen aus dem Lernfragebogen herausgesucht, die eine große Bandbreite des Vorwissens abfragen, nämlich eine sehr leichte (ursprünglich Frage 12, jetzt Frage 3), eine sehr schwere (Frage 11, neu 4) und zwei mittlere, die eher allgemeines Physikwissen erfragen (Frage 4 und 5, jetzt 1 und 2).

Zur Erfassung der Leistung wurde den Schülern der gleiche Lernfragebogen wie in der ersten Studie mit 12 Aufgaben zum Bearbeiten gegeben. Hier konnten wiederum maximal 70 Punkte erreicht werden. Lediglich der Wortlaut zu Beginn des zweiten Fragebogens musste

den veränderten Versuchsbedingungen angepasst werden (vgl. Anhang 7.1.15). Als Maßzahl für das Vorwissen und die Leistung galt die jeweils erreichte Punktezahl in den Fragebögen. Die Bewertung der Aufgaben blieb dieselbe wie in der Pilotstudie, auch hier wurde die Vergabe der Punkte durch denselben erfahrenen Physiklehrer kontrolliert. Man kann weiterhin zwei zusätzliche Variablen ausrechnen, nämlich die Punktezahl der 4 bereits bekannten Items im Leistungstest und den Lernzuwachs bei diesen 4 Items zwischen beiden Messungen.

Die Reliabilität des gekürzten Fragebogens zur Erfassung des Vorwissens beträgt $r = .46$. Das ist wenig, kann aber dadurch erklärt werden, dass es nur 4 Items sind und sie nicht dasselbe messen. Dies war jedoch intendiert, weil ich mit vier möglichst heterogenen Items ein möglichst breites Spektrum (bezüglich Schwierigkeit und Art der Aufgabe) an Vorwissen abfragen wollte. Die Reliabilität des zweiten Lernfragebogens betrug in dieser Stichprobe $r = .71$ und ist damit ausreichend.

3.3 Ergebnisse

Auch hier werde ich zunächst die ermittelten Daten hinsichtlich ihrer Qualität untersuchen (3.3.1) und anschließend die aufgestellten Hypothesen überprüfen (3.3.2). Unter Abschnitt 3.3.3 werden die Daten beider Studien verglichen.

Exploration und Teilnahme der Probanden

An der Exploration nahmen alle Schüler teil, es gab aber keine von den in der Pilotstudie abweichenden Rückmeldungen. Die Kurzexploration ergab, dass die Schüler noch einmal an so einer Studie teilnehmen würden und auch an ihren Ergebnissen interessiert wären. Sie fanden das Programm und die Animationen gut und sie hätten durchaus auch noch mehr Zeit mit dem Programm verbringen mögen. Ein Schüler aus der zweiten Gruppe meinte, die Formulierung „die Aufgaben schaffen“ in mehreren Items des Fragebogens, der während des Lernens auszufüllen gewesen war, hätte nicht zu dem Programm gepasst, da es dort ja gar keine konkreten Aufgaben gegeben hätte. Diese Anregung sollte in nachfolgenden Studien berücksichtigt werden.

Alle 60 Probanden folgten der Aufforderung, die Abschnitte nacheinander in der Reihenfolge von 1 bis 5 durchzuarbeiten. Dies war durch die beiden Monitoringprogramme eindeutig nachzuvollziehen. Auch das Ausfüllen der Fragebögen war wie bei der ersten Studie korrekt, es fehlten 39 Kreuze von rund 5500, das sind etwa 0.5 % fehlende Daten, die Hälfte

dieser fehlenden Daten stammen noch dazu von einem Fragebogen einer einzigen Person. Diese fehlenden Werte wurden durch die gemittelten Werte aller Probanden ersetzt und mit den anderen Daten der entsprechenden Person auf Plausibilität geprüft. Kein Schüler hatte aus Witz falsche Angaben zur Person gemacht, das ließ sich anhand des Versuchsprotokolls kontrollieren.

Die Stichprobengröße war demnach $N = 60$. Die tatsächliche Anzahl der Probanden, die einen Abschnitt bearbeitet und den dazu gehörigen Fragebogen ausgefüllt hatten, zeigt Tabelle 20.

Tabelle 20: Anzahl der Probanden in der Hauptstudie, die einen bestimmten Abschnitt inklusive dem dazu gehörigen Motivationsfragebogen ausgefüllt hatten

	Gesamt	Schülerinnen	Schüler
Abschnitt 1 beendet	60	30	30
Abschnitt 2 beendet	60	30	30
Abschnitt 3 beendet	59	30	29
Abschnitt 4 beendet	40	18	22
Abschnitt 5 beendet	13	5	8

3.3.1 Vorbereitende Analysen

Dieses Mal werde ich eine andere Reihenfolge in der Darstellung der Ergebnisse als in der Pilotstudie wählen. Ich werde nicht wieder analog dem Prozessmodell vorgehen, sondern zunächst die Leistungsmaße darstellen und danach die Strategien einer Analyse unterziehen. Das Vorziehen dieser beiden Variablen erleichtert das anschließende Darstellen der Zusammenhänge von Instruktionen, Mediatoren und Eingangsmotivation.

Beantwortung der Lernfragebögen

Bei dieser Studie lassen sich vier Leistungsvariablen erheben:

- (1) das *Vorwissen* (erreichte Punktezahl der 4 Aufgaben im ersten Lernfragebogen),
- (2) die *Leistung* (addierte Punktezahl der 12 Aufgaben im zweiten Lernfragebogen),
- (3) die *Leistung in den 4 bekannten Aufgaben* (erreichte Punktezahl in den durch den Vorwissenstest bekannten 4 Aufgaben im zweiten Fragebogen) sowie
- (4) der *Lernzuwachs* (Punktezahl der bekannten 4 Aufgaben im zweiten Fragebogen abzüglich der Punktezahl derselben 4 Aufgaben im ersten Fragebogen).

Eine Gesamtdarstellung dieser Ergebnisse findet sich in Tabelle 21. Ich werde im Folgenden die gleiche Reihenfolge in der Darstellung wählen, wie sie der Untersuchungsdurchführung entspricht, also zunächst die Stereotypgruppe, danach die Kontrollgruppe, und zum Schluss die Interessegruppe.

Tabelle 21: Mittelwerte und Standardabweichungen von allen Leistungsvariablen in der Gesamtgruppe sowie nach Geschlecht und Instruktion aufgeschlüsselt ($N = 60$)

	Geschlecht	Vorwissen (1)	Leistung (2)	Leistung 4 Items (3)	Lernzuwachs (4)
Über alle	Gesamt	7.53 (4.03)	33.87 (9.97)	11.38 (4.95)	3.85 (4.54)
Instruktionen	Weiblich	6.73 (4.19)	33.67 (10.89)	11.87 (5.89)	5.13 (4.67)
hinweg	Männlich	8.33 (3.77)	34.07 (9.15)	10.90 (3.85)	2.57 (4.07)
Stereotypgruppe	Gesamt	7.15 (3.25)	33.80 (7.63)	12.35 (4.53)	5.20 (3.81)
($n = 20$)	♀ ($n = 11$)	7.82 (2.89)	35.91 (7.80)	14.18 (4.94)	6.36 (3.88)
	♂ ($n = 9$)	6.33 (3.64)	31.22 (6.96)	10.11 (2.85)	3.78 (3.83)
Kontrollgruppe	Gesamt	6.59 (3.94)	29.82 (7.58)	9.24 (3.03)	2.65 (1.90)
($n = 17$)	♀ ($n = 9$)	3.89 (1.97)	26.22 (6.28)	7.33 (2.00)	3.44 (1.51)
	♂ ($n = 8$)	9.63 (3.34)	33.88 (7.12)	11.38 (2.56)	1.75 (1.98)
Interessegruppe	Gesamt	8.57 (4.61)	36.91 (12.34)	12.13 (6.03)	3.57 (6.10)
($n = 23$)	♀ ($n = 10$)	8.10 (5.67)	37.90 (14.07)	13.40 (7.17)	5.30 (6.85)
	♂ ($n = 13$)	8.92 (3.82)	36.15 (11.40)	11.15 (5.08)	2.23 (5.34)

Vorwissen

Wie aus Tabelle 21 zu ersehen ist, betrug das Vorwissen, gemessen durch den gekürzten Lernfragebogen vor der Bearbeitung des Lernprogramms, in der Gesamtgruppe durchschnittlich rund 8 von 25 zu erreichenden Punkten. Schülerinnen erreichten durchschnittlich 7 Punkte ($SD = 4.48$), Schüler rund 8 Punkte, der Unterschied ist nicht signifikant, $t(58) = 1.56$, $p = .16$. Hier gab es keine Haupteffekte, aber eine Interaktion von Geschlecht und Instruktion, $F(1, 54) = 4.36$, $p = .018$. Auf die gefundenen Unterschiede zwischen den Gruppen gehe ich bei der hypothesentestenden Analysen (Hypothese 2) ein.

Leistung

Im Leistungstest erzielte die Gesamtgruppe ein durchschnittliches Ergebnis von 34 Punkten, Schülerinnen und Schüler unterschieden sich auch hier nicht signifikant, $t(59) = .15$,

$p = .89$. Erstaunlich ist zunächst, dass zwischen Schülern und Schülerinnen in der *Gesamtgruppe* der 60 Versuchspersonen über alle Instruktionen hinweg keine Geschlechtsunterschiede mehr bei der Leistung zu verzeichnen waren. Dieses zunächst unerwartete Ergebnis wird bei der Hypothesenprüfung (Hypothese 4) durch die Aufschlüsselung der Werte in Abhängigkeit von den gegebenen Instruktionen erklärt. Es gibt Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen, auch wenn zunächst weder eine Interaktion von Geschlecht und Instruktion ($F(1, 54) = 2.02, p = .14$) zu erkennen ist und auch ein Haupteffekt Instruktion, $F(1, 54) = 2.56, p = .087$, die Signifikanz knapp verfehlt.

Leistung bei den 4 bekannten Items und Lernzuwachs

Bei der *Punktezahl in den vier bekannten Aufgaben* zeigte sich in der Gesamtgruppe ($M = 11.38, SD = 4.95$) kein Geschlechtsunterschied, $t(58) = .75, p = .46$. Es hat Schülerinnen wie Schülern über alle Gruppen hinweg gleich viel geholfen, wenn sie die Aufgaben bereits vorher kannten. Zwischen den drei Instruktionen besteht kein Unterschied, $F(2, 57) = 2.34, p = .11$. Wenn man die Gruppen zusätzlich nach Geschlecht trennt und damit damit sechs Gruppen erhält, dann wird die Interaktion von Geschlecht und Instruktion signifikant, $F(5, 54) = 3.80, p = .029$. Schülerinnen der Kontrollgruppe schneiden bei dieser Variable am schlechtesten, Schülerinnen der Stereotypgruppe am besten ab.

Die Punktedifferenz zwischen dem Vorwissen ($M = 7.53, SD = 4.03$) und der Leistung in den gleichen 4 Fragen im Leistungstest ($M = 11.38, SD = 4.95$), also der *Lernzuwachs* der Gesamtgruppe, betrug rund 4 Punkte und ist bei gepaarter Stichprobe signifikant, mit $t(59) = 6.58, p < .01$. Das bedeutet, dass auch in dieser Studie die Versuchspersonen durch das Lernprogramm hinzu gelernt haben. Der Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern ist hier signifikant zugunsten der Schülerinnen, $t(58) = 2.27, p < .05$. Eine univariate Varianzanalyse zeigt, dass hier nur der Haupteffekt Geschlecht signifikant wird, $F(1, 54) = 4.51, p = .038$, es aber keine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion gab ($F(2, 54) = .12, p = .89$). Der Lernzuwachs ist bei Schülerinnen unabhängig von der Instruktion höher gewesen als bei Schülern.

Zusammenhänge zwischen dem Vorwissen und den Leistungsvariablen

Bei der Pilotstudie fand sich ein starker Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Leistung bei den Schülern. Diesmal waren 8 von 12 Aufgaben im Leistungstest unbekannt. Auch in dieser Studie konnte man von einem Zusammenhang zwischen Vorwissen und Leistung ausgehen. Tabelle 22 zeigt die Korrelationen zwischen dem

Vorwissen und der Leistung für die Gesamtgruppe und nach Geschlecht getrennt. Man kann dort ablesen, dass bei der Gesamtgruppe der Schülerinnen das Vorwissen mit der Leistung mit $r = .68^{**}$ korreliert, nicht aber bei den Schülern. Dies ist das gegenteilige Ergebnis wie in der Pilotstudie. Wie man weiterhin erkennen kann, korrelieren die Leistung (2) mit den beiden anderen Leistungsmaßen (3) und (4) hochsignifikant, so dass ich mich bei der Hypothesenüberprüfung aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Darstellung der beiden zentralen Variablen *Vorwissen* und *Leistung* beschränken kann. Bei den vorbereitenden Analysen werde ich bei einigen Mediatoren den Zusammenhang mit den Leistungsvariablen (3) und (4) zur Information der Vollständigkeit halber mit aufführen.

Tabelle 22: Korrelationen zwischen den Leistungsmaßen in der Hauptstudie ($N = 60$)

	Geschlecht	(2) Leistung	(3) Leistung bei 4 bekannten Items	(4) Lernzuwachs
(1) Vorwissen	Gesamt	.51**	.51**	-.34**
	Weiblich	.68**	.62**	-.12
	Männlich	.31	.43*	-.52**
(2) Leistung	Gesamt		.85**	.48**
	Weiblich		.91**	.54**
	Männlich		.78**	.45*
(3) Leistung bei 4 bekannten Items	Gesamt			.64**
	Weiblich			.71**
	Männlich			.55**

Anmerkungen

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Analyse der Strategieindikatoren

Bezüglich der Strategien ist zu klären, ob es sinnvoll ist, mit allen Indikatoren weiter zu rechnen oder ob man einige ausschließen kann oder sie auf einen oder wenige Faktoren reduzieren kann. Um die Zusammenhänge zwischen den Strategievariablen zu erkennen, wurden zunächst die Interkorrelationen zwischen den Strategievariablen, die sich in der Pilotstudie als gute Prädiktoren für die Leistung heraus kristallisiert hatten, berechnet. Sie sind in Tabelle 23 abgebildet. Je mehr Abschnitte ein Proband bearbeitet hat, umso weniger

Zeit hat er in einem Abschnitt verbracht und umso weniger lang hat er Animationen benutzt. Die Anzahl der Mausklicks als Maß für die Aktivität eines Probanden korreliert mit der Anzahl und der Länge der Nutzung von Animationen und noch schwach mit der Güte (Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen). Viele Mausklicks korrelierten weiterhin mit der Schnelligkeit im ersten Abschnitt und der Schnelligkeit im Finden der Animationen. Ein Proband, der Animationen schnell findet, benutzt mehr Animationen, benutzt sie länger und qualitativ sinnvoller. Daraus ist zu entnehmen, dass „quantitative“, (zum Beispiel lange) und „qualitative“ (d. h. sinnvolle) Animationsnutzung miteinander verbunden sind. Die Schnelligkeit im Finden der Animationen (quantitativer Wert) geht ebenfalls mit der Güte (Qualität) der Nutzung von Animationen Hand in Hand.

Tabelle 23: Interkorrelationen zwischen den Strategieindikatoren in der Hauptstudie (N = 60).

Strategien	(2) Mausklicks	(3) Zeit zum Lesen der Einführung	(4) Zeit im ersten Abschnitt	(5) Zeit im zweiten Abschnitt	(6) Zeit zum Finden der Animationen	(7) Anzahl der benutzten Animationen	(8) Länge der Animationsnutzung	(9) Qualität der Animationsnutzung (Bewertung mit 2)
(1) Anzahl der bearbeiteten Abschnitte	-.13	-.15	-.63**	-.61**	.04	.21	-.32*	-.01
(2) Mausklicks (n = 54)		-.14	.29*	-.20	-.45**	.45**	.60**	.27*
(3) Zeit zum Lesen der Einleitung			.14	.26*	.17	-.26	-.13	-.11
(4) Zeit im ersten Abschnitt				.31*	-.04	-.14	.23	-.02
(5) Zeit im zweiten Abschnitt					.02	-.23	.09	-.07
(6) Zeit zum Finden der Animationen						-.89**	-.80**	-.78**
(7) Anzahl d. benutzen Animationen							.71**	.77**
(8) Länge der Animationsnutzung								.76**

Anmerkungen:

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Im nächsten Schritt wurde eine Faktorenanalyse mit diesen neun Indikatoren gerechnet. Ich habe zunächst erneut alle Indikatoren einer Faktorenanalyse mit der

Extraktionsmethode *Hauptkomponentenanalyse* unterzogen mit anschließender Rotation (Varimax mit Kaiser-Normalisierung). Das Ergebnis ist in Tabelle 24 zu sehen. Es ergaben sich wieder zwei Faktoren mit fast gleicher Aufteilung. Das Ergebnis der Pilotstudie wurde also repliziert. Der erste Faktor klärt 42.41 % der Varianz auf, der zweite weitere 24.72 %. Zum ersten Faktor zählen die fünf Indikatoren: Länge der Animationsnutzung, Anzahl der benutzten Animationen, Zeit zum Finden der Animationen, Qualität der Animationsnutzung und Mausklicks. Der zweite Faktor beinhaltet die Anzahl der bearbeiteten Abschnitte sowie die Zeit in Abschnitt 1 und Abschnitt 2.

Tabelle 24: Rotierte Komponentenmatrix der Strategievariablen in der Hauptstudie/ Ladungsmuster der zweifaktoriellen Lösung der Strategieindikatoren (N = 60)

	Faktor 1 Sinnvolle Aktivität	Faktor 2 Schnelligkeit
Anzahl der bearbeiteten Abschnitte	-.07	-.90
Mausklicks (<i>n</i> = 54)	.63	.17
Zeit zum Lesen der Einleitung	-.35	.30
Zeit in Abschnitt1	.13	.77
Zeit in Abschnitt2	-.17	.74
Zeit zum Finden der Animationen	-.93	.04
Anzahl der benutzten Animationen	.91	-.30
Länge der Animationsnutzung	.91	.23
Qualität der Animationsnutzung (Bewert. = 2)	.85	-.13

Für beide Faktoren wurde eine Reliabilitätsanalyse der Variablen durchgeführt. Für den ersten Faktor „Sinnvolle Aktivität“ ergab sich ein Cronbachs α von .47, für die drei Items des zweiten Faktors ein Cronbachs α von .36. Auch hier ist wieder deutlich die Heterogenität der Variablen zu erkennen. Die Strategievariablen messen nicht dasselbe und es ist von daher nicht sinnvoll, nur mit einem Maß weiterzurechnen. Als wichtigstes Item zeigte sich allerdings beim ersten Faktor die Länge der Animationsnutzung. Ohne dieses Item sinkt die Reliabilität auf $\alpha = .15$ ab.

Da die Zeit zum Lesen der Einleitung auf keinem der Faktoren lädt, wurde sie aus weiteren Analysen ausgeschlossen. Um zu sehen, welcher Indikator die Leistung am besten vorhersagt, wurden alle acht verbliebenen Indikatoren einer schrittweisen hierarchischen Regression unterzogen. Das Modell wurde signifikant, $F(1, 53) = 17.10, p < .001, R^2 = .25$. Diesmal zeigte sich als bester Prädiktor für die Leistung die Güte der Animationsnutzung mit $\beta = .50, t = 4.14, p < .001$. In einer weiteren Regressionsanalyse der vier Strategieindikatoren, die sich mit dem Umgang mit Animationen befassen, zeigte sich, dass auch die Strategievariablen Länge der Animationsnutzung (mit $\beta = .33, t = 1.92, p = .060$) und Anzahl

der benutzten Animationen (mit $\beta = .34$, $t = 1.92$, $p = .060$) die Leistung noch gut vorhersagen können. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der Pilotstudie. Ich werde deshalb bei der nun folgenden Ergebnisdarstellung der Strategien die Variablen, die sich mit den Animationen befassen, ausführlicher darstellen und die Variablen, die sich mit der Schnelligkeit befassen sowie die Mausclicks nur kurz darstellen.

Strategien

Tabelle 25 zeigt zunächst einen Überblick über die verschiedenen Strategievariablen nach Geschlecht getrennt. Anschließend werden alle Strategievariablen einzeln diskutiert und die Zusammenhänge mit den Leistungsvariablen berichtet. Auch werde ich an dieser Stelle bereits vergleichende Test erwähnen, da ich bei der Hypothesentestung aufgrund der Vielzahl an Strategieindikatoren nicht jeden einzelnen Indikator in jeder Gruppe darstelle, sondern mich auf die bedeutsamen und signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Gruppen beschränke.

Tabelle 25: Deskriptive Statistik (M, SD) und Mittelwertvergleich der Strategievariablen in der Gesamtgruppe der Hauptstudie (N = 60), nach Geschlecht getrennt dargestellt

Strategievariablen	Geschlecht	M	SD	t- Test
Anzahl der bearbeiteten Abschnitte	weiblich	3.77	0.77	$t(58) = 1.01$
	männlich	3.97	0.81	$p = .32$
Mausclicks ($n = 54$)	weiblich	51.07	32.92	$t(52) = 3.48$
	männlich	88.12	44.73	$p < .01$
Zeit für Einleitung	weiblich	44.10	19.58	$t(58) = 3.41$
	männlich	26.80	19.77	$p < .01$
Zeit in Abschnitt 1	weiblich	277.67	73.73	$t(58) = .54$
	männlich	288.60	82.92	$p = .59$
Zeit in Abschnitt 2	weiblich	330.03	73.62	$t(58) = 2.60$
	männlich	281.77	70.37	$p < .05$
Zeit zum Finden der Animationen	weiblich	477.67	490.19	$t(58) = 3.17$
	männlich	177.67	169.80	$p < .01$
Anzahl der benutzten Animationen	weiblich	5.37	3.94	$t(58) = 4.27$
	männlich	8.90	2.23	$p < .01$
Länge der Animationsnutzung	weiblich	175.93	139.22	$t(58) = 2.77$
	männlich	257.97	85.53	$p < .01$
Güte/Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen	weiblich	4.10	3.25	$t(58) = 2.51$
	männlich	5.87	2.06	$p < .05$

Anzahl der bearbeiteten Abschnitte

Diese Variable gehörte nach der Faktorenanalyse zum Faktor Schnelligkeit, der nur mäßig gut die Leistung vorhersagt. Deshalb sind hier nur einige wichtige Ergebnisse kurz

zusammengefasst. Wie in der Pilotstudie beträgt die Zahl der über alle Versuchspersonen hinweg bearbeiteten Abschnitte $M = 3.78$ ($SD = 0.77$), also wurden wiederum knapp 4 Abschnitte inklusive dem dazu gehörigen Fragebogen beantwortet. Auch in dieser Studie gab es weder einen signifikanten Geschlechtsunterschied in der Gesamtgruppe (s. Tabelle 25) noch einen Zusammenhang mit der Leistung ($r = -.18$). Interessant sind die Unterschiede zwischen den Experimentalgruppen, die bei der Hypothesenprüfung ausgeführt werden. Die deskriptive Statistik findet sich vollständig in Tabelle 26.

Tabelle 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der bearbeiteten Abschnitte je nach Instruktion und Geschlecht in der Hauptstudie ($N = 60$)

	Gesamt	♀	♂
Stereotypgruppe ($n = 20$)	3.55 (0.61)	3.55 (0.52)	3.55 (0.73)
Kontrollgruppe ($n = 17$)	3.76 (0.75)	4.00 (0.71)	3.50 (0.76)
Interessengruppe ($n = 23$)	4.22 (0.80)	3.80 (0.92)	4.50 (0.52)

Die Ergebnisse zeigen, dass ein Haupteffekt wirksam wurde, nämlich der Effekt der Instruktion, $F(2, 54) = 4.45$, $p = .016$. Weiterhin gibt es eine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion, $F(2, 54) = 4.02$, $p = .023$. Die Art der Instruktion hatte einen Einfluss auf die Anzahl der bearbeiteten Abschnitte, und Schülerinnen und Schüler haben auf die Instruktionen anders reagiert. Die Gesamtgruppe unter der Interesseinstruktion arbeitete schneller als die unter der Stereotypinstruktion, $t(41) = 3.06$, $p < .01$. Die Probanden in der Interessegruppe und hier besonders die Schüler unter der Interesseinstruktion (gegenüber den Schülerinnen der Interessegruppe, $t(21) = 2.45$, $p < .05$) haben mehr Abschnitte bearbeitet. Andererseits gibt es in der Interessegruppe zwischen der Anzahl der bearbeiteten Abschnitte und der Leistung eine Korrelation von $r = -.53^{**}$, das bedeutet, dass je schneller jemand war, umso schlechter schnitt er ab. In den anderen beiden Gruppen gibt es keinen derartigen Zusammenhang ($r = -.06$ bei Kontrollgruppe und $r = .09$ bei der Stereotypgruppe). Die gesteigerte Schnelligkeit beim Lernen unter der Interesseinstruktion hat demnach sogar einen negativen Einfluss auf die Leistung gehabt.

Mausklicks

Die Anzahl der Mausclicks wurde von 54 Probanden aufgezeichnet, die Werte streuen von 6 bis zu 200 Klicks ($M = 68.91$, $SD = 42.95$). Hier ist ein signifikanter Geschlechtsunterschied wie in der Pilotstudie zu verzeichnen (s. Tabelle 25). Allerdings

haben die Schüler in der Gesamtgruppe weniger Mausklicks als damals, hier etwa 90, damals etwa 120. Diesen Wert erreichten in der Hauptstudie nur die Schüler aus der Kontrollgruppe. Die deskriptive Statistik findet sich in Tabelle 27. Es wird nur der Haupteffekt Geschlecht signifikant, $F(2, 48) = 4.45, p < .001$, die Interaktion von Geschlecht und Instruktion verfehlt die Signifikanz knapp, $F(2, 48) = 3.02, p = .058$

Tabelle 27: Mausklicks, nach Instruktion und Geschlechtern getrennt in der Hauptstudie (M, SD)

	Gesamt ($N = 60$)	♀ ($n = 30$)	♂ ($n = 30$)
Stereotypgruppe ($n = 20$)	62.00 (36.90)	47.36 (26.83)	82.13 (40.90)
Kontrollgruppe ($n = 17$)	69.93 (52.56)	39.89 (35.81)	115.00 (40.26)
Interessengruppe ($n = 23$)	74.70 (41.68)	68.75 (33.85)	78.67 (47.21)

Der *Geschlechtsunterschied* bleibt in der Stereotypgruppe erhalten, $t(17) = 2.24, p < .05$, es ist demnach nicht gelungen, durch diese Instruktion die Schülerinnen zu aktivieren. Noch größer ist der Unterschied in der Kontrollgruppe (s. Tabelle 27), $t(13) = 3.79, p < .01$. Nur in der Interessengruppe ist die Anzahl der Mausklicks zwischen den Geschlechtern gleich, $t(18) = .51, p = .62$. Also hat weniger das Ansprechen des Geschlechtsrollenstereotyps als das Wecken von Interesse bei Schülerinnen die Aktivität erhöht. Bezüglich der *Instruktion* ist festzustellen, dass es zwischen den Instruktionen keinen signifikanten Unterschied gibt, auch nicht bei Schülerinnen oder Schülern getrennt gerechnet.

Alle Korrelationen von Mausklicks mit der Leistung bleiben unterhalb der Signifikanz, was die Gesamtgruppe angeht ($r = -.05$) und auch nach Geschlecht getrennt ($r = .05$ bei Schülerinnen; $r = -.20$ bei Schülern). In den beiden Experimentalgruppen sind die beiden Korrelationen mit der Leistung negativ mit jeweils $r = -.28$. In der Kontrollgruppe wird die Korrelation positiv mit $r = .56^*$ mit dem Vorwissen, mit $r = .41$ bei $p = .13$ mit der Leistung sowie mit $r = .58^*$ mit der Leistung bei den 4 bekannten Items.

Zeit pro Abschnitt

Auf die Berechnung dieser Variable wurde viel Zeit verwendet, insgesamt habe ich sie zweimal ermittelt. Zum einen ließ sich durch StatWin ermitteln, wie viel Zeit eine Versuchsperson pro Abschnitt benötigte, hier sind jeweils dreißigminütige Protokolle von 54 Versuchspersonen erhalten. Zum anderen habe ich anhand der 60 Videos die Zeiten selbst errechnet, und hierbei auch einbezogen, wann der Fragebogen ausgefüllt wurde und dadurch

gegebenenfalls die Zeiten entsprechend korrigiert. Ich habe zunächst mit beiden Werten gerechnet, da sich die Ergebnisse aber nicht unterscheiden und die Werte beider Variablen (mit $r = .97^{**}$ bei der Einführung, mit $r = .89^{**}$ bei Abschnitt 1, mit $r = .76^{**}$ bei Abschnitt 2, mit $r = .82^{**}$ bei Abschnitt 3, mit $r = .89^{**}$ bei Abschnitt 4 und $r = .93^{**}$ bei Abschnitt 5) hoch korrelieren, habe ich mit meinen selbst ermittelten Zeiten weitergerechnet, da hier von allen Probanden Zeiten vorliegen und die Ergebnisse aufgrund der berücksichtigten tatsächlichen Fragebogenbearbeitungszeit valider sind.

Auch hier zeigten sich wieder große individuelle Unterschiede. Einige Schüler brauchten nur zwei oder drei Sekunden für die Einführung, andere mehr als drei Minuten. Weniger unterschiedlich verhielt es sich bei den anderen Abschnitten. Bei der Zeit, die ein Proband für die Einleitung und den zweiten Abschnitt aufwendete, zeigten sich in der Gesamtgruppe Geschlechtsunterschiede (s. Tabelle 25). Wie in der Pilotstudie gehen Schüler schneller von der Einführung zum eigentlichen Lernprogramm über, und diesmal waren sie auch schneller im Bearbeiten des zweiten Abschnitts als Schülerinnen. Tabelle 28 gibt einen Überblick über die in der Einführung und den fünf Abschnitten verbrachte Zeit, nach Instruktion und nach Geschlecht getrennt. Da der Abschnitt 5 vor allem in der Stereotypgruppe nur noch von wenigen Probanden bearbeitet wurde, lasse ich diese Variable bei der Hypothesentestung (vgl. Abschnitt 3.3.2) unerwähnt.

Tabelle 28: Zeit in Sekunden (M , SD), die ein Proband in einem Abschnitt des Lernprogramms verbracht hat, nach den Instruktionen für Gesamtgruppe und nach Geschlechtern getrennt aufgeführt (Hauptstudie, $N = 60$)

	Gesamt	♀	♂
Stereotypgruppe ($n=20$)			
Einleitung ($n=20$)	36.50 (17.51)	42.82 ((18.10)	28.78 (14.02)
Abschnitt1 ($n=20$)	303.15 (46.57)	286.73 (53.26)	323.22 (27.95)
Abschnitt2 ($n=20$)	339.40 (63.98)	347.81 (67.74)	329.11 (61.39)
Abschnitt3 ($n=20$)	325.50 (52.03)	332.73 (47.95)	316.67 (58.27)
Abschnitt4 ($n=19$)	166.40 (77.68)	168.00 (82.70)	164.44 (75.99)
Abschnitt5 ($n=5$)	19.75 (42.50)	10.36 (25.63)	31.22 (56.57)
Kontrollgruppe ($n=17$)			
Einleitung ($n=17$)	42.71 (22.10)	42.56 (21.49)	42.88 (24.25)
Abschnitt1 ($n=17$)	296.88 (93.29)	242.22 (50.14)	358.38 (94.11)
Abschnitt2 ($n=17$)	305.47 (61.27)	307.00 (48.93)	303.75 (76.40)

Abschnitt3 (n=17)	269.53 (54.40)	274.67 (65.89)	263.75 (41.59)
Abschnitt4 (n=16)	168.00 (67.12)	184.56 (36.83)	149.38 (89.43)
Abschnitt5 (n=8)	81.34 (112.38)	136.88 (128.07)	18.63 (40.72)
Interessengruppe (n=23)			
Einleitung (n=23)	29.17 (22.84)	46.90 (21.14)	15.54 (12.57)
Abschnitt1 (n=23)	255.57 (82.48)	299.60 (101.19)	221.69 (43.96)
Abschnitt2 (n=23)	277.09 (84.30)	331.20 (96.54)	235.46 (41.50)
Abschnitt3 (n=23)	275.70 (65.36)	293.00 (64.80)	262.38 (65.13)
Abschnitt4 (n=22)	157.83 (71.65)	129.90 (91.48)	179.31 (44.56)
Abschnitt5 (n=17)	143.61 (133.69)	72.80 (121.99)	198.08 (119.22)

Untersucht man die Daten am Beispiel der Zeit zum Lesen der Einleitung, dann zeigt sich, dass es sowohl einen Haupteffekt „Geschlecht“ gibt, $F(1, 54) = 9.61, p = .003$, als auch eine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion, $F(2, 54) = 3.60, p = .034$. Die Schüler der Interessengruppe waren signifikant schneller beim Lesen der Einleitung als die Schüler beider Experimentalgruppen (gegenüber Stereotypgruppe $t(20) = 2.32, p < .05$ und gegenüber Kontrollgruppe $t(19) = 3.42, p < .01$). Sie waren ebenfalls schneller in der Bearbeitung von Abschnitt 2 (gegenüber Stereotypgruppe $t(20) = 4.28, p < .01$ und gegenüber der Kontrollgruppe $t(19) = 2.67, p < .05$). Die Interesseninstruktion hat demnach bewirkt, dass die Schüler unter dieser Instruktion zu Beginn schneller waren. Dieses Ergebnis ergänzt die gefundenen Unterschiede zwischen den Gruppen bei der Variable „Anzahl der bearbeiteten Abschnitte“.

In der Gesamtgruppe gab es keine signifikante Korrelation irgendeines Abschnitts mit dem Vorwissen oder der Leistung, auch nicht in der schnelleren Interessengruppe, wo man eventuell einen negativen Zusammenhang hätte erwarten können. Zeit, die in einem Abschnitt verbracht wird, war bereits in der Pilotstudie wenig bedeutsam für die Leistung und hat sich nun auch in dieser Studie als kein guter Prädiktor für die Leistung erwiesen.

Zeit zum Finden der Animationen

Im Mittel brauchte eine Versuchsperson in dieser Studie 327.66 Sekunden ($SD = 393.90$), um zum ersten Mal den Punkt einer Animation zu benutzen. Hierbei ergab sich in der Gesamtgruppe ein signifikanter Geschlechtsunterschied (vgl. Tabelle 25), die Schülerinnen brauchten dreimal so lang wie die Schüler, um die erste Animation zu aktivieren. Tabelle 29 zeigt die deskriptive Statistik dieser Variablen. Der Haupteffekt

Geschlecht wird signifikant, $F(1, 54) = 11.34, p < .001$. Es gibt keine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion und die Unterschiede zwischen den Instruktionen bleiben unterhalb des Signifikanzniveaus. Betrachtet man beide Geschlechter getrennt, ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten in Abhängigkeit von den Instruktionen, auch wenn die Schülerinnen der Kontrollgruppe doppelt solange brauchen wie Schülerinnen der Stereotypgruppe. Darauf werde ich unter Hypothese 3 noch genauer eingehen.

Tabelle 29: Zeit zum Finden der Animationen in Sekunden (M, SD), nach Geschlecht und Instruktionen getrennt, in der Hauptstudie (N = 60)

	Gesamt	♀	♂
Stereotypgruppe (n = 20)	261.80 (322.83)	351.27 (421.01)	152.44 (38.68)
Kontrollgruppe (n = 17)	472.35 (495.67)	736.22 (568.93)	175.50 (37.72)
Interessengruppe (n = 23)	278.00 (353.16)	384.00 (439.86)	196.46 (258.81)

Den Zusammenhang mit den in den Lernfragebögen erzielten Ergebnissen zeigt Tabelle 30. Die Zeit zum Finden der Animationen erweist sich nach dieser Tabelle als signifikanter, wenngleich nicht sehr starker Prädiktor für Vorwissen und Leistung. Wer Animationen schnell findet und nutzt, hat auch bessere Leistungen. Wer ein geringes Vorwissen hat, der braucht auch länger um die Animationen zu finden und zu benutzen.

Tabelle 30: Korrelation von „Zeit zum Finden der Animationen“ mit Leistungsvariablen in der Hauptstudie (N = 60)

	Vorwissen	Leistung	Leistung 4 Items	Lernzuwachs
Zeit zum Finden der Animationen	.32*	.28*	.18	.10

Anmerkungen

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Animationsnutzung

Anzahl der benutzten Animationen

Die Probanden dieser Studie benutzten im Schnitt 7 der 12 Animationen. Das ist ein ähnlicher Wert wie in der Pilotstudie. Der Geschlechtsunterschied in der Gesamtgruppe zu

Gunsten der Schüler war hochsignifikant (vgl. Tabelle 25). Der Haupteffekt Geschlecht wird signifikant, $F(2, 54) = 17.35, p < .001$, der Haupteffekt Instruktion verfehlt die Signifikanz nur knapp, $F(2, 54) = 2.95, p = .061$. Die Anzahl der benutzten Animationen in Abhängigkeit von Geschlecht und Instruktion zeigt Tabelle 31.

Tabelle 31: Anzahl der benutzten Animationen in der Hauptstudie, nach Instruktion und Geschlecht getrennt dargestellt (M, SD), N = 60

	Gesamt	♀	♂
Stereotypgruppe (n = 20)	6.90 (2.97)	5.73 (3.55)	8.33 (1.00)
Kontrollgruppe (n = 17)	5.65 (3.84)	3.67 (4.39)	7.88 (0.99)
Interessengruppe (n = 23)	8.43 (3.70)	6.50 (3.81)	9.92 (2.96)

Den Zusammenhang mit den erbrachten Leistungen zeigt Tabelle 32. Diese Variable korreliert mit dem Vorwissen signifikant mit $r = .31^*$. Wer also höheres Vorwissen hat, benutzt auch mehr Animationen. Die Korrelation mit der Leistung von $r = .25$ bleibt mit $p = .054$ knapp unterhalb der Signifikanzgrenze.

Tabelle 32: Korrelation von der Anzahl der benutzten Animationen mit Leistungsvariablen in der Hauptstudie, N = 60

	Vorwissen	Leistung	Leistung 4 Items	Leistungszuwachs
Anzahl der benutzten Animationen	.31*	.25 $p = .054$.13	-.13

Anmerkungen

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Länge der Animationsnutzung

Die Länge der Animationsnutzung im Sinne einer zeitlichen Dauer beträgt durchschnittlich 216.95 Sekunden ($SD = 121.11$) über alle 60 Probanden hinweg. Nach Geschlecht und Instruktion getrennt sind die Werte in Tabelle 33 abzulesen. Dort sind die Zeiten aufgeführt, die ein Proband aktiv mit den Animationen verbringt.

Tabelle 33: Länge der Animationsnutzung in Sekunden (M, SD) in der Hauptstudie, nach Instruktion und Geschlecht getrennt dargestellt (N = 60)

	Gesamt	♀	♂
Stereotypgruppe	241.35 (119.89)	210.00 (143.40)	279.67 (73.68)
Kontrollgruppe	186.52 (144.23)	94.22 (120.55)	290.38 (87.52)
Interessengruppe	218.22 (102.64)	212.00 (130.95)	223.00 (79.99)

Die Geschlechtsunterschiede in der Länge der Animationsnutzung sind in der Gesamtgruppe zugunsten der Schüler ausgefallen (vgl. Tabelle 25). Dieses signifikante Ergebnis ist aber allein auf den hochsignifikanten Geschlechtsunterschied innerhalb der Kontrollgruppe zurückzuführen. In den Experimentalgruppen ist dieser Geschlechtsunterschied verschwunden. Bei dieser Variablen wird ein Haupteffekt Geschlecht, $F(2, 54) = 10.35, p = .002$, signifikant, ebenso eine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion, $F(2, 54) = 3.51, p = .037$. In der Gesamtgruppe gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Werten der verschiedenen Instruktionen. Hier konnte durch die Instruktion eine deutliche Aktivierung speziell der Schülerinnen erzielt werden. Es wird sich noch zeigen, ob dieses auch mit einer besseren Qualität in der Nutzung einhergeht.

Die Korrelation mit der Leistung ist in der Gesamtgruppe knapp nicht signifikant mit $r = .24, p = .06$. Die Korrelation mit dem Vorwissen beträgt $r = .28^*$. Bei Schülerinnen ist die Korrelation mit der Leistung $r = .40^*$, bei Schülern beträgt die Korrelation zwischen der Länge der Animationsnutzung und der Leistung nur $r = -.03, p = .87$. Für Schülerinnen ist es demnach günstig für die Leistung, wenn sie mehr Animationen benutzen.

Art und Weise der Animationsnutzung/ Qualitative Auswertung

Wie in der Pilotstudie wurde auch diesmal eine qualitative Auswertung der Animationsnutzung der Probanden vorgenommen. Das Kategoriensystem zur Bewertung wurde beibehalten:

0 = nie

1 = wenig, vorsichtig

2 = ausgiebig, experimentell, aber sinnvoll

3 = unsinnig, verspielt, übertrieben.

Jede Animationsnutzung eines Schülers wurde nach dieser vierstufigen Skala von zwei unabhängigen Beobachtern beurteilt. Die Beobachterübereinstimmung beträgt nach Cohens Kappa $\kappa = .89$ und ist damit zufriedenstellend.

Eine Bewertung einer Animation mit 2 bedeutete, dass ein Proband diese Animation ausgiebig und sinnvoll benutzt hat. Diese Variable hat sich bei der Regressionsanalyse als guter Prädiktor für die Leistung erwiesen, deshalb stelle ich sie hier ausführlich da und werde mich bei der Hypothesentestung nur auf diese Kategorie beschränken. *Die Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen* ist vergleichbar denen in der Pilotstudie, insgesamt haben die Schülerinnen etwas mehr und die Schüler etwas weniger diese Bewertung erhalten als in der Pilotstudie. Der Unterschied in der Gesamtgruppe ist nach wie vor aber signifikant zugunsten der Schüler ausgefallen (Tabelle 25), was an den niedrigen Werten der Kontrollgruppenschülerinnen liegt. Der Unterschied zwischen den Werten aller Probanden der jeweiligen Instruktionen bleibt trotz der großen Zahlendifferenzen unterhalb des Signifikanzniveaus. Hier wird nur der Haupteffekt Geschlecht wirksam, $F(2, 54) = 7.36, p = .009$. Tabelle 34 zeigt die durchschnittliche Anzahl von ausgiebig und sinnvoll benutzten Animationen je nach Geschlecht und Instruktion.

Tabelle 34: Deskriptive Statistik (M, SD) bezüglich guter Animationsnutzung (Bewertung mit 2) nach Geschlecht und Instruktion aufgeteilt in der Hauptstudie (N = 60)

	Gesamt	♀	♂
Stereotypgruppe	5.55 (2.72)	5.09 (3.42)	6.11 (1.54)
Kontrollgruppe	3.94 (3.03)	2.22 (2.64)	5.88 (2.23)
Interessengruppe	5.26 (2.72)	4.70 (3.13)	5.69 (2.39)

Die Korrelation dieser Variable mit der Leistung beträgt für die Gesamtgruppe $.50^{**}$, mit dem Vorwissen $r = .31^*$ und mit der Leistung in den 4 bekannten Items $.37^{**}$, also wie in der Pilotstudie ein guter Prädiktor. Bei Schülerinnen beträgt die Korrelation zwischen Leistung und dieser Variable $.44^{**}$, die Korrelationen mit den anderen Leistungsvariablen werden nicht signifikant. Diese Ergebnisse sind in der Tabelle 35 zusammen mit den Korrelationen der absoluten Anzahl von mit 1, 3 und 0 bewerteten Animationen mit Leistungsmaßen dargestellt. Die Reihenfolge in der Darstellung erklärt sich in der absteigenden Qualität der Animationsnutzung von 2 (gut) zu 1 (wenig) zu 3 (unsinnig) zu 0 (gar nicht benutzt).

Tabelle 35: Korrelationen zwischen Art und Weise der Animationsnutzung und Leistungsvariablen in der Hauptstudie (N = 60)

	Vorwissen	Leistung	Leistung 4 Items	Leistungs- zuwachs
Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen	.31*	.50**	.37**	.12
Anzahl der mit 1 bewerteten Animationen	-.00	-.07	-.11	-.12
Anzahl der mit 3 bewerteten Animationen	.13	-.22	-.22	-.36**
Anzahl der mit 0 bewerteten Animationen	-.37*	-.38**	-.29*	.01

Anmerkungen

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Eine Animation wurde mit 1 bewertet, wenn sie verwendet wurde, aber nur kurz und vorsichtig. *Die Anzahl der mit 1 bewerteten Animationen* beträgt pro Proband etwa 1, es gibt hier keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Das bedeutet, dass jeder Proband etwa eine Animation nur kurz oder nur vorsichtig verwendet hat. Es zeigen sich bei dieser Variablen keine Haupt- oder Interaktionseffekte. Diese Variable korreliert weiterhin nicht mit einem Leistungsmaß, wie Tabelle 35 zeigt.

Eine Animation wurde mit 3 bewertet, wenn sie zwar benutzt wurde, diese Benutzung aber nur spielerisch und ohne erkennbaren Sinn war. *Die Anzahl der mit 3 bewerteten Animationen* ist mit $M = 2.07$ ($SD = 2.21$) hochsignifikant höher bei Schülern als bei Schülerinnen ($M = 0.13$, $SD = 0.51$). Schüler haben also mehr mit den Animationen gespielt als Schülerinnen, $t(58) = 4.67$, $p < .01$. In einem Vergleich über alle Gruppen wird sowohl ein Haupteffekt Geschlecht, $F(2, 54) = 20.03$, $p < .001$, als auch ein Haupteffekt Instruktion, $F(2, 54) = 3.89$, $p = .027$, signifikant. Die Probanden der Interessegruppe ($M = 1.91$, $SD = 2.37$) benutzen mehr Animationen nur spielerisch als die Probanden der Stereotypgruppe ($M = 0.45$, $SD = 0.94$), $t(41) = 2.58$, $p < .05$. Speziell die männlichen Probanden der Interessegruppe $M = 3.08$ ($SD = 2.53$) haben mehr Animationen mit der Bewertung 3 benutzt als die männlichen Probanden in der Stereotypgruppe $M = 1.00$ ($SD = 1.22$), $t(29) = 2.27$, $p < .05$. Diese Variable korreliert allerdings mit dem Lernzuwachs

negativ mit $r = -.36^{**}$. Die Instruktion Interesse hat demnach die Schüler zu einem eher spielerischen Umgang mit Animationen verleitet, der für die Leistung eher nachteilig war.

Die Anzahl der mit 0 bewerteten Animationen, also die Anzahl der nicht benutzten Animationen beträgt durchschnittlich bei Schülerinnen 3.23 ($SD = 4.66$) und bei Schülern 0.43 ($SD = 1.85$). Hier ist der Unterschied mit hochsignifikant, $t(59) = 3.06$, $p < .01$. Schülerinnen nutzen weniger Animationen, obwohl sie den entsprechenden Abschnitt bearbeitet haben. Dies ist ein Nachteil, denn dieser Wert korreliert mit dem Vorwissen, der Leistung und dem Abschneiden bei den vier bekannten Items negativ zwischen $r = -.29^*$ und $r = -.38^{**}$. Es gab hier sowohl einen Haupteffekt, $F(1, 54) = 12.26$, $p = .001$, als auch eine Interaktion von Geschlecht und Instruktion, $F(1, 54) = 3.55$, $p < .05$. Bei den *Schülerinnen* besteht zwischen denen in der Kontrollgruppe ($M = 6.33$, $SD = 5.48$) und denen der Stereotypgruppe ($M = 2.00$, $SD = 3.44$) bezüglich der Anzahl der mit 0 bewerteten Animationen ein signifikanter Unterschied, $t(18) = 2.16$, $p < .05$. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ist bei den Schülerinnen der Stereotypgruppe das Nichtbenutzen von Animationen stark zurückgegangen. Ein ähnlicher Unterschied zwischen nicht benutzten Animationen bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe und der Interessengruppe ($M = 1.80$, $SD = 4.05$) wird knapp nicht signifikant, $p = .054$. Zwischen den Schülerinnen der Experimentalgruppen besteht kein Unterschied, $t(19) = 0.12$, $p = .90$, beide Instruktionen haben also bewirkt, dass Schülerinnen Animationen benutzen.

Motivationaler Zustand während des Lernens

Die Motivation während des Lernens sollte wieder eine Mediatorvariable zwischen Eingangsmotivation und Leistung sein. Die Motivation während der Bearbeitung des Lernprogramms (MZ) wurde wie in der Pilotstudie errechnet, das heißt, alle Werte der verwendeten FAM-Items addiert, ein Erfolgswahrscheinlichkeitsitem vorher entsprechend umkodiert und die Misserfolgsbefürchtungsitems beide umkodiert, und dann der Mittelwert berechnet.

Es gab dasselbe Zeitlimit wie in der Pilotstudie von 30 Minuten zur Bearbeitung des Lernprogramms inklusive des nach jedem Abschnitt auszufüllenden Fragebogens. Jeder Schüler konnte selbst entscheiden, wie schnell er arbeiten wollte und von daher nimmt die Anzahl der ausgefüllten Fragebögen von Abschnitt zu Abschnitt ab. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde die Variable MZ_{end} beibehalten, die den beim Ausfüllen des jeweils letzten Fragebogens angegebenen Motivationalen Zustand beschreibt. Tabelle 36 zeigt die Ergebnisse, nach Geschlecht und Instruktion aufgliedert.

Table 36: Mittelwerte und Standardabweichungen des Motivationalen Zustands in der Hauptstudie nach Geschlecht und Instruktion getrennt dargestellt

MZ	T1 (N = 60)	T2(N = 60)	T3(n = 59)	T4(n = 40)	T5 (n=13)	End(n=60)
Gesamt	4.93 (0.85)	5.06 (0.90)	5.01 (0.99)	4.95 (0.97)	4.43(0.77)	4.96 (0.96)
Weiblich	4.93 (0.94)	5.10 (0.96)	5.07(1.09)	4.84 (1.22)	3.78(0.52)	5.02 (1.06)
Männlich	4.93 (0.77)	5.01 (0.85)	4.96 (0.88)	5.05 (0.73)	4.84(0.59)	4.91 (0.87)
Stereotyp-Gruppe	5.09 (0.95) n = 20	5.31 (0.96) n = 20	5.28 (1.16) n = 20	5.55 (0.94) n = 10	4.10 n = 1	5.24 (1.15) n = 20
Kontroll-Gruppe	4.76 (0.81) n = 17	4.78(0.87) n = 17	4.74 (0.99) n = 16	4.43 (0.93) n = 12	3.75(0.53) n = 2	4.62 (0.89) n = 17
Interesse-Gruppe	4.91 (0.81) n = 23	5.04 (0.83) n = 23	4.98 (0.79) n = 23	4.97 (0.86) n = 18	4.60(0.78) n = 10	4.98 (0.78) n = 23

Anmerkungen:

Der Wert unter T1 bezeichnet den Motivationalen Zustand nach dem ersten Abschnitt, entsprechend T2 den nach dem zweiten Abschnitt etc, End ist der Motivationale Zustand nach dem zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Insgesamt ist erfreulicherweise festzustellen, dass der motivationale Zustand während des Lernens durchgängig hohe Werte aufweist, zeigt es doch, dass die Probanden motiviert bei der Sache waren. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist in der Gesamtgruppe wie in der Pilotstudie zu keinem Messzeitpunkt signifikant mit einer Ausnahme, bei T5. Der motivationale Zustand beim Lernen war bei den 5 Schülerinnen, die den letzten Abschnitt vollständig bearbeitet haben, damit niedriger als das der verbliebenen acht Schüler, $t(11) = 3.29, p < .01$. Es gab keinen Geschlechtsunterschied beim motivationalen Zustand im letzten ausgefüllten Fragebogen (MZEnd) in der Gesamtgruppe, $t(58) = .45, p = .65$.

Der Verlauf der Motivation während des Lernens war ebenfalls wie in der Pilotstudie als gleichbleibend zu bezeichnen, die Korrelationen zwischen MZ zu allen Zeitpunkten beträgt zwischen $r = .78^{**}$ und $.99^{**}$. Wer also motiviert nach dem ersten Abschnitt war, blieb dies auch bis nach dem letzten Abschnitt. Deshalb werde ich mich bei der Hypothesentestung (Abschnitt 3.3.2, Hypothese 3) auf die Darstellung des Einflusses der Manipulationen auf MZEnd beschränken.

Deshalb werden an dieser Stelle einige Ergebnisse zu weiteren Messzeitpunkten genannt. Der Motivationale Zustand (MZ) während des Lernens der Stereotypgruppe und der Kontrollgruppe unterscheiden sich nach Abschnitt 4 (T4) signifikant zugunsten der Stereotypgruppe, $t(35) = 2.82, p < .05$, und knapp signifikant bei MZ2 und MZEnd, $p = .09$ bzw. mit $p = .08$. Der MZ der Interessegruppe unterscheidet sich zu keinem Zeitpunkt

signifikant von den Werten der beiden anderen Gruppen. Bei MZ_{end} gab es keine Haupteffekte, wohl aber eine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion, $F(2, 54) = 9.49, p < .001$. Schülerinnen und Schüler haben auf die Instruktionen unterschiedlich reagiert. Dies wird bei den hypothenüberprüfenden Analysen im Einzelnen dargestellt (vgl. 3.3.2, Hypothese 3). Die Werte der Schülerinnen und Schüler im jeweils letzten ausgefüllten Fragebogen (MZ_{end}) zeigt die Tabelle 37.

Tabelle 37: Mittelwerte und Standardabweichungen des Motivationalen Zustands im letzten ausgefüllten Fragebogen in der Hauptstudie, nach Geschlecht und Instruktion getrennt dargestellt (N = 60)

	MZ _{end} ♀	MZ _{end} ♂
Stereotypgruppe (n = 20)	5.89 (0.62)	4.46 (1.18)
Kontrollgruppe (n = 17)	4.26 (0.95)	5.02 (0.66)
Interessengruppe (n = 23)	4.75 (0.91)	5.15 (0.66)

Die Korrelationen von MZ zu den verschiedenen Messzeitpunkten mit den Leistungsvariablen sind aus Tabelle 38 zu ersehen. Bei dieser Studie ist der Zusammenhang zwischen der Motivation während des Lernens und der Leistung klar ausgeprägt, was in der Pilotstudie nur nach Abschnitt 1 und 2 der Fall war. Hier in der Hauptstudie gab es einen klaren Zusammenhang mit der Leistung und dem motivationalen Zustand nach jedem Abschnitt bzw. nach dem jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen.

Tabelle 38: Korrelationen zwischen Motivationalem Zustand während des Lernens und den Leistungen in den Lernfragebögen in der Hauptstudie (N = 60)

	Vorwissen	Leistung	Leistung 4 Items	Leistungszuwachs
MZ 1	.26*	.31*	.28*	.07
MZ 2	.20	.39**	.32*	.17
MZ 3 (n = 59)	.31*	.39**	.39**	.15
MZ 4 (n = 40)	.27	.43**	.43**	.24
MZ 5 (n = 13)	.52	.49	.58*	-.02
MZend	.29*	.42**	.41**	.19

Anmerkungen:

MZ 1 ist der Motivationale Zustand nach dem Ausfüllen des gekürzten FAM nach dem 1. Abschnitt, MZ 2 der MZ nach dem 2. Abschnitt etc.

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Flow während des Lernens

Auch das Flow-Erleben sollte einen mediierenden Effekt ausüben. Tabelle 39 gibt einen Überblick über die Flowwerte nach jedem Abschnitt sowie das Flow-Erleben nach dem jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen (FLOWend). Auch das Flow-Erleben bleibt intraindividuell stabil. Die Korrelationen zwischen den einzelnen Messzeitpunkten ist mit Werten von $r = .66$ bis $.98$ durchgängig hoch signifikant.

Tabelle 39: Mittelwerte und Standardabweichungen des Flows beim Lernen nach jedem Abschnitt in der Hauptstudie (N = 60)

Flow	T1(n = 60)	T2(n = 60)	T3(n = 59)	T4(n = 40)	T5(n = 13)	End(n=60)
Gesamt	4.59 (1.01)	4.74 (1.06)	4.69 (1.29)	4.55 (1.28)	4.05(1.52)	4.55 (1.26)
Weiblich	4.52 (1.25)	4.72 (1.25)	4.68 (1.55)	4.12 (1.55)	2.94(1.50)	4.47 (1.51)
Männlich	4.66 (0.72)	4.77 (0.85)	4.70 (0.97)	4.90 (0.90)	4.74(1.12)	4.62 (0.98)
Stereotyp- Gruppe	4.78 (1.00) n = 20	4.99 (1.05) n = 20	4.87 (1.30) n = 20	4.99 (1.11) n = 10	2.70 n = 1	4.86 (1.27) n = 20
Kontroll- Gruppe	4.42 (0.77) n = 17	4.46 (0.91) n = 17	4.28 (1.45) n = 16	3.82 (1.40) n = 12	2.40(1.13) n = 2	3.93 (1.27) n = 17
Interesse- Gruppe	4.56 (1.19) n = 23	4.73 (1.16) n = 23	4.82 (1.14) n = 23	4.78 (1.14) n = 18	4.51(1.37) n = 10	4.73 (1.13) n = 23

Anmerkungen:

T1 = Wert im FKS nach dem 1. Abschnitt, T2 = nach dem 2. Abschnitt etc.

Auch hier ist zunächst einmal festzustellen, dass alle Versuchspersonen hohes Flow-Erleben während des Lernens berichten. Wie beim Motivationalen Zustand ist auch dieser Wert gegenüber der Pilotstudie höher. Dort betrug der Mittelwert nach dem ersten Abschnitt FLOW 1 = 3.85 und bei FLOWend = 4.07. Auch hier wie in der Pilotstudie sind nach den Abschnitten 1 bis 4 und bei FLOWend keine signifikanten Geschlechtsunterschiede in der Gesamtgruppe zu verzeichnen, beispielsweise bei FLOWend beträgt $t(58) = .46, p = .65$.

Da die Maße für das Flow-Erleben zu den verschiedenen Messzeitpunkten hochkorreliert sind, werde ich mich aus Gründen der Übersichtlichkeit bei der Hypothesentestung auf FLOWend beschränken. Deshalb will ich an dieser Stelle einige Einzelergebnisse zum Flow-Erleben zu anderen Messzeitpunkten aufführen. Der Flow ist bei den Probanden der Stereotypgruppe nach Abschnitt 4 und beim jeweils zuletzt ausgefüllten Fragebogen höher als bei denen der Kontrollgruppe, $t(20) = 2.14, p < .05$ und $t(35) = 2.22, p < .05$. Auch die Werte der Interessengruppe sind nach Abschnitt 4 und beim zuletzt ausgefüllten Fragebogen signifikant höher, $t(28) = 2.08, p < .05$ und $t(38) = 2.09, p < .05$. Das bedeutet, dass die beiden Experimentalgruppen zu diesen Zeitpunkten ein höheres Flow-Erleben haben als die Kontrollgruppe. Die Werte der beiden Experimentalgruppen unterscheiden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander. Es gab auch bei dieser Variable keine Haupteffekte, sondern einen Interaktionseffekt von Geschlecht und Instruktion, $F(2, 54) = 8.85, p < .001$. Das heißt, Schülerinnen und Schüler haben auf die Instruktionen mit unterschiedlichem Flow-Erleben beim Bearbeiten des Lernprogramms reagiert. Das Flow-Erleben im letzten ausgefüllten Fragebogen zeigt Tabelle 40.

Tabelle 40: Mittelwerte und Standardabweichungen des Flow-Erlebens im letzten ausgefüllten Fragebogen in der Hauptstudie, nach Geschlecht und Instruktion getrennt dargestellt ($N = 60$)

	FLOWend ♀	FLOWend ♂
Stereotypgruppe ($n = 20$)	5.54 (1.00)	4.03 (1.09)
Kontrollgruppe ($n = 17$)	3.31 (1.31)	4.63 (0.82)
Interessengruppe ($n = 23$)	4.43 (1.38)	5.02 (0.84)

Flow und Leistung

Tabelle 41 zeigt die Korrelationen zwischen dem Flow-Erleben und den verschiedenen Leistungsindikatoren der Probanden. Hier zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang von Flow mit dem Vorwissen und der Leistung. FLOWend korreliert mit der Leistung mit $.52^{**}$, das heißt, wer beim Ausfüllen des letzten Fragebogens höheres Flow-Erleben aufweist, zeigt auch eine bessere Leistung.

Tabelle 41: Korrelationen zwischen Flow-Erleben während des Lernens und den Leistungen in den Lernfragebögen in der Hauptstudie (N = 60)

	Vorwissen	Leistung	Leistung 4 Items	Leistungszuwachs
FLOW 1	.30*	.37**	.27*	.03
FLOW 2	.33*	.56**	.48**	.23
FLOW 3 (n = 59)	.33*	.43**	.40**	.15
FLOW 4 (n = 40)	.37*	.53**	.50**	.22
FLOW 5 (n = 13)	.46	.56*	.69**	.21
FLOWend	.40**	.52**	.53**	.22

Anmerkungen

FLOW 1 ist das Flow-Erleben Zustand nach dem Ausfüllen des FKS nach dem 1. Abschnitt, FLOW 2 der Flow nach dem 2. Abschnitt etc.

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Interkorrelationen zwischen den Mediatoren

Zwischen den beiden Mediatorvariablen ‚Motivationaler Zustand während des Lernens‘ und ‚Flow-Erleben während des Lernens‘ besteht ein Zusammenhang, zwischen MZ1 und FLOW 1 mit $r = .51^{**}$ bis hin zu Korrelationen von MZend und FLOWend $r = .73^{**}$. Wer hohen Flow beim Lernen erlebte, war auch bis zum Ende gut motiviert.

Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Motivation während des Lernens nach allen Abschnitten und den Variablen, die mit der Benutzung von Animationen zu tun haben. So war zum Beispiel MZend korreliert mit der

- Zeit bis zum Finden der Animationen mit $r = -.27^*$
- Länge der Animationsnutzung mit $r = .34^{**}$
- Qualität der Nutzung einer Animation mit $r = .35^{**}$.

Der Motivationale Zustand beim Ausfüllen des letzten Fragebogens war dagegen weder korreliert mit der Anzahl der bearbeiteten Abschnitte, noch mit der Zeit, die in einem Abschnitt verbracht wurde, noch mit der Anzahl der benutzten Animationen und, anders als in der Pilotstudie, auch nicht mit den Mausklicks.

Der Flow während des Lernens war weitgehend zu allen Messzeitpunkten korreliert mit

- Zeit bis zum Finden der Animationen (zum Beispiel bei FLOWend $r = .36^{**}$)
- Anzahl der benutzten Animationen (FLOWend $r = .33^*$)
- Länge der Animationsnutzung (FLOWend mit $r = .30^*$)
- Qualität der Animationsnutzung (FLOWend $r = .46^{**}$).

Wie MZ korrelierte Flow durchgängig nicht mit der Anzahl der bearbeiteten Abschnitte, den Mausklicks oder den Abschnittszeiten. Der Motivationale Zustand und das Flowerleben korrelierten also nur mit dem in der Faktorenanalyse gefundenen Faktor 1 der „sinnvollen Aktivität“ und nicht mit der Schnelligkeit, mit der ein Abschnitt durchgearbeitet wurde. Man kann zusammenfassend sagen, dass eine hohe Motivation während des Lernens und ein hohes Flow-Erleben während der Programmbearbeitung mit einer guten und ausgiebigen Animationsnutzung einher gegangen sind.

Eingangsmotivation

In Tabelle 42 ist die deskriptive Statistik der Eingangsmotivation in einer Gesamtübersicht abzulesen. Die Werte sind dort nach Geschlecht und Instruktionen getrennt aufgeführt, weiterhin sind die Ergebnisse der Pilotstudie zum Vergleich enthalten. Vorrangig interessierten in dieser Studie die beiden Faktoren, die durch die Instruktion verändert werden sollten. Das Interesse unterscheidet sich in allen Gruppen nicht, es gab keine Haupteffekte und auch die Interaktion von Geschlecht und Instruktion verfehlt die Signifikanz, $F(2, 54) = 2.63, p = .081$. Die Erfolgswahrscheinlichkeit ist am höchsten in der Stereotypgruppe, der Unterschied zu der Kontrollgruppe wird signifikant, $t(35) = 2.16, p < .05$. Dieser Effekt lässt sich durch die hohen Werte der Schülerinnen in der Stereotypgruppe erklären. Sie unterscheiden sich von den Werten der Schülerinnen in der Kontrollgruppe, $t(18) = 2.13, p < .05$ und gegenüber denen der Schülerinnen der Interessegruppe, $t(19) = 2.55, p < .05$. Beim Faktor Erfolgswahrscheinlichkeit gab es eine Interaktion von Geschlecht und Instruktion, $F(2, 54) = 3.75, p = .030$. Auf die Unterschiede in den verschiedenen Gruppen bezüglich der Herausforderung und der Misserfolgsbefürchtung sowie die im Einzelnen gefundenen

Unterschiede zwischen den Gruppen bei den beiden erstgenannten Faktoren wird in der Hypothesentestung (3.3.2) eingegangen.

Tabelle 40: Gesamtübersicht der Eingangsmotivation (M, SD) in Pilotstudie und Hauptstudie, nach Geschlecht und Instruktion getrennt dargestellt

Stichprobe	FAM-Herausforderung	FAM-Interesse	FAM-Erfolgswahrscheinlichkeit	FAM-Misserfolgsbefürchtung
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Gesamt Hauptstudie	5.05 (0.87)	4.07 (1.00)	4.15 (1.55)	2.73 (1.30)
Weiblich Hauptstudie	5.22 (0.93)	4.13 (0.88)	4.21 (1.69)	2.85 (1.39)
Männlich Hauptstudie	4.88 (0.78)	4.00 (1.09)	4.10 (1.44)	2.61 (1.23)
Weiblich Pilotstudie	4.90 (1.02)	2.75 (0.85)	2.20 (1.10)	2.96 (1.35)
Männlich Pilotstudie	4.64 (1.12)	3.80 (0.97)	4.31 (1.22)	2.74 (1.08)
Gesamt/ Stereotypgr.	5.06 (0.85)	4.05 (1.10)	4.63 (1.59)	2.92 (1.08)
Gesamt/ Kontrollgr.	4.90 (1.06)	4.05 (0.80)	3.51 (1.51)	2.35 (1.15)
Gesamt/ Interessegr.	5.14 (0.75)	4.10 (1.05)	4.22 (1.45)	2.85 (1.56)
Weiblich/ Stereotypgr.	5.41 (0.71)	4.44 (0.82)	5.20 (1.43)	2.76 (1.03)
Weiblich/ Kontrollgr.	4.64 (1.21)	4.13 (0.86)	3.69 (1.74)	2.11 (1.05)
Weiblich/ Interessegr.	5.53 (0.65)	3.80 (0.92)	3.58 (1.50)	3.62 (1.68)
Männlich/ Stereotypgr.	4.64 (0.86)	3.58 (1.25)	3.92 (1.57)	3.11 (1.17)
Männlich/ Kontrollgr.	5.19 (0.83)	3.95 (0.78)	3.31 (1.28)	2.63 (1.26)
Männlich/ Interessegr.	4.85 (0.70)	4.32 (1.11)	4.71 (1.25)	2.26 (1.22)

Eingangsmotivation und Mediatoren

Tabelle 43 zeigt die in der Hauptstudie gefundenen Zusammenhänge der Eingangsmotivation mit den Mediatoren, wie er in Hypothese 1 der Pilotstudie vorausgesagt und bestätigt wurde. Auch wenn durch die Manipulationen eine Veränderung der Eingangsmotivation intendiert war, müssten die Zusammenhänge zwischen Eingangsmotivation und Mediatoren modellgemäß dennoch bestehen bleiben. Zwischen der Eingangsmotivation und dem motivationalen Zustand sowie dem Flow-Erleben bestanden diesmal hohe Zusammenhänge. Wer sich herausgefordert fühlte, Interesse hatte und einen Erfolg für wahrscheinlich hielt, erlebte eine höhere Motivation und ein höheres Flow-Erleben während des Lernens. Wer einen Misserfolg befürchtete, war weniger motiviert beim Lernen, auf das Flow-Erleben zeigte sich an dieser Stelle kein Einfluss. Ängstlichkeit und Flow schlossen sich nicht aus beim Lernen.

Es fand sich nur noch eine positive signifikante Korrelation zwischen der Eingangsmotivation und den Strategievariablen, nämlich zwischen dem Interesse und der

Erfolgswahrscheinlichkeit und der „Güte der Animationsnutzung“. Wer interessierter war und einen Erfolg für wahrscheinlicher hielt, benutzte auch mehr Animationen sinnvoll und ausgiebig. Zwischen der Variablen Mausclicks und der Erfolgswahrscheinlichkeit besteht ein negativer Zusammenhang. Wer einen Erfolg für wahrscheinlicher hielt, benutzte weniger Mausclicks. Furcht vor Misserfolg hingegen hing mit häufigem Klicken der Maus zusammen.

Tabelle 43: Korrelationen zwischen der Eingangsmotivation und den Mediatoren in der Hauptstudie (N = 60)

	Herausforderung	Interesse	Erfolgswahr- scheinlichkeit	Misserfolgs- befürchtung
Anzahl b. Abschn. ^a	-.11	-.15	.02	-.08
Mausclicks (n= 54)	.10	.04	-.31*	.31*
Zeit/ Einleitung	.15	-.09	.05	.07
Zeit/ Abschnitt 2	.05	-.13	-.07	.14
Zeit/ Finden d. A. ^b	-.14	-.16	-.11	-.18
Anzahl b. Animat. ^c	.07	.12	.15	.17
Länge/A.nutzung ^d	.13	.18	.10	.14
Güte/ A.nutzung ^e	.10	.26*	.33*	.16
MZend	.34**	.33*	.55**	-.40**
FLOWend	.30*	.32*	.52**	-.03

Anmerkungen:

^a = Anzahl der bearbeiteten Abschnitte

^b = Zeit zum Finden der Animationen in Sekunden

^c = Anzahl benutzer Animationen pro Proband

^d = Länge/A.nutzung sagt aus, wie lange ein Proband alle Animationen insgesamt benutzt hat

^e = Güte/ A.-nutzung bedeutet die Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen eines Probanden

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

Eingangsmotivation und Leistung

Tabelle 44 zeigt die Zusammenhänge zwischen den Faktoren der Eingangsmotivation mit Leistung und Vorwissen. Zwischen der Eingangsmotivation und der Leistung bestehen folgende Zusammenhänge: In der Gesamtgruppe gibt es wie in der Pilotstudie einen Zusammenhang zwischen dem Interesse und der Leistung sowie der Erfolgswahrscheinlichkeit und der Leistung. Betrachtet man die Geschlechter getrennt, ergibt sich möglicherweise wegen der kleinen Stichprobe kein signifikanter Zusammenhang mehr.

Bei Schülerinnen gibt es jedoch zwischen dem Interesse und dem Vorwissen einen klaren Zusammenhang von $r = .38^*$. Nimmt man nur die Werte der Schülerinnen unter der Interesseinstruktion, steigt der Zusammenhang sogar auf $r = .79^{**}$ (nicht in Tabelle aufgeführt). Betrachtet man die Gruppen nach den Instruktionen getrennt, fällt auf, dass in der Interessengruppe sowohl das Interesse als auch die Erfolgswahrscheinlichkeit positiv mit der Leistung korreliert, die Korrelation mit dem Vorwissen wird jeweils knapp nicht signifikant.

Tabelle 44: Korrelationen zwischen der Eingangsmotivation und den Leistungsvariablen in der Hauptstudie, nach Instruktion und Geschlecht getrennt aufgeführt ($N = 60$)

	Herausforderung	Interesse	Erfolgswahr- scheinlichkeit	Misserfolgs- befürchtung
VORWISSEN				
Gesamt ($N = 60$)	.05	.19	.17	.08
♀ ($n = 30$)	.15	.38*	.22	.14
♂ ($n = 30$)	.03	.05	.12	.06
Stereotypgruppe ($n = 20$)	.22	-.05	-.13	.14
Kontrollgruppe ($n = 17$)	.20	.11	.10	.46, $p = .06$
Interessegruppe ($n = 23$)	-.25	.38., $p = .08$.39, $p = .07$	-.15
LEISTUNG				
Gesamtgruppe	.12	.26*	.27*	.09
♀	.11	.22	.28	.21
♂	.15	.30	.26	-.08
Stereotypgruppe ($n = 20$)	.21	-.01	.06	-.07
Kontrollgruppe ($n = 17$)	.17	-.08	.04	.26
Interessegruppe ($n = 23$)	-.03	.54**	.45*	.02

Anmerkungen:

** = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

* = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

3.3.2 Hypothesenüberprüfende Analysen

Nachdem die Daten in den vorbereitenden Analysen hinsichtlich ihrer Qualität geprüft wurden, lassen sich nun die aufgestellten Hypothesen überprüfen. Ich werde bei jeder

Hypothese zunächst die Ergebnisse der drei Unterhypothesen beschreiben und die gesamte Hypothese am Ende bestätigen oder verwerfen.

Erste Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf die Eingangsmotivation

Tabelle 45 zeigt als Gesamtübersicht einen Vergleich aller Faktoren der Eingangsmotivation unter allen drei Versuchsbedingungen und die dabei aufgetretenen Geschlechtsunterschiede. In den Unterhypothesen werden die Daten der Probanden nach Instruktionen getrennt verglichen und bewertet und dabei auch die Effektstärken interpretiert. Ich habe t- Tests und Effektstärken in allen Tabellen nur mit positivem Vorzeichen dargestellt, die Interpretation erfolgt dann im Text.

Tabelle 45: Mittelwertevergleich und Effektstärken bei der Eingangsmotivation, nach Instruktionen und Geschlecht aufgeteilt (N = 60)

	♀	♂	t-Test	Effektstärke
Stereotypgruppe				
FAM-H	5.41 (0.71)	4.64 (0.86)	$t(18) = 2.20, p < .05$	0.98
FAM-I	4.44 (0.82)	3.58 (1.25)	$t(18) = 1.84, p = .08$	0.81
FAM-E	5.20 (1.43)	3.92 (1.57)	$t(18) = 1.92, p = .07$	0.85
FAM-M	2.76 (1.03)	3.11 (1.17)	$t(18) = .71, p = .49$	0.32
Kontrollgruppe				
FAM-H	4.64 (1.21)	5.19 (0.83)	$t(15) = 1.07, p = .30$	0.53
FAM-I	4.13 (0.86)	3.95 (0.76)	$t(15) = .46, p = .65$	0.22
FAM-E	3.69 (1.74)	3.31 (1.28)	$t(15) = .51, p = .62$	0.25
FAM-M	2.11 (1.05)	2.63 (1.26)	$t(15) = .92, p = .38$	0.44
Interessegruppe				
FAM-H	5.53 (0.65)	4.85 (0.70)	$t(21) = 2.38, p < .05$	1.01
FAM-I	3.80 (0.92)	4.32 (1.11)	$t(21) = 1.20, p = .24$	0.51
FAM-E	3.58 (1.50)	4.71 (1.25)	$t(21) = 1.98, p = .06$	0.82
FAM-M	3.62 (1.68)	2.26 (1.22)	$t(21) = 2.25, p < .05$	0.93

Anmerkungen:

FAM-H = Skala Herausforderung im FAM, FAM-I = Skala Interesse im FAM, FAM-E = Skala Erfolgswahrscheinlichkeit im FAM, FAM-M = Skala Misserfolgsbefürchtung im FAM.

1.1 Die Instruktion „Geschlechtsrollenstereotype“ steigert die Erfolgswahrscheinlichkeit der Schülerinnen, nicht jedoch die der Schüler, gegenüber Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Tabelle 46 zeigt die Faktoren der Eingangsmotivation bei Schülerinnen beider Gruppen noch einmal im Vergleich. Bei Schülerinnen der Stereotypgruppe wurde erwartungsgemäß die Erfolgswahrscheinlichkeit signifikant erhöht, die Effektstärke beträgt hierbei $d = 0.95$. Andere signifikante Veränderungen in der Eingangsmotivation gab es bei den Schülerinnen unter diesen beiden Instruktionen nicht.

Tabelle 46: Eingangsmotivation bei Schülerinnen der Stereotypgruppe und der Kontrollgruppe (M , SD), $n = 20$

	Stereotypgruppe ♀ ($n = 11$)	Kontrollgruppe ♀ ($n = 9$)	t-Test	Effekt- stärke
FAM-H	5.41 (0.71)	4.64 (1.21)	$t(18) = 1.77, p = .09$	0.78
FAM-I	4.05 (1.10)	4.05 (0.80)	$t(18) = .80, p = .43$	0.37
FAM-E	5.20 (1.43)	3.69 (1.74)	$t(18) = 2.13, p < .05$	0.95
FAM-M	2.76 (1.03)	2.11 (1.05)	$t(18) = 1.39, p = .18$	0.62

Anmerkungen:

FAM-H = Skala Herausforderung im FAM, FAM-I = Skala Interesse im FAM, FAM-E = Skala Erfolgswahrscheinlichkeit im FAM, FAM-M = Skala Misserfolgsbefürchtung im FAM.

Es gibt in der Eingangsmotivation bei Schülern der Stereotypgruppe gegenüber Schülern der Kontrollgruppe erwartungsgemäß keine signifikanten Unterschiede, $p^s > .05$. Innerhalb der Stereotypgruppe gab es keine signifikanten Geschlechtsunterschiede (vgl. Tabelle 45) mit Ausnahme der Herausforderung, hier fühlen sich die Schülerinnen herausgeforderter als die Schüler ($M = 4.64, SD = 0.86$), $t(18) = 2.20, p < .05$. Dieses Ergebnis ist aufgrund der schlechten Reliabilität der Skala Herausforderung in der Hauptstudie nur mit Vorsicht zu interpretieren.

1.2 Die Instruktion „Interesse“ erhöht bei Schülerinnen und Schülern der Interessegruppe das Interesse gegenüber den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe.

Das Interesse der Probanden der Interessegruppe ($M = 4.10, SD = 1.05$, vgl. Tabelle 40) gegenüber den Probanden der Kontrollgruppe ($M = 4.05, SD = 0.80$) war entgegen der

Hypothese nicht erhöht, $t(38) = .16, p = .87$. Die Effektstärke beträgt hierbei $d = 0.05$. In der Interessegruppe war hypothesengemäß zu erwarten, dass sich das Interesse bei Schülerinnen und Schülern jeweils erhöht, es damit weiterhin Geschlechtsunterschiede beim Interesse geben würde. Dies war nach Tabelle 25 ebenfalls nicht der Fall. Ausgerechnet das Interesse von Schülerinnen und Schülern der Interessegruppe unterschied sich nicht signifikant. Beim Faktor „Interesse“ gab es beim Vergleich der Interessegruppe und der Kontrollgruppe weder einen Haupteffekt noch eine Interaktion von Instruktion und Geschlecht, siehe vorbereitende Analysen. Auch bei den anderen drei Faktoren der Eingangsmotivation gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Interessegruppe und der Kontrollgruppe, $p^s > .05$. Um die dennoch aufgetretenen Effekte feiner herausarbeiten zu können, betrachtete ich alle Faktoren der Eingangsmotivation von Schülerinnen und Schülern der Interessegruppe im Vergleich mit demselben Geschlecht in der Kontrollgruppe. Tabelle 47 zeigt die Eingangsmotivation beider Gruppen nach Geschlecht getrennt. Auch hier ist zu beachten, dass die Effekte immer in dieselbe Richtung gehen. Das wird anschließend im Text erläutert.

Tabelle 47: Eingangsmotivation (M, SD) bei Schülerinnen und Schülern der Interessegruppe und der Kontrollgruppe ($n = 40$)

	Interessegruppe ($n = 23$)	Kontrollgruppe ($n = 17$)	t-Test	Effektstärke
FAM-H ♀	5.53 (0.65)	4.64 (1.21)	$t(17) = 2.02, p = .06$	0.92
FAM-I ♀	3.80 (0.92)	4.05 (0.80)	$t(17) = .81, p = .43$	0.29
FAM-E ♀	3.58 (1.50)	3.69 (1.74)	$t(17) = .16, p = .88$	0.07
FAM-M ♀	3.62 (1.68)	2.11 (1.05)	$t(17) = 2.31, p < .05$	1.08
FAM-H ♂	4.85 (0.70)	5.19 (0.83)	$t(19) = 1.01, p = .32$	0.44
FAM-I ♂	4.32 (1.11)	3.95 (0.78)	$t(19) = .83, p = .42$	0.39
FAM-E ♂	4.71 (1.25)	3.31 (1.28)	$t(19) = 2.48, p < .05$	1.11
FAM-M ♂	2.26 (1.22)	2.63 (1.26)	$t(19) = 0.66, p = .52$	0.30

Anmerkungen:

FAM-H = Skala Herausforderung im FAM, FAM-I = Skala Interesse im FAM, FAM-E = Skala Erfolgswahrscheinlichkeit im FAM, FAM-M = Skala Misserfolgsbefürchtung im FAM.

Bei Schülerinnen der Interessegruppe ist das Interesse im Vergleich zu Schülerinnen der Kontrollgruppe nicht höher, stattdessen jedoch die Misserfolgsbefürchtung. Das entspricht nicht der Hypothese. Auch bei Schülern der Interessegruppe zeigte sich nur ein geringfügig gesteigertes Interesse bei der Eingangsmotivation gegenüber den Schülern der

Kontrollgruppe, wohl aber hatten sie eine signifikant höhere Erfolgswahrscheinlichkeit (s. auch Tabellen 40 und 45). Auch das ist nicht hypothesenkonform.

In der Interessegruppe zeigten sich Geschlechtsunterschiede bei drei Faktoren der Eingangsmotivation (vgl. Tabelle 43). Schülerinnen sind herausgeforderter ($d = 1.01$), halten einen Erfolg für weniger wahrscheinlich ($d = .82$) und sind ängstlicher als die Schüler ($d = 0.93$). In der Interessegruppe haben Schülerinnen und Schüler unterschiedlich auf die Instruktion reagiert. Dieser Effekt wurde statistisch abgesichert. Beim Faktor Herausforderung gab es keine Haupteffekte, sondern eine Interaktion zwischen Geschlecht und Instruktion, $F(1, 36) = 5.01, p = .032$. Das Gleiche trifft bei der Misserfolgsbefürchtung zu, $F(1, 36) = 4.83, p = .034$. Bei der Erfolgswahrscheinlichkeit wird die Interaktion nicht signifikant, $F(1, 36) = 2.68, p = .11$.

1.3 In der Kontrollgruppe wird ein Geschlechtsunterschied bei den Faktoren „Interesse“ und „Erfolgswahrscheinlichkeit“ zu Lasten der Schülerinnen bei der Eingangsmotivation erwartet.

Es gibt in der Kontrollgruppe bei keinem Faktor der Eingangsmotivation einen Geschlechtsunterschied, vgl. Tabelle 48 (auch hier weist das Vorzeichen der Effektstärke nicht auf die Richtung des Effekts hin). Damit konnte auch diese Hypothese zur Eingangsmotivation nicht bestätigt werden.

Tabelle 48: Vergleich der Eingangsmotivation von Schülerinnen und Schülern Kontrollgruppe ($n = 17$)

	Kontrollgruppe ♀ ($n = 9$)	Kontrollgruppe ♂ ($n = 8$)	t-Test	Effektstärke
FAM-H	4.64 (1.21)	5.19 (0.83)	$t(15) = 1.07, p = .30$	0.53
FAM-I	4.05 (0.80)	3.95 (0.78)	$t(15) = .46, p = .65$	0.22
FAM-E	3.69 (1.74)	3.31 (1.28)	$t(15) = .51, p = .62$	0.25
FAM-M	2.11 (1.05)	2.63 (1.26)	$t(15) = .92, p = .38$	0.44

Anmerkungen:

FAM-H = Skala Herausforderung im FAM, FAM-I = Skala Interesse im FAM, FAM-E = Skala Erfolgswahrscheinlichkeit im FAM, FAM-M = Skala Misserfolgsbefürchtung im FAM.

1. *Bei den Experimentalgruppen wird durch die Instruktion die Eingangsmotivation verändert.*

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es in der Kontrollgruppe keine Geschlechtsunterschiede in der Eingangsmotivation gab, das entspricht nicht den Erwartungen, da in der Pilotstudie Unterschiede beobachtet wurden. *Durch die Instruktion „Geschlechtsrollenstereotype“* konnte bei den Schülerinnen erwartungsgemäß die Erfolgswahrscheinlichkeit gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe gesteigert werden. In der Stereotypgruppe gab es erwartungsgemäß keinen Geschlechtsunterschied in der Erfolgswahrscheinlichkeit zwischen Schülerinnen und Schülern. Die Schüler der Stereotypgruppe unterschieden sich erwartungsgemäß nicht von den Schülern der Kontrollgruppe.

In der *Interessegruppe* konnte weder bei Schülerinnen noch bei Schülern das Interesse für das Thema Drehmomente im Vergleich zu Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe gesteigert werden, das entspricht nicht der Hypothese. Hier gab es interaktive Effekte. Bei Schülerinnen der Interessegruppe ist die Misserfolgsbefürchtung im Vergleich zu den Schülerinnen der Kontrollgruppe gestiegen. Bei Schülern der Interessegruppe ist die Erfolgswahrscheinlichkeit gegenüber Schülern der Kontrollgruppe erhöht. Die Schüler der Interessegruppe sind insgesamt günstiger motiviert als die Schülerinnen der Interessegruppe.

Damit ist nur Hypothese 1.1. angenommen worden. Durch die Instruktion „Gegen Geschlechtsrollenstereotype anarbeiten“ konnte die Erfolgswahrscheinlichkeit der Schülerinnen gesteigert werden, bei den Schülern blieb sie gleich. Die Unterthesen 1.2 und 1.3. müssen verworfen werden.

Zweite Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf das Vorwissen

- 2.1 *In der Stereotypgruppe wird erwartet, dass sich das Vorwissen der Schülerinnen dem der Schüler annähert und damit höher ist als das der Schülerinnen der Kontrollgruppe.*

Es gibt erwartungsgemäß keinen Geschlechtsunterschied mehr beim Vorwissen innerhalb der Stereotypgruppe. Schüler erreichten hier im Vorwissenstest einen Mittelwert von $M = 6.33$ ($SD = 3.64$), Schülerinnen $M = 7.82$ ($SD = 2.89$), der Unterschied ist nicht signifikant, $t(18) = 1.02$, $p = .32$. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 21 nachzulesen.

Die Gruppe der Schülerinnen der Stereotypgruppe schnitt erwartungsgemäß signifikant besser ab im Vorwissenstest als die Schülerinnen der Kontrollgruppe (s. Tabelle 49). Die Effektstärke beträgt hierbei 1.59 und ist damit sehr hoch. Die Schüler der Stereotypgruppe unterschieden sich nicht signifikant von den Schülern der Kontrollgruppe. Allerdings beträgt die Effektstärke für den Vergleich $d = 0.94$ in dem Sinne, dass das Vorwissen der Kontrollgruppenschüler höher war. Entgegen der Hypothese, dass Schüler der Stereotypgruppe nicht von der Instruktion beeinflusst werden, zeigt sich im Gegenteil eine Verschlechterung der männlichen Probanden der Stereotypgruppe.

Tabelle 49: Vergleich des Vorwissens (M , SD) von Schülerinnen und Schülern der Stereotypgruppe und Kontrollgruppe ($n = 37$)

	Stereotypgruppe ($n = 20$)	Kontrollgruppe ($n = 17$)	t-Test	Effektstärke
Vorwissen ♀	7.82 (2.89)	3.89 (1.97)	$t(18) = 3.47, p < .01$	1.59
Vorwissen ♂	6.33 (3.64)	9.63 (3.34)	$t(15) = 1.94, p = .072$	0.94

2.2 *In der Interessegruppe wird erwartet, dass das Vorwissen von Schülerinnen und Schülern gegenüber dem Vorwissen des jeweils gleichen Geschlechts in der Kontrollgruppe erhöht ist.*

Tabelle 50 zeigt das Vorwissen beider Gruppen nach Geschlecht getrennt. Zwischen dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler der Interessegruppe ist anders als erwartet mit $t(21) = .42, p = .68$ kein Unterschied. Wie aus Tabelle 50 zu ersehen ist, ist das Vorwissen bei Schülerinnen der Interessegruppe erwartungsgemäß signifikant höher als bei Schülerinnen der Kontrollgruppe. Die Leistungen der Schüler beider Gruppen unterscheiden sich nicht, auch die Effektstärke ist niedrig. Die Interesseinstruktion hat also nur bei den Schülerinnen mehr Vorwissen aktiviert, bei den Schülern der Interessegruppe ist es gleich dem der Schüler der Kontrollgruppe. Hier wurde nur der Haupteffekt „Geschlecht“ signifikant, $F(1, 36) = 6.55, p = .015$ signifikant. Der Haupteffekt Instruktion oder ein Interaktionseffekt blieben unterhalb der Signifikanzgrenze. Der Unterschied zwischen den Werten der Gesamtgruppe der Interessegruppe ($M = 8.57, SD = 4.61$) gegenüber der Kontrollgruppe ($M = 6.59, SD = 3.94$, vgl. Tabelle 21) ist nicht signifikant, $t(38) = 1.42, p = .16$ mit einer mittleren Effektstärke, $d =$

0.46 gering. Das Vorwissen der Interessegruppe gegenüber der Kontrollgruppe ist damit insgesamt nicht erhöht worden, sondern nur das der Schülerinnen.

Tabelle 50: Vergleich des Vorwissens (M , SD) von Schülerinnen und Schülern der Interessegruppe und Kontrollgruppe ($n = 40$)

	Interessegruppe ($n = 23$)	Kontrollgruppe ($n = 17$)	t-Test	Effektstärke
Vorwissen ♀	8.10 (5.67)	3.89 (1.97)	$t(17) = 2.11, p = .05$	0.99
Vorwissen ♂	8.92 (3.82)	9.63 (3.34)	$t(19) = 0.43, p = .67$	0.20

2.3 *Bei der Kontrollgruppe werden Geschlechtsunterschiede beim Vorwissen zu Lasten der Schülerinnen erwartet.*

In der Kontrollgruppe war das Vorwissen der Schüler ($M = 9.63, SD = 3.34$) besser als das der Schülerinnen ($M = 3.89, SD = 1.97$), $t(15) = 4.38, p < .01$, dies ist hypothesenkonform. Die Effektstärke beträgt $d = 2.09$ und ist damit sehr hoch.

2. *Da der Einfluss von Vorwissen auf die Leistung nicht auszuschließen ist, wird es kontrolliert. Es wird erwartet, dass das Vorwissen mit der Leistung signifikant korreliert. Bei den Experimentalgruppen wird durch die Instruktion mehr Vorwissen aktiviert als bei der Kontrollgruppe.*

Das Vorwissen korrelierte erwartungsgemäß mit der Leistung mit $r = .51^{**}$ (vgl. Tabelle 22). Die Korrelation wird bei Schülern nicht signifikant mit $r = .31, p = .10$, während sie bei den Schülerinnen signifikant wird mit $r = .68^{**}$. Das bedeutet, dass Schülerinnen mit einem höheren Vorwissen auch bessere Leistungen erzielt haben, während die Leistung bei Schülern unabhängig von ihrem Vorwissen war.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in den Experimentalgruppen erwartungsgemäß bei Schülerinnen ein höheres Vorwissen gezeigt beziehungsweise aktiviert wurde. Erwartungskonträr glich das Vorwissen der Schüler unter der Interesseinstruktion dem von den Kontrollgruppenschülern: Schüler der Stereotypgruppe verschlechterten sich im Vorwissen sogar. In der Kontrollgruppe gab es wie erwartet einen signifikanten Unterschied

zu Gunsten der Schüler, bei den Experimentalgruppen nicht. Hypothese 1.1 und 1.3 sind damit bestätigt, Hypothese 1.2 nur in Bezug auf die Schülerinnen.

Dritte Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf die Mediatoren des Lernprozesses

Es gibt nach dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell drei Mediatoren. Bei den Strategievariablen wurde bereits in den vorbereitenden Analysen (3.3.1) gezeigt, welche Indikatoren gute Prädiktoren für die Leistung sind. Diese sollen vorrangig hier dargestellt werden. Andererseits zeigen aber bereits die Ergebnisse der ersten beiden Hypothesen, dass Schülerinnen und Schüler anders auf die Instruktion reagiert haben. Deswegen will ich auch bei Hypothese 3 nach den Geschlechtsunterschieden innerhalb der Experimentalgruppen bei den Strategien sehen. Ich werde aufgrund der Übersichtlichkeit die signifikanten Unterschiede in den Tabellen aufführen, nicht signifikante Unterschiede werden im Text nur erwähnt. Beim motivationalen Zustand und beim Flow-Erleben werde ich mich aufgrund der Übersichtlichkeit ebenfalls beschränken, und zwar, wie bei den vorbereitenden Analysen herausgearbeitet, auf den im letzten ausgefüllten Fragebogen jeweils angegebenen Wert eines Probanden (MZend und FLOWend).

3.1. Bei der Stereotypgruppe gleichen sich die Schülerinnen in allen Mediatorvariablen an die Werte der Schüler der Stereotypgruppe an und verbessern sich gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe. Von den Schülern der Stereotypgruppe wird keine Veränderung gegenüber Schülern der Kontrollgruppe erwartet.

Die Schülerinnen der Stereotypgruppe haben sich bei allen wichtigen, also die Leistung positiv beeinflussenden Strategievariablen wie die *Zeit zum Finden der Animationen* oder die *Länge der Animationsnutzung* an die Werte der Schüler in der Stereotypgruppe angeglichen, $p > .05$. Auch bei der Schnelligkeit, also bei der Zeit, die in einem Abschnitt verbracht wird gibt es keinen Unterschied. In der Stereotypgruppe gibt es nur noch einen Geschlechtsunterschied zugunsten der Schüler bei den eher unwichtigen (vgl. Regressionsanalyse in Abschnitt 3.3.1) Variablen Mausclicks, $t(17) = 2.24, p < .05$ und bei der Anzahl der benutzten Animationen, $t(18) = 2.12, p < .05$. Schüler in der Stereotypgruppe zeigten mehr, nämlich fast doppelt so viele Mausclicks und benutzen mehr Animationen. Bei Schülerinnen der Stereotypgruppe gibt es aber ein höheres Flow-Erleben, $t(18) = 3.20, p < .01$, und eine höhere Motivation während des Lernens $t(18) = 3.49, p < .01$, als bei den

Schülern der Stereotypgruppe zu verzeichnen war (Die Werte sind in den Tabellen 37 und 40 aufgeführt).

In Tabelle 51 sind die Variablen zusammengestellt, bei denen sich die Schülerinnen der Stereotypgruppe hypothesengemäß gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe verbessert haben. Die Schülerinnen der Stereotypgruppe haben länger für Abschnitt 3 gebraucht als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Sie haben Animationen sowohl qualitativ als auch quantitativ intensiver benutzt, der Unterschied wird knapp nicht signifikant, es sind aber hohe Effektstärken (s. Tabelle 51) zu verzeichnen. Flow und Motivation sind bei Schülerinnen der Stereotypgruppe signifikant höher. Es gibt keine Mediatorvariable, bei der nicht die Schülerinnen der Kontrollgruppe unterlegen wären. Die Schüler der Stereotypgruppe unterscheiden sich in keiner Mediatorvariable von den Schülern der Kontrollgruppe. Hypothese 3.1 kann in allen Teilen angenommen werden.

Tabelle 51: Mediatorenvariablen, bei denen sich Schülerinnen der Stereotypgruppe gegenüber Schülerinnen der Kontrollgruppe unterscheiden (M, SD), n = 20

	Stereotypgruppe ♀ (n = 11)	Kontrollgruppe ♀ (n = 9)	t-Test	Effekt- stärke
Zeit Abschnitt 3	332.73 (47,95)	274.67 (65.89)	$t(18) = 2.28, p < .05$	1.01
Länge/ A.nutzung ^a	210.00 (143.40)	94.22 (120.55)	$t(18) = 2.06, p = .070$	0.87
Güte/ A.-nutzung ^b	5.09 (3.42)	2.22 (2.64)	$t(18) = 2.06, p = .054$	0.94
FLOWend	5.54 (1.01)	3.31 (1.31)	$t(18) = 4.30, p < .01$	1.91
MZend	5.89 (0.62)	4.26 (0.95)	$t(18) = 4.63, p < .01$	2.03

Anmerkungen:

^a = Länge/ A.nutzung sagt aus, wie lange ein Proband alle Animationen insgesamt benutzt hat

^b = Güte/ A.-nutzung bedeutet die Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen eines Probanden.

3.2 Bei der Interessegruppe verbessern sich Schülerinnen und Schüler in allen Mediatorvariablen gegenüber Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe.

Es gab innerhalb der Interessegruppe erwartungsgemäß Geschlechtsunterschiede, allerdings vorwiegend bei der Schnelligkeit, wie aus Tabelle 52 ersichtlich. Schüler waren in dieser Gruppe schneller als Schülerinnen beim Lesen der Einführung und im Bearbeiten des zweiten Abschnitts. Sie haben mehr Abschnitte bearbeitet und mehr Animationen benutzt als die Schülerinnen. Es gibt aber keine Geschlechtsunterschiede mehr bei den Variablen, die

sich als gute Prädiktoren für die Leistung erwiesen haben wie *Zeit zum Finden der Animationen*, *Länge der Animationsnutzung* und *Güte der Animationsnutzung*. Die Anzahl der Mausklicks als Maß für die Aktivierung war bei Schülerinnen und Schülern gleich, $t(18) = .51, p = .62$. Auch beim Motivationalen Zustand während des Lernens und dem Flow beim Lernen gab es keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Die Geschlechtsunterschiede innerhalb der Interessegruppe sind in Tabelle 52 zusammengestellt.

Tabelle 52: Geschlechtsunterschiede in der Interessegruppe bezüglich der Strategieindikatoren ($n = 23$)

	Interessegruppe ♀ ($n = 10$)	Interessegruppe ♂ ($n = 13$)	t-Test	Effekt- stärke
Zeit für Einleitung	46.90 (21.14)	15.54 (12.57)	$t(21) = 4.44, p < .01$	1.80
Zeit Abschnitt 2	331.20 (96.54)	235.46 (41.50)	$t(21) = 3.33, p < .01$	1.29
Bearb. Abschnitte ^a	3.80 (0.92)	4.54 (0.52)	$t(21) = 2.45, p < .05$	0.99
Benutzte Animat. ^b	6.50 (3.81)	9.92 (2.96)	$t(21) = 2.43, p < .05$	1.00

Anmerkungen:

^a = Anzahl der bearbeiteten Abschnitte

^b = Anzahl der benutzten Animationen.

In Tabelle 53 finden sich diejenigen Mediatorvariablen, bei denen sich die Schüler der Interessegruppe von den Schülern der Kontrollgruppe unterscheiden. Man kann daraus ablesen, dass die Schüler in der Gruppe mit Interesseinstruktion schneller durch die Einführung und die Abschnitte 1 und 2 gingen. Sie haben mehr Abschnitte bearbeitet und auch mehr Animationen benutzt, aber diese insgesamt kürzer verwendet. Beide Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant bei allen anderen qualitativen Strategieindikatoren oder in der Motivation oder dem Flow während des Lernens. Die Instruktion hat sich hier auf einige Indikatoren der Strategien, die die Schnelligkeit des Bearbeitens betreffen, ausgewirkt. Wie die Regressionsanalyse der Strategieindikatoren (siehe Abschnitt 3.3.1, S. 151) zeigte, ist Schnelligkeit kein guter Prädiktor. Es hat also entsprechend der Hypothese zwar eine Veränderung durch die Instruktion gegeben, aber entgegen der Hypothese nur zu einer qualitativen Verbesserung bei den Schülern der Interessegruppe geführt, nämlich bei der Anzahl der benutzten Animationen mit einer Effektstärke von $d = 0.92$. Schüler der Kontrollgruppe haben andererseits die Animationen länger genutzt ($d = 0.80$), was ein guter Prädiktor für die Leistung war. Somit haben sich die männlichen Probanden unter der Interesseinstruktion nicht wie erwartet in den Strategien verbessert.

Tabelle 53: Vergleich der Schüler der Interessegruppe mit denen der Kontrollgruppe bezüglich der Strategieindikatoren ($n = 21$)

	Interessegruppe ♂ ($n = 13$)	Kontrollgruppe ♂ ($n = 8$)	t-Test	Effekt- stärke
Zeit für die Einleit.	15.54 (12.57)	42.88 (24.25)	$t(19) = 3.42, p < .01$	1.42
Zeit /Abschnitt 1	221.69 (43.96)	358.38 (94.11)	$t(19) = 4.54, p < .01$	1.86
Zeit /Abschnitt 2	235.46 (41.50)	303.75 (76.40)	$t(19) = 2.67, p < .01$	1.10
Bearb.Abschnitte ^a	4.54 (0.52)	3.50 (0.76)	$t(19) = 3.75, p < .01$	1.60
Benutzte Animat. ^b	9.92 (2.96)	7.88 (0.99)	$t(19) = 1.88, p = .076$	0.92
Länge/A.nutzung ^c	223.00 (79.99)	290.38 (87.52)	$t(19) = 1.81, p = .086$	0.80

Anmerkungen :

^a = Anzahl der bearbeiteten Abschnitte

^b = Anzahl der benutzten Animationen

^c = Länge /A.nutzung sagt aus, wie lange ein Proband alle Animationen insgesamt benutzt hat.

In Tabelle 54 sind die Werte der beiden einzigen Mediatorvariablen aufgeführt, in denen sich die Schülerinnen der Interessegruppe von denen der Kontrollgruppe unterscheiden. Die Schülerinnen der Interessegruppe haben Animationen länger und sinnvoller benutzt als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Die Unterschiede sind knapp nicht signifikant, erzielen aber gute Effektstärken. Die Schülerinnen haben im Gegensatz zu den Schülern nicht die Geschwindigkeit gesteigert, sondern die Strategien verbessert. Es gab bei den Schülerinnen keine Veränderung im Flow-Erleben oder in der Motivation während des Lernens.

Tabelle 54 Vergleich der Schülerinnen der Interessegruppe mit denen der Kontrollgruppe bezüglich der Strategieindikatoren ($n = 19$)

	Interessegruppe ♀ ($n = 10$)	Kontrollgruppe ♀ ($n = 9$)	t-Test	Effekt- stärke
Länge/A.nutz. ^a	212.00 (130.95)	94.22 (120.55)	$t(18) = 2.03, p = .058$	0.94
Güte/ A.nutz. ^b	4.70 (3.13)	2.22 (2.64)	$t(18) = 1.86, p = .081$	0.86

Anmerkungen:

^a = Länge/A.nutz. sagt aus, wie lange ein Proband alle Animationen insgesamt benutzt hat

^b = Güte/ A.-nutz. bedeutet die Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen eines Probanden.

Bezüglich der vier wichtigsten Strategievariablen und MZend sowie FLOWend habe ich die Effekte noch einmal für die *Gesamtgruppen* ($n = 40$) geprüft. Bei der Zeit zum Finden der Animationen, der Länge und Güte der Animationsnutzung sowie beim motivationalen

Zustand gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Interessegruppe und der Kontrollgruppe. Bei der Länge der Animationsnutzung beträgt die Effektstärke immerhin aber noch $d = .25$, bei der Güte der Animationsnutzung $d = 0.46$ jeweils zugunsten der Interesseinstruktion.

Bezüglich der Anzahl benutzter Animationen ist die Interessegruppe ($M = 8.43$, $SD = 3.70$) der Kontrollgruppe ($M = 5.65$, $SD = 3.84$) überlegen, $t(38) = 2.32$, $p < .05$, $d = 0.74$. Auch das Flow-Erleben der Interessegruppe im letzten ausgefüllten Fragebogen ist mit $M = 4.73$ (1.13) höher als das der Kontrollgruppe mit $M = 3.93$ (1.27), $t(38) = 2.09$, $p < .05$, $d = 0.67$. Bei beiden Variablen gab es zwei Haupteffekte, Geschlecht und Instruktion, die wirksam wurden, aber keine Interaktion. Der Effekt ist bei der Anzahl der benutzten Animationen bei der Instruktion, $F(1, 36) = 5.24$, $p = .028$ und dem Geschlecht mit $F(1, 36) = 12.81$, $p = .001$ abgesichert. Bei FLOWend beträgt der Haupteffekt Instruktion $F(1, 36) = 4.93$, $p = .052$ und beim Geschlecht $F(1, 36) = 9.66$, $p = .008$. Hypothese 3.2 kann damit teilweise angenommen werden. Die Gesamtgruppe unter der Interesseinstruktion hat ein höheres Flow-Erleben und eine erhöhte und leicht verbesserte Animationsnutzung. Wieder haben aber speziell die Schülerinnen von der Interesseinstruktion profitiert.

3.3 Bei den Probanden der Kontrollgruppe sollen sich signifikante Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen bei den Mediatorvariablen zeigen.

In der Kontrollgruppe zeigten sich erwartungsgemäß bei vielen Mediatorvariablen Geschlechtsunterschiede (s. Tabelle 55). Schülerinnen hatten weniger Mausklicks als Schüler ($d = 1.97$), brauchten mehr Zeit zum Finden der Animationen, ($d = 1.39$), benutzen weniger Animationen ($d = 1.32$), nutzen Animationen weniger lange ($d = 1.86$) und weniger gut ($d = 1.50$). Weiterhin hatten sie eine geringere Motivation während des Lernens. Der Unterschied beim Ausfüllen des letzten Fragebogens (MZend) wurde zwar nicht signifikant, $t(15) = 1.88$, $p = 0.80$, die Effektstärke von $d = 0.93$ ist aber hoch. Ebenfalls geringer war das Flow-Erleben bei den Schülerinnen (bei FLOWend $d = 1.21$). Schülerinnen schneiden bei den Mediatorvariablen in der Kontrollbedingung schlechter ab als Schüler. Dieser Befund ist hypothesenkonform.

Tabelle 55 Vergleich der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe bezüglich der Strategieindikatoren (n = 17)

	Kontrollgruppe ♀ (n = 9)	Kontrollgruppe ♂ (n = 8)	t-Test	Effekt- stärke
Mausklicks (n=15)	39.89 (35.81)	115.00 (40.26)	$t(13) = 3.79, p < .01$	1.97
Zeit/ Finden d.A. ^a	736.22 (568.93)	175.50 (37.72)	$t(15) = 2.77, p < .05$	1.39
Anzahl ben. A. ^b	3.67 (4.39)	7.88 (0.99)	$t(15) = 2.65, p < .05$	1.32
Länge/A.nutzung ^c	94.22 (120.55)	290.38 (87.52)	$t(15) = 3.79, p < .01$	1.86
Güte /A.nutzung ^d	2.22 (2.64)	5.88 (2.23)	$t(15) = 3.06, p < .01$	1.50
MZend	4.26 (0.95)	5.02 (0.66)	$t(15) = 1.88, p = 0.80$	0.93
FLOWend	3.31 (1.31)	4.63 (0.82)	$t(15) = 2.44, p < .05$	1.21

Anmerkungen :

^a = Zeit/ Finden d.A. bedeutet die Zeit zum Finden der Animationen in Sekunden

^b = Anzahl ben. A. ist die Anzahl benutzer Animationen pro Proband

^c = Länge/A.nutzung sagt aus, wie lange ein Proband alle Animationen insgesamt benutzt hat

^d = Güte/ A.-nutzung bedeutet die Anzahl der mit 2 bewerteten Animationen eines Probanden.

3. *Durch die Manipulation verändern sich auch die Mediatoren des Lernprozesses, also die Motivation während des Lernens, das Flow-Erleben während des Lernens und die Strategien.*

Zusammenfassend kann man sagen, dass Hypothese 3 weitgehend angenommen wurde. Die erwarteten Geschlechtsunterschiede in der Kontrollgruppe wurden bei allen drei Mediatorvariablen gefunden. Die Schülerinnen der Stereotypgruppe sind nicht nur den Schülern der Stereotypgruppe ähnlich, sie haben sie sogar bei der Motivation beim Lernen und beim Flow-Erleben übertroffen. Sie waren bei der Länge und Güte der Animationsnutzung besser als die Schülerinnen der Kontrollgruppe und hatten mehr Motivation und Flow beim Lernen als diese. Auch die Schülerinnen der Interessegruppe haben sich besserer Strategien bedient. Es ist also gelungen, die Schülerinnen durch die Instruktion sinnvoll zu aktivieren. Die Schüler der Stereotypgruppe unterscheiden sich nicht von den Schülern der Kontrollgruppe. Die Schüler der Interessegruppe wurden auch aktiviert, allerdings äußerte sich dies nur in einer schnelleren Bearbeitung des Programms, nicht aber bei qualitativen Strategiemaßen oder Motivation und Flow beim Lernen. Nur an dieser letzten Stelle wurde Hypothese 3 nicht bestätigt. Die Schüler der Interessegruppe haben aber während des Lernens hohen Flow erlebt (FLOWend: $M = 5.02, SD = 0.84$), die Schnelligkeit

war meines Erachtens kein Zeichen für geringes Interesse, sondern eher für motivierte Neugier. Sie unterschieden sich zwar nicht signifikant von den Schülern der Kontrollgruppe (FLOWend: $M = 4.63$, $SD = 0.82$), $t(19) = 1.06$, $p = .30$, wobei die Effektstärke immerhin noch $d = 0.47$ beträgt. Sie übertrafen aber in Bezug auf Flow die Schüler der Stereotypgruppe ($M = 4.03$, $SD = 1.09$), $t(20) = 2.40$, $p < .05$, ($d = 1.02$), so dass man sagen kann, dass die Interesseinstruktion gegenüber der Stereotypinstruktion bei Schülern zu einem höheren Flow-Erleben beim Lernen führte. Hypothese 3 ist damit insgesamt weitgehend bestätigt.

Vierte Hypothese/ Einfluss der Instruktion auf die Leistung

4.1 Durch die Manipulation gleicht sich bei der Stereotypgruppe bei den Schülerinnen die Leistung an die der Schüler an und ist damit besser als die Leistung der Schülerinnen der Kontrollgruppe.

Es gab erwartungsgemäß keinen Geschlechtsunterschied mehr bei der Leistung innerhalb der Stereotypgruppe. Schüler erreichten hier im Leistungstest einem Mittelwert von $M = 31.22$ ($SD = 6.96$), Schülerinnen $M = 35.91$ ($SD = 7.80$), der Unterschied ist nicht signifikant, $t(18) = 1.40$, $p = .18$. Die Effektstärke beträgt aber immerhin $d = 0.63$, Schülerinnen sind also nicht nur gleich gut wie Schüler, sondern in der Tendenz sogar besser als diese. Die Gruppe der Schülerinnen der Stereotypgruppe ($M = 35.91$, $SD = 7.80$) schnitt erwartungsgemäß signifikant besser im Leistungstest ab als die Schülerinnen der Kontrollgruppe ($M = 26.22$, $SD = 6.28$), $t(18) = 3.01$, $p < .01$. Die Effektstärke beträgt hierbei $d = 1.37$ und ist damit hoch (vgl. Tabelle 56). Die Leistung der Schüler aus der Stereotypgruppe unterscheidet sich erwartungsgemäß nicht von der Leistung der Schüler aus der Kontrollgruppe, $t(15) = .78$, $p = .45$.

Tabelle 56: Vergleich der Schülerinnen der Stereotypgruppe mit denen der Kontrollgruppe bezüglich der Leistung ($n = 20$)

	Stereotypgruppe	Kontrollgruppe	t-Test	Effektstärke
	♀ ($n = 11$)	♀ ($n = 9$)		
Leistung	35.91 (7.80)	26.22 (6.28)	$t(18) = 3.01, p < .01$	1.37

4.2 *Bei der Interessegruppe erhöht sich die Leistung beider Geschlechter jeweils gegenüber der entsprechenden Leistung desselben Geschlechts in der Kontrollgruppe.*

In Tabelle 57 finden sich die Leistungen der Interessegruppe und der Kontrollgruppe, nach Geschlecht aufgeteilt. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, sind die Leistungen der Schülerinnen der Interessegruppe gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe signifikant höher, $d = 1.07$. Die Leistungen der Schüler beider Gruppen unterscheiden sich nicht, hier ist auch die Effektstärke niedrig. Die Interesseinstruktion hat also entgegen der Hypothese nur die Leistungen der Schülerinnen gesteigert, diese unterscheiden sich nicht mehr von denen der Schüler, $t(21) = .33, p = .75$. Auffallend ist die große Streuung bei den Schülerinnen der Interessengruppe.

Die Leistung der Interessegruppe ($M = 36.91, SD = 12.34$) und der Kontrollgruppe ($M = 29.82, SD = 7.58$) unterscheidet sich signifikant zugunsten der Interessegruppe, $t(38) = 2.09, p < .05$ (vgl. auch Tabelle 21). Die Effektstärke beträgt $d = 0.69$. In einer univariaten Varianzanalyse wird der Haupteffekt Instruktion signifikant, $F(1, 36) = 4.24, p = .047$. Die Instruktion Interesse hat bewirkt, dass die Probanden in dieser Gruppe bessere Leistungen zeigten.

Tabelle 57: Vergleich der Leistungen von Schülerinnen und Schülern der Interessegruppe und Kontrollgruppe ($n = 40$)

	Interessegruppe ($n = 23$)	Kontrollgruppe ($n = 17$)	t-Test	Effektstärke
Leistung ♀	37.90 (14.08)	26.22 (6.28)	$t(17) = 2.29, p < .05$	1.07
Leistung ♂	36.15 (11.38)	33.88 (7.12)	$t(19) = 0.51, p = .62$	0.24

4.3 *Bei der Kontrollgruppe sind bei der Leistung Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen zu erwarten.*

Erwartungsgemäß war in der Kontrollgruppe die Leistung der Schüler besser als die der Schülerinnen, $t(15) = 2.36, p < .05$.

4. *Die Leistung verbessert sich in Abhängigkeit von der Instruktion in den Experimentalgruppen.*

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in der Kontrollgruppe Schüler bessere Leistungen erzielen als Schülerinnen. Dieser Geschlechtsunterschied verschwindet in beiden Experimentalgruppen. Die Schülerinnen beider Experimentalgruppen verbesserten hypothesenkonform ihre Leistungen gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe. Die Leistung der Schüler in der Stereotypgruppe gleicht der Leistung der Schüler in der Kontrollgruppe. Soweit waren die Ergebnisse hypothesengemäß. Die Leistung der Schüler in der Interessegruppe ist allerdings nur unbedeutend höher als die der Schüler in der Kontrollgruppe. Die Leistung der Schüler konnte folglich durch die Interesseinstruktion nicht gesteigert werden, was nicht der Hypothese 4.2. entspricht.

3.3.3 Vergleich der Daten beider Studien

Bevor ich zur Diskussion der Ergebnisse komme, möchte ich abschließend einen Vergleich der Daten dieser Studie mit denen der Pilotstudie ziehen. Die Werte beider Gruppen müssten sich ähneln, gäbe es bedeutsame Unterschiede, müssten diese erklärt werden. Am ehesten kann man die Werte der Pilotstudie mit denen der Kontrollgruppe in der Hauptstudie vergleichen. Die Versuchsbedingungen waren ähnlich bis auf zwei Details. In der zweiten Studie war der Vorwissenstest gekürzt und die Schüler wussten nicht, welcher Test am Ende die Leistung messen wird. Ich werde die Daten in der Reihenfolge, wie sie erhoben wurden, miteinander vergleichen, nur das Vorwissen wird im Rahmen der Leistung abgehandelt.

Die Ergebnisse der Kurzexploration waren ähnlich positiv. Die Reliabilität der Fragebögen war vergleichbar bis auf eine Ausnahme. Die Skala *Herausforderung* ist in beiden Studien nicht ausreichend reliabel, die Reliabilität der Lernfragebögen war gut, der FKS ebenfalls. Nur beim Motivationalen Zustand, gemessen durch 8 Items des FAM, gab es in der Pilotstudie eine schlechte Reliabilität, die sich in der Hauptstudie nicht erneut zeigte.

Dann wollte ich sehen, ob die Eingangsmotivation sich ähnlich darstellt wie in der Pilotstudie. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 58.

Tabelle 58: Eingangsmotivation (M , SD) aller Teilnehmer beider Studien, als Gesamtgruppe und nach Geschlecht getrennt ($N = 60$) sowie der Kontrollgruppe der Hauptstudie

	Eingangsmotivation	Hauptstudie ($N = 60$)	Kontrollgruppe/ Hauptstudie ($n = 17$)	Pilotstudie ($N = 31$)
Gesamt	Herausforderung	5.05 (0.87)	4.90 (1.06)	4.77 (1.06)
	Interesse	4.07 (1.00)	4.05 (0.80)	3.29 (1.05)
	Erfolgswahrscheinlichkeit	4.15 (1.55)	3.51 (1.51)	3.29 (1.54)
	Misserfolgsbefürchtung	2.73 (1.30)	2.35 (1.15)	2.85 (1.21)
♀	Herausforderung	5.22(0.93) ^a	4.64 (1.21) ^b	4.90 (1.02) ^d
	Interesse	4.13(0.88) ^a	4.13 (0.86) ^b	2.75 (0.85) ^d
	Erfolgswahrscheinlichkeit	4.21 (1.69) ^a	3.69 (1.74) ^b	2.20 (1.01) ^d
	Misserfolgsbefürchtung	2.85 (1.39) ^a	2.11 (1.05) ^b	2.96 (1.35) ^d
♂	Herausforderung	4.88 (0.78) ^a	5.19 (0.83) ^c	4.64 (1.12) ^e
	Interesse	4.00 (1.09) ^a	3.95 (0.78) ^c	3.80 (0.97) ^e
	Erfolgswahrscheinlichkeit	4.10 (1.44) ^a	3.31 (1.28) ^c	4.31 (1.22) ^e
	Misserfolgsbefürchtung	2.61 (1.23) ^a	2.63 (1.26) ^c	2.74 (1.08) ^e

Anmerkungen

^a = ($n = 30$), ^b = ($n = 9$), ^c = ($n = 8$), ^d = ($n = 15$), ^e = ($n = 16$).

Allgemein ist festzustellen, dass sich die Motivationslage der Probanden ähnlich darstellt wie in der Pilotstudie mit zwei Ausnahmen: Anders als in der Pilotstudie zeigten sich in der Kontrollgruppe keine Geschlechtsunterschiede in der Eingangsmotivation. Bei den Kontrollgruppenschülerinnen der Hauptstudie waren das Interesse und die Erfolgswahrscheinlichkeit gleich denen der Schüler.

Die Schüler waren in beiden Studien gut motiviert während des Lernens. Der motivationale Zustand der Probanden in der Kontrollgruppe ist beim jeweils letzten ausgefüllten Fragebogen ($M = 4.62$, $SD = 0.89$) vergleichbar mit dem der Gesamtgruppe der Pilotstudie ($M = 4.42$, $SD = 0.91$). Das Flow-Erleben in der Kontrollgruppe ($M = 3.93$, $SD = 1.27$) ähnelt dem der Pilotstudie ($M = 4.07$, $SD = 1.42$). In beiden Gruppen gab es keine signifikanten Geschlechtsunterschiede im motivationalen Zustand während des Lernens und im Flow-Erleben. Bei den Strategievariablen gab es ebenfalls große Gemeinsamkeiten. Es wurden jeweils knapp vier Abschnitte bearbeitet, die Zeiten pro Abschnitt waren dementsprechend vergleichbar, und auch der Umgang mit Animationen ist ähnlich, zum

Beispiel wurden in beiden Gruppen durchschnittlich 4 von 12 Animationen mit dem Wert 2 bewertet, also sinnvoll und ausgiebig genutzt. Auch fanden sich in beiden Gruppen Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen. Es fanden sich ähnliche Korrelationen zwischen den Strategievariablen und Leistungsvariablen in beiden Studien mit einer Ausnahme: in der Hauptstudie korrelierte der Indikator *Mausklicks* nicht wie in der Pilotstudie signifikant mit der Leistung.

Tabelle 59 zeigt einen Vergleich des Vorwissens (da in der Hauptstudie nur vier Items zu bearbeiten waren, werden auch nur dieselben vier Items aus dem Vorwissenstest der Pilotstudie zum Vergleich herangezogen) und der Leistung (in denselben vier bereits bekannten Aufgaben) in beiden Studien. Die Leistung im Gesamttest mit 12 Aufgaben kann man nicht vergleichen, da in der zweiten Studie die restlichen Aufgaben nicht vorher bekannt waren. Ein Vergleich der Leistungen der beiden Schülergruppen ist für das Design weiterer Untersuchungen mit dem Lernprogramm „Drehmomente sehen“ und den entsprechenden Lernfragebögen möglicherweise hilfreich.

Tabelle 59: Vergleich Vorwissen und 4 bekannte Leistungstestaufgaben in Pilotstudie und Kontrollgruppe/Hauptstudie

	Geschlecht	M	SD	t- test	Effektstärke
Vorwissen	weiblich	1.33	1.63	$t(29) = 2.81,$	1.02
Pilotstudie, 4 Items	männlich	4.25	3.70	$p < .01$	
Vorwissen	weiblich	3.89	1.97	$t(15) = 4.38,$	2.09
Kontrollgruppe/ Hauptstudie, 4 Items	männlich	9.63	3.34	$p < .01$	
Leistung	weiblich	6.53	2.95	$t(29) = 2.24,$	0.81
Pilotstudie, 4 Items	männlich	10.75	6.71	$p < .05$	
Leistung,	weiblich	7.33	2.00	$t(15) = 3.65,$	1.76
Kontrollgruppe Hauptstudie, 4 Items	männlich	11.38	2.56	$p < .01$	

In der Pilotstudie wurden in der Gesamtgruppe bei den sich entsprechenden 4 Aufgaben beim *Vorwissen* ein $M = 2.84$ ($SD = 3.21$) erzielt, bei Schülerinnen $M = 1.33$ ($SD = 1.63$) und bei Schülern $M = 4.25$ ($SD = 3.70$). Der geringere Punktestand im Vergleich zur Kontrollgruppe in der Hauptstudie mag daran gelegen haben, dass die Schüler der Hauptstudie bei nur 4 Items sich jetzt mehr Mühe für die einzelnen Aufgaben gegeben haben als bei den entsprechenden 4 Items von insgesamt 12 Items in der Pilotstudie. In beiden

Studien zeigen sich (vgl. Tabelle 57) hochsignifikante Geschlechtsunterschiede beim Vorwissen.

Beim Leistungstest erzielte die Gesamtgruppe in der Pilotstudie bei den *bekanntesten, gleichen 4 Items im Leistungstest* einen $M = 8.71$ ($SD = 5.58$), Schülerinnen $M = 6.53$ ($SD = 2.95$) und Schüler $M = 10.75$ ($SD = 6.71$), auch dieser Unterschied ist statistisch signifikant zugunsten der Schüler ($t(29) = 2.24$, $p < .05$). In der Kontrollgruppe in der Hauptstudie zeigten sich dieselben Geschlechtsunterschiede wie in der Pilotstudie. Sowohl in den 4 Items des Vorwissenstests als auch bei den 4 Items im Leistungstest, die mit denen des Vorwissenstests identisch waren, zeigten sich auch in der Hauptstudie Geschlechtsunterschiede zu Gunsten der Schüler.

Wie sieht es mit einem vorsichtigen *Vergleich der Leistung* in beiden Studien unabhängig vom Geschlecht aus? Die durchschnittliche Leistung der Schüler in der Pilotstudie lag bei knapp 31 Punkten, die der Kontrollgruppe in der Hauptstudie bei knapp 30 Punkten, das bedeutet, dass beide Gruppen nach der Bearbeitung des Lernprogramms einen ähnlichen Wissenstand aufwiesen. Diese Übereinstimmung bestätigt die Werte der Pilotstudie, obwohl die jetzige Kontrollgruppe nicht mehr in Kenntnis aller Aufgaben und damit eigentlich im Nachteil gegenüber den Probanden der Pilotstudie war.

Es gibt eine unerwartete Veränderung in der Korrelation zwischen Vorwissen und Leistung. Während in der Pilotstudie dieser Zusammenhang bei den Schülern hochsignifikant war ($r = .81^{**}$), gab es damals keine signifikante Korrelation bei den Schülerinnen ($r = .34$). In der Hauptstudie insgesamt (vgl. Tabelle 22) sowie in der Kontrollgruppe der Hauptstudie ist es umgekehrt, bei den Schülern der Kontrollgruppe gab es keine signifikante Korrelation ($r = -.04$, $p = .93$), wohl aber bei den Schülerinnen ($r = .77^*$). Dies wird im folgenden Abschnitt 3.4 diskutiert.

3.4. Diskussion

Es war Ziel der Hauptstudie zu prüfen, inwieweit Geschlechtsunterschiede zu Lasten von Schülerinnen in Bezug auf das Lernen mit einem Physikprogramm durch eine Intervention ausgeglichen werden können. Dazu wurde eine weitere Stichprobe von 60 Probanden in drei Gruppen untersucht, wobei in zwei Experimentalgruppen die Instruktion manipuliert wurde.

Waren die Manipulationen hilfreich?

Zunächst ist festzustellen, dass meine Manipulationen in vielerlei Hinsicht erfolgreich waren. In den Experimentalgruppen gab es signifikante Veränderungen gegenüber der Kontrollgruppe. Durch die Instruktion „Gegen Geschlechtsrollenstereotype anarbeiten“ veränderte sich die Eingangsmotivation der Schülerinnen positiv, sie zeigten eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Die Schülerinnen der Interessegruppe äußerten allerdings kein gesteigertes Interesse, wohl aber eine höhere Misserfolgsbefürchtung als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Schüler der Interessengruppe hatten eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit und ein geringfügig höheres Interesse gegenüber den Schülern der Kontrollgruppe. Im Gegensatz zur Stereotypgruppe gab es in der Interessegruppe noch Geschlechtsunterschiede zu Lasten der Schülerinnen bei der Eingangsmotivation, die Schülerinnen sind herausgeforderter, halten einen Erfolg für weniger wahrscheinlich und sind ängstlicher als die Schüler .

Beim Vorwissen gab es in der Stereotypgruppe keinen Geschlechtsunterschied mehr, hier waren die Schülerinnen deutlich besser als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Dass das Vorwissen der Schüler in der Stereotypgruppe geringer war als das der Kontrollgruppenschüler, ist eine unerwartete Verschlechterung und bedarf noch einer Erklärung. Nur bei den Schülerinnen, nicht aber bei den Schülern der Interessegruppe ist das Vorwissen gegenüber der Kontrollgruppe gestiegen. Die Manipulation durch die Instruktion hat hier auf die Aktivierung des Vorwissens bei Schülerinnen beider Experimentalgruppen einen Einfluss gehabt, die Schüler der Experimentalgruppen aber nicht erreicht. Vielleicht ist das Vorwissen der Schüler aber auch ausreichend abgefragt worden und war nicht zu steigern. Bei Schülerinnen korrelierte der Faktor Interesse in der Eingangsmotivation signifikant mit dem Vorwissen. Bei der Gruppe der Schülerinnen in der Interessegruppe war dies besonders ausgeprägt, während bei Schülern keine derartige Korrelation nachzuweisen war. Die Manipulation durch die Interesseinstruktion hat zwar nicht das Interesse gesteigert, aber das

Vorwissen der Schülerinnen ist in dieser Gruppe erhöht und steht mit Interesse im Zusammenhang.

Auch die Mediatoren im Lernprozess wurden in den Experimentalgruppen beeinflusst. Die Schülerinnen der Stereotypgruppe haben sich in den leistungsmäßig relevanten Strategievariablen ähnlich verhalten wie die Schüler der Stereotypgruppe. Weiterhin hatten sie sogar ein höheres Flow-Erleben und eine höhere Motivation beim Lernen als diese. In allen drei Mediatorvariablen waren sie im Lernprozess den Schülerinnen der Kontrollgruppe überlegen. In der Interessengruppe gab es weiterhin Geschlechtsunterschiede. Die Schüler arbeiteten die einzelnen Abschnitte schneller durch. In den leistungsmäßig relevanten Strategievariablen unterschieden sie sich nicht von den Schülerinnen, ebenso wenig bei Flow und Motivation beim Lernen. Auch hier wie beim Vorwissen wurden die Schülerinnen beider Experimentalgruppen durch die Manipulation in den Mediatorvariablen besser.

Die Leistung der Schülerinnen beider Experimentalgruppen wurde gegenüber den Schülerinnen der Kontrollgruppe gesteigert, die der Schüler gegenüber der Kontrollgruppe nicht. Auch hier hat die Instruktion nur den Schülerinnen zu besseren Leistungen verholfen, denn es gab keinen Geschlechtsunterschied mehr in den Experimentalgruppen. Man kann also abschließend sagen, dass die Manipulationen durch die Instruktionen hilfreich waren. Die Ergebnisse der in der Diskussion der Pilotstudie zitierten Untersuchung von Johns et al. (2005) über die Bedrohung durch Geschlechtsrollenstereotype und die Möglichkeiten, diesen entgegenzuarbeiten, konnten also repliziert werden. Auch die Instruktion „Interesse“ hat den Lernprozess und das Lernergebnis bei Schülerinnen verbessert.

Stimmen die Daten der Pilotstudie und der Hauptstudie überein?

Man kann beide Studien nur begrenzt vergleichen. Im Wesentlichen sind die Daten der Pilotstudie aber bestätigt worden. Vergleicht man die Daten der Teilnehmer der Pilotstudie mit denen der Kontrollgruppe der Hauptstudie, so kann man feststellen, dass die Probanden jeweils gut motiviert waren und es ein nachweisbares Flow-Erleben während des Lernprozesses mit einem Computerprogramm gab. Die in der Pilotstudie gefundenen Geschlechtsunterschiede wurden im Wesentlichen in der Kontrollgruppe, die ähnliche Versuchsbedingungen aufwies, repliziert: Schülerinnen zeigten jeweils ähnliches Verhalten bei Lernstrategien und bei der Leistung.

Das insgesamt etwas bessere Abschneiden im Vorwissenstest bei den Probanden der Hauptstudie ist vermutlich auf die geringere Anzahl von Fragen im Vorwissenstest und die damit verbundene intensivere Beschäftigung der Probanden in der Hauptstudie mit diesen

Fragen zurückzuführen. Die besseren Leistungen der Probanden in der Hauptstudie sind nicht erklärbar. Eher hätte erwartet werden können, dass sie schlechter abschneiden, da ihnen die Fragen des Leistungstests nicht bekannt waren. Da man aber zwei Stichproben immer nur begrenzt vergleichen kann, halte ich diese Befunde für vernachlässigenswert. Man könnte erwägen, dass es daran lag, wie die Schülerinnen und Schüler für die Untersuchung angeworben worden waren. Bei der Hauptstudie sollten sich die Schüler mehr oder weniger freiwillig in Listen eintragen, während in der Pilotstudie die Schüler vom Direktor der Schule zufällig aus einer Jahrgangliste ausgewählt worden waren.

Für explorative Studien ist es weitgehend unerheblich, wie Teilnehmer ausgewählt werden (Bortz, 1993; Bortz & Döring, 1995, S. 30). Für Interventionsstudien ist es den Autoren zufolge nicht unerheblich, damit keine Selektionseffekte auftreten, die die Repräsentativität der Stichprobe und damit der Ergebnisse beeinträchtigen. Ich halte aber die Zusammenstellung der Schüler in der Hauptstudie und die Aufteilung der Schüler auf die Experimentalgruppen für den Kriterien entsprechend. Da in der Hauptstudie weitgehend der ganze Jahrgang erfasst worden war, vor allem bei den Schülerinnen, kann nicht von einer verzerrenden Selektion ausgegangen werden. Auch meine Vermutung, die Lehrer hätten in Kenntnis der Untersuchung diesmal das Thema doch im Unterricht behandelt, wurde von den betreuenden Lehren verneint. Insofern halte ich den nicht erklärbaren Teil der Unterschiede zwischen den beiden Stichproben für einen Zufall.

An drei wichtigen Punkten gab es aber eine Veränderung. Zum einen gab es bei der Eingangsmotivation bei der Kontrollgruppe keinen Geschlechtsunterschied mehr zu Lasten der Schülerinnen. Ich führe das auf die veränderte Information der Teilnehmer zurück, denn man hatte den Schülern diesmal die Möglichkeit angekündigt, ihre Daten anschließend einzusehen. Dies kann die Motivation in einem Experiment erhöhen.

Zum anderen gab es keine Korrelation mehr zwischen dem Vorwissen und der Leistung bei Schülern, wohl aber bei Schülerinnen. Dies kann zum einen auf die veränderte Instruktion zurückzuführen sein, in der den Schülern nicht mehr vorab gesagt wurde, dass derselbe Test im Anschluss kommt und sie deshalb nicht wussten, welche Fragen sie nach der Programmbearbeitung erwarten. Da sie im Vortest diesmal zudem nur einen gekürzten Fragebogen bekamen, konnten sie nicht gezielt nur auf die Fragen hinlernen. Möglicherweise war dies günstiger für Schülerinnen als für Schüler.

Drittens war der Strategieindikator „Mausklicks“ in der Pilotstudie ein guter Prädiktor für die Leistung, was Befunde früherer Studien (Vollmeyer, Imhof & Beierlein, 2006) bestätigten und von Beckwith, Kissinger et al. (2006) im Sinne eines „spielerischen

Experimentierens“ als eine gute - und für Mädchen am Computer eher zu fördernde - Lernstrategie interpretiert wurde. Diese Zusammenhänge konnten in der Hauptstudie in der Gesamtgruppe weder bei Schülerinnen noch bei Schülern bestätigt werden. Hier wurden quantitative Maße durch qualitative Strategiemaße in ihrer Bedeutung abgelöst. Nur noch in der Kontrollgruppe gab es einen positiven, aber nicht wie in der Pilotstudie signifikanten Zusammenhang zwischen Mausklicks und der Leistung.

Ist die zugrunde liegende Theorie erneut bestätigt worden?

Insgesamt konnte das kognitiv-motivationale Prozessmodell auch in dieser Studie bestätigt werden. Es besagt, dass die Eingangsmotivation nicht direkt auf die Leistung wirkt, sondern über Mediatoren wirksam wird. Die Faktoren Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit korrelierten signifikant, aber nur schwach mit der Leistung (vgl. Tabelle 42). Die Eingangsmotivation beeinflusste die Mediatoren signifikant (vgl. Tabelle 41). Interesse und Erfolgswahrscheinlichkeit korrelierten mit Motivation während des Lernens, dem Flow sowie qualitativen Strategievariablen. Die drei Mediatorvariablen wiederum korrelierten erwartungsgemäß mit der Leistung, besonders hohes Flow-Erleben, aber auch hohe Motivation während des Lernens und qualitative Strategiemaße beeinflussten die anschließend gezeigte Leistung positiv.

Während aber die motivationalen Faktoren an Bedeutung gewonnen haben, hat sich der Einfluss der Strategievariablen in der Hauptstudie abgeschwächt und zum Teil auch verändert. Die Strategievariable „Mausklicks“ hatte beispielsweise in dieser Untersuchung, wie oben ausgeführt, in der Gesamtgruppe keine wesentliche Bedeutung mehr im Hinblick auf die Leistung im Gegensatz zur Pilotstudie.

Noch einige Bemerkungen zur Erfassung des Mediators „Strategien“

Von den gemessenen sieben Strategieindikatoren haben sich drei erneut als Prädiktoren für die Leistung gut bewährt. Die Art und Weise der Animationsnutzung war der beste Prädiktor, die ‚Anzahl der mit 2 bewerteten (also ausreichend und sinnvoll genutzten) Animationen‘ korrelierte hochsignifikant mit der Leistung. Nur in der Kontrollgruppe gab es bei dieser Variable noch einen Geschlechtsunterschied zugunsten der Schüler, die Schülerinnen haben demnach durch die Manipulationen einen Vorteil gehabt. Die ‚Länge der Animationsnutzung‘ korrelierte bei Schülerinnen signifikant mit der Leistung, bei Schülern dagegen gab es keinen Zusammenhang dieser Variablen. Nur den Schülerinnen hat es demnach genützt, wenn sie lange Zeit mit der Animationsnutzung verbrachten. Die ‚Zeit zum

Finden der Animationen' korrelierte signifikant mit der Leistung, wer also schnell die Animationen fand, schnitt anschließend auch besser ab. Auch hier haben die Schülerinnen durch die Manipulation gewonnen, denn in den Experimentalgruppen gab es keinen Geschlechtsunterschied bei dieser Variablen. Der Zusammenhang zwischen der ‚Anzahl der benutzten Animationen' und der Leistung war diesmal knapp nicht signifikant, hier gibt es auch über alle Gruppen noch einen Geschlechtsunterschied zugunsten der Schüler.

Die ‚Anzahl der bearbeiteten Abschnitte' spielte ebenso wenig eine Rolle wie die ‚Zeit, die in einem Abschnitt verbracht wurde'. Zwar konnte man sehen, dass durch die Manipulation sich das Verhalten änderte, aber Schnelligkeit gereichte den Probanden unter der Interesseinstruktion beispielsweise eher zum Nachteil: hier korrelierte die in dieser Gruppe erhöhte Anzahl der bearbeiteten Abschnitte hochsignifikant negativ mit der Leistung.

Welche Ergebnisse waren unerwartet und wie kann man sie erklären?

Nicht erwartungsgemäß waren vor allem zwei Dinge. Zum einen ist es nicht gelungen, das Interesse der Probanden in der Interessegruppe im Fragebogen (FAM) zu erhöhen. Ferner ist es nicht gelungen, die Schüler der Interessegruppe in ihren Mediatorvariablen und der Leistung zu steigern. Wie lässt sich das erklären?

Zunächst hatte ich vermutet, dass die stattdessen erhöhte Misserfolgsbefürchtung der Schülerinnen durch die Umstellung der Items im Vorwissenstest der Hauptstudie zustande gekommen sein könnte. Während der Vorwissenstest vom IPN mit einer leichten Frage endet, endet der von mir veränderte, gekürzte Vorwissenstest mit einer schwierigen Frage und die leichte Frage ist bei mir an die vorletzte Stelle gerückt. Es könnte frustrierend gewesen sein, wenn man mit einem Gefühl des Versagens aus dem Vorwissenstest heraus geht. Da aber nur die Schülerinnen in der Interessegruppe mit einem Anstieg der Misserfolgsbefürchtung reagiert haben und der Vorwissenstest für alle gleich war, kann es daran nicht ursächlich gelegen haben.

Stattdessen könnte man vermuten, dass die Interesseinstruktion nicht das Interesse gesteigert, sondern die persönliche Relevanz des Themas verdeutlicht hat. Das schließe ich daraus, dass sich im Verhalten und der Leistung der Probanden etwas verändert hat. Wenn die Instruktion ihr Ziel verfehlt hätte und unwirksam gewesen wäre, dann hätten sich durchgängig bei allen Variablen des Lernprozesses keine Veränderungen zeigen dürfen. Da sich aber das Verhalten der Schüler änderte - sie wurden nämlich schneller - und Strategien und Leistung bei den entsprechenden Schülerinnen sich verbessert haben, kann man der Manipulation durchaus eine Wirkung zusprechen. Offensichtlich hat sich diese aber nicht in der

Eingangsmotivation beim Faktor Interesse niedergeschlagen. Bei Schülern stieg stattdessen in der Interessegruppe die Erfolgswahrscheinlichkeit, was möglicherweise günstig sein kann für den folgenden Arbeitsverlauf. Gleichzeitig zeigte sich bei Schülerinnen eine erhöhte Misserfolgsbefürchtung, was zunächst negativ erscheint. Die Instruktion „Interesse“ hat möglicherweise bei den Schülerinnen dazu geführt, dass sie sich mit dem Thema identifizierten, dass gerade dadurch aber Geschlechtsrollenstereotype geweckt wurden und von daher Ängste entstanden, ein so wichtiges Thema nicht zu verstehen oder gut bearbeiten zu können.

Möglicherweise ist aber diese Angst für den Lernprozess der Schülerinnen hilfreich gewesen. Meine Instruktion zur Steigerung des Interesses zielte darauf ab, wie in anderen Studien (Renninger, Kille, Yaprak, Dunphy, Lien et al., 2006) das situationale Interesse zu erhöhen, indem ich die persönliche Relevanz herausstellte und aufzeigte, an welchen Stellen im Leben Drehmomente eine wichtige Rolle spielen. Dass die Schülerinnen das Thema ernst nahmen und für wichtig hielten, muss aber nicht zwangsläufig zu einem positiven Gefühl gegenüber dem Aufgabengebiet führen, weder zu einer Wertschätzung noch zu einer freiwilligen Beschäftigung damit, wie es die Interessentheorie nach Krapp (1989) definiert und die Interessen-Skala im FAM misst. Möglicherweise hat die Tatsache, dass Schülerinnen das Thema für wichtig halten, eher dazu geführt, dass sie Angst davor hatten, in diesem Bereich zu versagen. Diese Angst hat aber in der bei den Schülerinnen der Interessegruppe vorliegenden mittleren Ausprägung nicht zu einer Lähmung geführt, sondern zu einer Verbesserung in den Strategien und der Leistung. Dies ist in der Forschung kein seltenes Phänomen, wie am Beispiel von Mathematik gezeigt werden konnte (Buckley, Ainley & Pattison, 2007). Angst mittlerer Ausprägung kann leistungssteigernd sein (vgl. Sapolsky, 1996).

Die größere Erfolgswahrscheinlichkeit bei den Schülern der Interessegruppe gegenüber den Kontrollgruppenschülern kann dazu geführt haben, dass sie zu selbstsicher waren. Sie gaben sich keine besondere Mühe mehr, sondern arbeiteten lediglich schneller und weniger gründlich oder weniger sorgfältig. So war beispielsweise die Anzahl der benutzten Animationen bei dieser Gruppe zwar höher, aber die Länge der Animationsnutzung insgesamt kürzer. Auf der anderen Seite sollte man dieses Ergebnis aber auch nicht nur kritisch sehen. Zwar haben die Schüler sich in ihrer Leistung nicht verbessert. Sie haben aber mehr Flow erlebt als die Schüler der Kontrollgruppe. Wenn man davon ausgeht, dass die Emotionen beim Lernen langfristig eine große Rolle spielen (Engeser & Vollmeyer, 2005; Spitzer, 2002), kann man doch auch vorsichtig von einem positiven Einfluss der Interesseinstruktion auf Schüler

ausgehen. Das würde sich allerdings nur in einer Studie über einen längeren Zeitraum aufzeigen lassen.

Erklärungsbedürftig ist schließlich noch das niedrigere Vorwissen der Schüler der Stereotypgruppe. Ist es ein nicht zu vermeidender Effekt, dass ein Hervorheben einer Teilgruppe zu einer Einschränkung der Leistungsbereitschaft derjenigen führt, die nicht direkt angesprochen werden? Haben die Schüler sich durch das spezielle Ermuntern der Schülerinnen möglicherweise ausgegrenzt gefühlt? Dann sollte in einer weiteren Studie die Instruktion sich mehr um eine gleichzeitige Ermunterung der Schüler bemühen.

Grenzen der Studie und Kritik

Aus dem oben Genannten kann man ableiten, an welchen Stellen die Studie ungenügend war. In einer nächsten Studie sollte die Interesseinstruktion überarbeitet werden. Während die Instruktion „Gegen Geschlechtsrollenstereotype anarbeiten“ bereits in anderen Studien vorgetestet war, war die Interesseinstruktion nur aus theoretischen Überlegungen heraus konstruiert worden und hat sich in dieser Form nur zum Teil bewährt. Aus der Interessengenese (Krapp, 1989) abgeleitete Modellkonzeptionen sollten in einer weiteren Studie untersucht und dabei andere Möglichkeiten der Interessensteigerung ausprobiert werden. Mir kam es darauf an, Drehmomente als hinreichend wichtig und subjektiv bedeutsam zu schildern. Andere Möglichkeiten wären beispielsweise das Verwenden von originellen Texten, als Versuchsleiter selbst besonderes Interesse für das Fach oder das Thema zu zeigen (Enthusiasmus), Überraschung und Verwirrung zu stiften durch unerwartete Experimente, die Schüler zwischen verschiedenen Themen auswählen zu lassen usw.

Zweitens könnte man anzweifeln, ob in dieser Studie überhaupt selbstreguliertes Lernen im klassischen Sinne (vgl. Theorieteil 1.1) untersucht wurde. Es fehlte ein Punkt, der in vielen Theorien zum selbst regulierten Lernen von zentraler Bedeutung ist, nämlich das Feedback. Die Schüler in dieser Studie hatten keine Rückmeldung zu ihrem Lernen erhalten, und konnten sich entsprechend nicht verbessern. Man sollte das selbst regulierte Lernen eigentlich über einen längeren Zeitraum beobachten. Dabei wäre es auch interessant heraus zu finden, ob sich die oben erwähnten Geschlechtsunterschiede durch die Instruktion im Unterricht dauerhaft „wegzaubern“ lassen. Dies ist bereits ein erster Hinweis auf die praktische Relevanz dieser Studie und sollte als Anregung für Lehrer dienen. Ich werde dieses Thema weiter unten noch einmal aufgreifen.

Drittens ist das Lernprogramm selbst noch verbesserungsfähig. Es gibt heute die Möglichkeit, nicht nur durch Multimedia, sondern durch Hypermedia zu lernen. Dies würde

bedeuten, noch viel mehr Möglichkeiten der individuellen Benutzung von Links oder Ressourcen, die das World Wide Web bietet, zu nutzen. Es gibt Untersuchungen, wonach man umso bessere Lernergebnisse erzielt, je mehr ‚links‘ oder ‚extra resources‘ man benutzt. Burns und Vollmeyer fanden (2002; vgl. auch Vollmeyer und Burns, 2002), dass hier eine globale Zielorientierung günstiger war als eine spezifische. Wenn man breiteres Wissen erwerben will, sind zusätzliche Möglichkeiten wie Ton und Film sinnvoll. Dies kann man allerdings nicht in einem Gruppenexperiment untersuchen, da sich dann die Schüler gegenseitig stören würden. Nichtsdestotrotz sollten in weiteren Studien auch komplexere Computerprogramme mit Hypermedia zum Einsatz kommen, wenn man den gesamten Lernprozess unter weiteren Gesichtspunkten wie beispielsweise der Zielsetzung beim Lernen erforschen will. Die Fragestellung ist entscheidend für die Auswahl des Lernprogramms. Für meine Zwecke war das Programm allerdings ausreichend. Nach Ergebnissen einer neueren Studie (Schworm & Meidenbauer, 2007) ist es sogar sinnvoll, bei multimedialen Lernumgebungen nur ein Thema und keine Wahl zwischen verschiedenen Medien zu haben. Ihr Credo lautete: „Keep it simple“.

Viertens könnte man noch viele weitere Variablen beim Lernen mit dem Computer untersuchen. Man könnte das Computervorwissen der Schüler oder ihre Erfahrung im Umgang mit Computerprogrammen vorher abfragen und in Relation zur Leistung setzen. Man könnte die allgemeine Selbstregulationsfähigkeit der Probanden messen. Man könnte ihnen Strategien vermitteln und sie dann erneut testen. Man könnte die Teilnehmer zu ihren Gefühlen vor und während der Untersuchung befragen und dies in Beziehung zum Ergebnis des Lernens setzen. Man könnte implizite und explizite Stereotype erfassen. Schon diese kurze Zusammenstellung einiger Möglichkeiten zur noch ausführlicheren Untersuchung von Prozessvariablen aus dem Bereich des selbst regulierten Lernens zeigt die Eingeschränktheit der vorliegenden Studie. An dieser Stelle sollte auch noch einmal daran erinnert werden, dass das Item aus dem FAM „Ich glaube, ich schaffe diese Aufgaben nicht“ während des Lernprogramms nicht passte. Dies wurde von einem Schüler zu Recht bemängelt und sollte bei weiteren Studien mit diesem Lernprogramm umformuliert werden.

Und fünftens ist die Anzahl der Probanden nicht ausreichend gewesen, um weitere Pfadanalysen zu rechnen. Nachdem nun gezeigt worden ist, dass es spezifische Zusammenhänge zwischen motivationalen und prozeduralen-strategischen Variablen im Prozess des selbst regulierten Lernens gibt, stellt sich die Frage nach einer genaueren Untersuchung der kausalen Beziehungen und gegenseitigen Beeinflussung der Variablen. Daher sollten diese Ergebnisse in weiteren Studien mit mehr Versuchspersonen repliziert

werden, um umfangreichere und komplexere statistische Auswertungen zu ermöglichen. Wenn man dennoch davon ausgeht, dass die Ergebnisse beider Studien trotz der Versuchspersonenanzahl von insgesamt nur knapp hundert Teilnehmern replizierbar sein werden, dann würden sich daraus für die Praxis einige Überlegungen ergeben, die ich im folgenden Kapitel (Abschnitt 4) darlegen möchte.

Überlegungen zu weiteren Studien

Nachdem ich nun meine Ergebnisse zum selbst regulierten Lernen mit einem Physikprogramm am Computer zusammengefasst habe, möchte ich sie zunächst mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichen und einige Ideen für weitere Studien vorschlagen, bevor ich im nächsten Abschnitt weiterführende Überlegungen anstelle und am Ende einen Forschungsausblick gebe. Sicher ist ganz allgemein zu sagen, dass es wichtig sein wird, Längsschnittuntersuchungen zum Thema selbst reguliertes Lernen mit Computerprogrammen in der Schule zu machen (Vauras, 2006), um Erfahrungen für eine „Resilience in Learning“ zu sammeln. Nur konnte meine Studie das nicht leisten, sie zeigt stattdessen einen kurzen Ausschnitt aus dem Schulalltag und versucht, daraus Schlüsse für Theorie und Praxis sowie einige Ideen für weitere Forschungsmöglichkeiten abzuleiten.

Studien zur Wirkung der Instruktion auf Motivation

Nach Wolters (2003) ist es wichtig, die Motivation während des Lernens aufrechtzuerhalten und durch geeignete Strategien wie *Interest Enhancement* (Interessensteigerung) oder *Efficacy Management* (Erhöhung der Selbstwirksamkeit) zu regulieren. „Research . . . indicates that students who use motivational regulation strategies are more likely to get better grades than students who do not regulate their motivation“ (ebd., S. 200). Und weiterhin: “Instruction, or how the regulation of motivation might be fostered in students, represents a fourth area in need of further study. Students’ understanding and use for strategies for the regulation motivation should be amenable to instruction“ (ebd., S.202). Genau dies habe ich mit meiner Arbeit zeigen können. Durch die Instruktion kann man auf motivationale Faktoren Einfluss nehmen und dadurch Leistung verändern. Dies sollte in weiteren Studien untersucht werden.

Es gibt Belege dafür, dass mit einer Veränderung der Erfolgswahrscheinlichkeit und der Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten längerfristig auch eine Veränderung des Interesses einhergeht (Niemi-virta, 2006). Ein gutes Selbstkonzept alleine reicht nicht aus, um gute Ergebnisse zu erzielen, sondern Interesse muss ebenfalls ausreichend vorhanden sein. Es

ist noch ungeklärt, wie diese unterschiedlichen Voraussetzungen bei Schülern zustande kommen und wie sie gefördert werden können. Auch ist weiter zu erforschen, in welchem Alter Schüler mehr profitieren von der Instruktion und von Hilfestellungen durch Lehrer (Karabenick, 2006), welche Faktoren wie zum Beispiel kultureller Hintergrund und Geschlecht (Peetsma & Veen, 2006) dabei eine Rolle spielen und ob sich dies durch die zunehmend leichter zugänglichen Informationen mittels Google, Wikipedia und Emails zukünftig verändert.

Studien zur Aktivierung von Vorwissen

Das Phänomen der Aktivierung von Vorwissen kennt man zum Beispiel bei der Lesefertigkeit. Leseexperten erfassen Bedeutungen schneller, weil sie Vorwissen aktivieren können, Kernideen schneller erfassen und Schlussfolgerungen aus Texten ziehen können. Es gibt neue Modelle zum Leseverständnis, die besagen, dass das Vorwissen auf die Strategien beim Leselernen wirkt (Cromley & Azevedo, 2007). Wie man Mädchen möglichst früh an Physik heranzuführen könnte, damit sie ebenso wie Jungen ein Interesse aufbauen und damit mehr Vorwissen erwerben und in späteren Situationen mehr dazu lernen können, bleibt ebenfalls weiterer Forschung vorbehalten.

Weiterhin könnte man in einer nachfolgenden Studie in einer Gruppe von Probanden das Vorwissen vor der Instruktion und in einer Kontrollgruppe das Vorwissen nach der Instruktion erfassen, um den Effekt einer Instruktion auf die Aktivierung von Vorwissen weiter zu erforschen. Man könnte ferner untersuchen, welchen Einfluss die Länge des Vorwissenstests auf die Motivation hat. Möglicherweise haben die 12 Items des Vorwissenstest bei der Pilotstudie die schlechteren Schüler demotiviert, auch wenn sie den Fragebogen nur kurz angesehen haben.

Studien zur Wirkung der Instruktion auf Strategieindikatoren und Leistung

In anderen Studien wurden Mausclicks im Sinne von explorativem Verhalten gewertet, was zu guten Leistungen führte (Vollmeyer & Rheinberg, 2006). Beckwith, Kissinger et al. (2006) raten deshalb speziell Frauen zu solchen Techniken des „Einfach drauf los Probierens“. In meiner Hauptstudie war das kein sinnvolles „Rezept“. Ob und wem Tinkering hilft und wie man Frauen möglicherweise dazu motivieren kann, sollte in weiteren Studien gezielt überprüft werden.

Auch das „Schneller werden“ der Schüler unter der Interesseinstruktion bedarf weiterer Untersuchungen. Diese Strategie war nicht hilfreich. Wodurch kam sie zustande?

Man könnte vermuten, dass die Schüler möglicherweise neugierig geworden sind und einen „Überraschungseffekt“ suchten. Wenn die Erklärung jedoch in einfacher Neugier begründet wäre, hätten aber auch die Schülerinnen die Abschnitte schneller durcharbeiten müssen, was nicht der Fall war. Diese Beobachtung bedarf noch der Erklärung.

Auch inwieweit eine solche Intervention anhält, sollte weiter erforscht werden. In Studien konnte ein lang anhaltender Effekt von Interventionen auf die Selbstwirksamkeit und dadurch auf die Leistung im Leseverständnis gezeigt werden (Souvignier & Trenk-Hinterberger, 2007). Auch im Bereich der Physik sollte überprüft werden, welche Interventionen wirksam sind und wie lange sie anhalten.

Studien zur Erfassung von Strategieindikatoren mit Hilfe von Computerprogrammen

Es gibt bereits viele Studien zur Erfassung von Lernstrategien (Garcia & Pintrich, 1996), aber es sollten noch mehr Versuche unternommen werden, Lernstrategien über objektive Verhaltensindikatoren zu erfassen, da sich die Erfassung der Lernstrategien durch retrospektive Fragebögen als prognostisch zweifelhaft und die Erfassung durch Interviews als valide, aber aufwendig herausgestellt hat (Spörer, 2003). Hier deckt sich meine Vorgehensweise mit den Vorstellungen von Lerntheoretikern wie Winne (2004), wie computergestütztes Lernen aussehen könnte und wie es aufgezeichnet und gemessen werden kann: „As learners „do their work“ to study, gStudy unobtrusively records all their interactions with information in the learning kit as well as all the tools they use to operate on that information“ (Winne, Nesbit, Kumar, Hadwin, Lajoie et al., 2006, S. 110). Auch in meiner Studie war den Schülern zwar bekannt, dass ihr Verhalten aufgezeichnet wird, die Aufzeichnung war aber unauffällig, objektiv und vollständig. Hier wird es die Aufgabe weiterer Forschung sein, noch mehr Kategorien zur Erfassung des Verhaltens zu entwickeln und weitere Zusammenhänge zwischen Verhaltensmustern und Leistung beim Lernen mit Computerprogrammen heraus zu finden.

Studien zur Erfassung der Mediatoren während des Lernprozesses

Man könnte in weiteren Studien den motivationalen und funktionalen Zustand während des Lernens auch nach festen Zeitintervallen erfassen und mit den jetzigen Ergebnissen vergleichen. Dies war in unserer SPSS-Studie der Fall, wo wir Psychologiestudenten beim Lernen mit einem Statistikprogramm untersuchten und die Probanden Aufgaben mit Hilfe des Programms lösen sollten (Beierlein et al., 2005, vgl. Abschnitt 1.1.3). Wir wollten dort den Verlauf der Motivation und des Flows mit dem

jeweiligen Ergebnisstand zu diesem Zeitpunkt vergleichen. Da bei dem Lernen mit dem Physikprogramm keine Aufgaben zu bearbeiten waren, machte das in diesem Fall keinen Sinn und schien mir im Gegenteil das Erleben von Flow zu behindern. Das Vorgehen könnte dennoch in weiteren Studien variiert werden.

Engeser (2007) untersuchte in drei Studien die Entstehungsbedingungen von Flow beim Lernen von Statistik, Sprachen und Computerspielen und fand, dass Flow während des Lernens ein Prädiktor für die Leistung war. Auch er verwendete den FKS während des Lernens. Die wahrgenommene Wichtigkeit der Aufgaben hatte in seinen Untersuchungen ebenfalls einen mediiierenden Effekt. Beides bestätigt meine Ergebnisse, hier sollten aber weitere Studien folgen.

Es gibt auch Versuche, nicht nur die Strategievvariablen über Verhaltensmaße zu ergründen, sondern auch motivationale Variablen. Es gibt beispielsweise Studien im Physikunterricht (Hänze & Berger, 2007), die sich mit der Förderung der intrinsischen Motivation in der Sekundarstufe 2 beschäftigen. Hier wurde das Thema Mikrowellenofen in der 12. Klasse behandelt. Als objektives Verhaltensmaß für die intrinsische Motivation wurde die außerschulische Nutzung einer Lernplattform verwendet. Auch dies ist ein interessanter Ansatz für weitere Forschungen.

In einer Reihe von Studien (Appel & Kronberger, 2007) wurde der Einfluss von *stereotype threat* auf den Wissenserwerb untersucht. Wie dieser Einfluss sich auf den Lernprozess auswirkt, ist noch wenig erforscht. Die Autoren konnten zeigen, dass man *stereotype threat* durch Lesen verschiedener Texte vor dem Lernen am Computer wecken konnte. Als Mediatoren nehmen sie eine erniedrigte Arbeitsgedächtniskapazität an und eine erhöhte Misserfolgsmotivation. Sie stellten fest, dass sich die FAM-Faktoren in ihrer Untersuchung nicht durch das Aktivieren von Vorurteilen veränderten, vielmehr aber das Lernverhalten. Weitere Untersuchungen zum *stereotype threat* und sein Einfluss auf die Variablen des Lernprozessmodells sollten folgen.

Studien zum Nutzen von Animationen in Computerprogrammen

Viele Studien zeigten keine Überlegenheit dynamischer gegenüber statischen Visualisierungen. Die Ursachen wurden beispielsweise in *cognitive overload*, also einer kognitiven Überlastung beispielsweise bei geringem Vorwissen (Schnotz, 2006) oder einem *overwhelming/underwhelming* im Sinne einer nur passiven Verarbeitung gesehen, was von Kühl, Gerjets und Scheiter (2007) bestätigt wurde. Da sich in meiner Studie das Benutzen von Animationen als positiv für Flow im Lernprozess und die anschließend gezeigte Leistung

erwies, sollte hier weiter nach den Bedingungen für den Nutzen von Animationen im Lernprozess geforscht werden. In einer Studie von Seufert, Frank, Huk und Brünken (2007) war der Lernerfolg bei der Verwendung von Animation und Text größer als bei Verwendung von statischen Bildern und Text, wenn es um prozessbezogenem gegenüber strukturbezogenem Wissen ging.

Studien zu auslösenden Bedingungen für unterschiedliches Abschneiden von Jungen und Mädchen in naturwissenschaftlichen Fächern

Dass Mädchen in naturwissenschaftlichen Fächern weniger motiviert sind und daher dort entsprechend schlechter abschneiden als Jungen, ist im Abschnitt 1.3. hinreichend belegt worden und konnte in dieser Arbeit bestätigt werden. Dass gerade das Interesse gemeinsam mit dem Selbstkonzept in Abhängigkeit vom Geschlecht einen großen Einfluss ausübt, konnte Lee (1998) zeigen. Als bedeutungsvoll hat sich in diesem Zusammenhang der sogenannte „stereotype threat“ (Steele & Aronson, 1995) erwiesen. Ob es tatsächlich zu einer Leistungsbeeinträchtigung oder -verbesserung kommt, hängt von den aktivierten beziehungsweise nicht aktivierten Stereotypen und der Aufgabe ab (Förster, Higgins & Strack, 2000; Förster, Higgins & Taylor Bianco, 2003). Dass es in der vorliegenden Arbeit ausreichte, Schülerinnen zu ermuntern, gegen das Stereotyp einer nicht ausreichenden Begabung in Physik anzuarbeiten, um Verbesserungen im Lernverhalten, Spaß und Leistungsbereich zu erzielen, ist erfreulich und kann frühere Arbeiten in diesem Bereich replizieren (Johns et al., 2005).

Bereits das Erinnern von Schülerinnen an ihr Geschlecht kann aber ihre eigenen Vorurteile wecken (Steele & Ambady, 2006). Inwieweit hier bereits die Angabe des Geschlechts im Fragebogen ein Geschlechtsrollenstereotyp aktiviert und damit geschlechtsrollenkonformes Verhalten provoziert, sollte weiter untersucht werden. In meiner Pilotstudie wurden alle Probanden mündlich aufgefordert, Alter und Geschlecht einzutragen, in der Hauptstudie war dafür eine Spalte vorgesehen. Bereits dieses Interesse am Geschlecht könnte eine Bedeutung haben, die oben genannten und auch weitere Studien (Shih, Ambady, Richeson, Fujita & Gray, 2002) geben dazu Anlass, bereits auf kleinste Details zu achten.

In meinem Fall war dieses automatische Wecken eines Stereotyps meines Erachtens nicht erfolgt, denn die Experimentalgruppenschülerinnen in der Hauptstudie konnten das Verhaltenmuster durchbrechen, die Kontrollschülerinnen nicht. Aber bereits solche kleinen Details können die Untersuchungsergebnisse von *Gender Studies* entscheidend beeinflussen. Eine Rolle könnte auch spielen, ob die Versuchsleiter weiblich oder männlich sind. In

meinem Fall waren es in beiden Studien dieselbe Versuchsleiterin und derselbe Versuchsleiter mit Hilfskräften beiderlei Geschlechts, so dass solche Überlegungen ebenfalls keine Rolle gespielt haben dürften.

Von Ziegler und Dresel (2006) wird bei der Sozialisation von Mädchen weniger als bei der von Jungen das individualistische Prinzip der Selbstregulation betont. Trotzdem seien Mädchen sehr selbstregulierte Lernerinnen. Studien sind zumeist in der Schule angesiedelt, hier gibt es ihrer Meinung nach noch zu wenig empirische Arbeiten über Geschlechtsunterschiede beim Einsatz von Lernstrategien. Zumeist fand man, dass Mädchen Wiederholungsstrategien in allen Bildungsgängen und Klassenstufen häufiger einsetzen. Die Autoren führen dies auf Methodeneffekte zurück, denn der Geschlechtsunterschied fand sich vorwiegend in Fragebogenverfahren mit geschlossenen Items. Sie fordern daher eine Erforschung der tatsächlichen Verwendung von Lernstrategien und deren Funktionalität. Hier konnte ich mit meiner Arbeit einen neuen Weg zur Erfassung von Geschlechtsunterschieden bei Lernstrategien aufzeigen.

4. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Im folgenden Abschnitt möchte ich noch einmal den Ertrag der Arbeit und der Studien zusammenfassen und kritisch diskutieren. Ziel war es ja, zu prüfen, inwieweit durch Medieneinsatz im Physikunterricht die Motivation und der selbst regulierte Lernprozess bei Schülerinnen und Schülern differenziell erfasst und beeinflusst werden können. Zunächst werde ich auf die unter 1.4 erwähnten Fragestellungen dieser Arbeit zurückkommen. Danach möchte ich einige weiterführenden Bemerkungen anschließen und einen Forschungsausblick geben. Welche Fragen sind beantwortet, welche offen geblieben und welche Perspektiven ergeben sich daraus für die Praxis?

Abschließende Bemerkungen zur Fragestellung dieser Arbeit

Ist die Erfassung des Lernprozesses durch Messungen während des Lernens im Schulalltag möglich und sinnvoll?

Die Erfassung des Lernvorgangs durch Messungen im Schulalltag war möglich. Die Aufzeichnung des Lerngeschehens auf dem PC erwies sich als gute Möglichkeit, den Lernvorgang zu untersuchen. Die Schüler hatten Spaß am Bearbeiten des Lernprogramms und fühlten sich durch die Überwachungsprogramme nicht gestört. Es war möglich, im Schulalltag Flow-Erleben beim Lernen zu erzeugen und trotz der wiederholten Messungen durch die auszufüllenden Fragebögen aufrecht zu erhalten. Diese Technik könnte in weiteren Untersuchungen Anwendung finden.

Ist eine objektive Erfassung des Mediators „Lernstrategien“ möglich?

Die objektive Erfassung von „Lernstrategien“ war möglich. Es konnte gezeigt werden, dass die verschiedenen Verhaltensspuren (Jamieson-Noel & Winne, 2003) Hinweise darauf geben können, wie ein Schüler vorgeht und es lassen sich daraus Schlüsse ziehen, welche Strategien sinnvoll sind. In dieser Studie zeigte sich, dass man sowohl quantitative als auch qualitative Strategieindikatoren objektiv erfassen kann. Nur die qualitativen Strategieindikatoren zeigten aber einen Bezug zur Leistung. Gerade das aktive Umgehen mit Animationen in einem Computerprogramm konnte die Leistung vorhersagen. Dies war bereits in anderen Untersuchungen gezeigt worden. Neu an meiner Untersuchung war jedoch die Art und Weise der Strategieerfassung, beispielsweise die Auswertung der Animationsnutzung mit Hilfe eines qualitativen Kategoriensystems. Diese Methode könnte und sollte in weiteren Untersuchungen Verwendung finden.

In früheren Untersuchungen (Köller, Baumert & Schnabel, 2000) wurden nur schwache Zusammenhänge zwischen den in Fragebögen erfassten Lernstrategien und der Leistung gefunden. Die Stärke des Zusammenhangs hing von der Erhebungsmethode ab, wie Spörer (2003) durch die Überprüfung des Vorhersagewerts der Leistung mittels der in Interviews gemessenen Strategien zeigen konnte. Auch in meiner Untersuchung ist das Lernverhalten nicht nachträglich durch Fragebögen erfasst worden, sondern aus den Verhaltensspuren ablesbar gewesen und von daher tatsächlich „relevant“.

Welchen Einfluss hat Flow auf den Lernprozess?

Meine Untersuchung hat weiterhin gezeigt, dass Flow-Erleben sich positiv auf das Lerngeschehen auswirkt. Flow-Erleben korrelierte in beiden Studien mit der Leistung. Dies stützt die Ergebnisse anderer Studien (Engeser et al., 2005). Flow-Erleben ist ein so angenehmer Zustand, dass man ihn immer wieder sucht. Wer Flow beim Lernen erlebt, wird gerne wieder lernen wollen. Insgesamt wird heute in der Lernforschung nicht nur auf

kognitive Faktoren und die Leistung geachtet, sondern es wird auch die Bedeutung von guten Gefühlen beim Lernen zunehmend erkannt (vgl. Spitzer, 2002). Ein aktuelles Beispiel für mich ist die Berufung der Historikerin und Sozialwissenschaftlerin Ute Frevert als neue Direktorin an das Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (Schmoll, 2008). Atmosphärische Einflüsse auf das Lernen, das emotionale Verhältnis der Schüler untereinander und zum Lernen und die Rolle der Empathie für Lernprozesse werden ihre Schwerpunkte in der Forschung sein.

Ist das kognitiv-motivationale Prozessmodell für das Lernen mit einem Physikprogramm hilfreich?

Eine Untersuchung sollte möglichst einen Beitrag leisten für die psychologische Theorieentwicklung. Nun lag im Falle dieser Arbeit bereits eine Theorie vor und es galt eher, diese zu testen. Das kognitiv-motivationale Prozessmodell hat sich als hilfreich für die Erforschung und das Verständnis des Lernprozesses erwiesen und es konnte erneut in den meisten Teilen bestätigt werden. Beim Lernen mit einem Physikprogramm am Computer wirkte die Eingangsmotivation über Mediatoren auf die Leistung. Das Vorwissen spielte dabei aber auch eine große Rolle. Wie bereits Fricke (1991, S. 190) ausführte, hat das Interesse an einem Thema bereits einen Einfluss auf das Vorwissen. Fricke fand ebenfalls, dass die Strategien bei der Effektivität des Lernens mit Computerprogrammen eine wesentliche Rolle spielten. Beides deckt sich mit den Ergebnissen meiner explorativen Pfadanalyse (Abschnitt 2.3.2). Interessant ist allerdings in dem Zusammenhang, dass die Instruktion vor dem Lernen einen Einfluss hat auf das gezeigte Vorwissen. Vorwissen ist also keine objektive Größe, sondern das Produkt aus Wissen und Motivation. Jede gezeigte Leistung muss aber schlussendlich so interpretiert werden. Eine Person kann viel wissen, sie muss aber nicht motiviert sein, diese Leistung jetzt auch zu erbringen. Hier bleibt die Frage, wie man Schülerinnen und Schüler motivieren kann. Eine Möglichkeit, nämlich durch die Instruktion, habe ich dazu in meiner Hauptstudie aufgezeigt.

Gibt es Geschlechtsunterschiede beim Lernen mit einem Physikprogramm am PC? Wenn ja, kann man sie ausgleichen? Ist die Motivation von Schülern und Schülerinnen verschieden? Wenn ja, kann man die Motivation verbessern?

Die letzte Fragestellung war die nach eventuellen Geschlechtsunterschieden beim Lernen mit einem Physikprogramm. Hierzu gab es in der Forschung bisher unterschiedliche Befunde (vgl. Abschnitt 1.3.). In meiner Pilotstudie zeigten sich bei allen Prozessvariablen

große Unterschiede zu Lasten der Schülerinnen. Ich war überrascht, dass es derart große Unterschiede zwischen den Geschlechtern in meiner ersten Studie gab. Dies war in früheren Studien mit dem FAM (Beierlein et al., 2005; Vollmeyer & Rheinberg, 2006) nicht der Fall gewesen. Zum einen hatte es sicher etwas mit dem Thema Physik zu tun. Dazu mag noch verstärkend das Thema Computer gekommen sein: Nach Fricke (1991, S. 192) spielt die Akzeptanz von Computern eine entscheidende Rolle beim Lernzuwachs. Wie Vollmeyer und Imhof (2007) kürzlich wieder zeigen konnten, sind Mädchen benachteiligt, was den Umgang mit Computern und die Einstellung dazu betrifft. Motivationale Erklärungen für das unterschiedliche Abschneiden von Jungen und Mädchen in Physik und Computerlernen konnten auch in anderen Studien belegt werden (Moe, Pazzaglia & Cadinu, 2006).

Weitere Überlegungen

Weitere Überlegungen zu den Befunden/ Die nicht geschlechtsneutrale Physik

Zwar konnte ich in der Hauptstudie zeigen, dass man mit Mitteln wie der Instruktion erreichen kann, dass Schülerinnen motivierter und leistungsfähiger werden. Aber ich möchte noch einige grundsätzliche Gedanken anfügen. Die Themen in der Physik sollten sich grundsätzlich mehr an den Interessen von Schülerinnen orientieren, dann gibt es auch mehr Nachwuchs in den Naturwissenschaften. Dazu müssen sich auch die Inhalte im Physikunterricht den Mädchen anpassen.

Wie komme ich zu dieser Ansicht? Eine Reihe von Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Physik, wie sie heute betrieben wird, nicht geschlechtsneutral ist. „Das Denken und Arbeiten des (westlichen) Mannes mit einer Betonung des Abstrakten und Technischen benachteiligt Frauen, die eher nach dem Sinn und Ziel dieser Aktivitäten fragen und dadurch motiviert werden könnten. Wenn man also etwas tun will für eine höhere Frauenquote, sollte man dies berücksichtigen. Das Material des IPN ist bereits das Ergebnis männlich orientierten Denkens, das Ergebnis der Pilotstudie kann daher nicht überraschen“ (persönl. Mitteilung, D. Brandt, Gründer des Hochschuldidaktischen Zentrums und Leiter des Zentrums für Lern- und Wissensmanagement der RWTH Aachen, am 23.11.2007).

Es gibt inzwischen websites wie www.genderundschule.de, auf denen man sich speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht Anregungen holen kann, wie man den Interessen der Mädchen entgegen kommen kann. Dullinger-Stopper (1998) gibt ebenfalls konkrete Beispiele, wie ein solcher Unterricht aussehen könnte. Bradshaw, der Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, konstatierte: „Deutsche Mädchen haben für Physikunterricht wenig übrig“ (Knüpfer, 1998). Der Lehrplan der Physik ist im Vergleich zu

den Nachbarländern zu wenig experimentell und auf unmittelbare Anschauung angelegt. Da sich dies (das ‚selbst experimentieren können‘) in meiner Studie als wichtig erwiesen hat, sollte dies auch in Schulen bei der Gestaltung von Lernumgebungen stärker berücksichtigt werden. Die Inhalte sollten einen Bezug zur Vorstellungs- und Lebenswelt von Mädchen haben und den Interessen und Erwartungen von Mädchen entgegenkommen.

Weitere Überlegungen zu den Befunden/ Möglichkeiten der Leistungssteigerung bei Frauen

Eine Studie von Becker, Burnett, Wiedenbeck und Grigoreanu (2006) zeigt, dass Softwareprogramme im Grunde eher für Männer gemacht sind. Frauen verarbeiten Informationen anders und lösen Probleme anders als Männer. In weiteren Studien zeigte sich, dass Frauen weniger zuversichtlich, weniger aktiv waren und weniger Erfolg hatten. Becker, Burnett et al. schreiben, dass es wichtig sei, *female tinkering* im Sinne einer „Verspieltheit“ zu fördern. Im Gegensatz zu Männern verbesserten sich die Ergebnisse dadurch signifikant (Becker, Kissinger et al., 2006). Es wird inzwischen schon von einer sogenannten *tinkering efficacy* berichtet (Baker, Yasar, Robinson Kurpius, Krause & Robert, 2004). Auch in meiner Studie ließ sich zeigen, dass größere Aktivität bei Schülerinnen zu einer besseren Leistung führte. Jenefer Husmann (2006) beschrieb den Begriff des *tinkering* im Bereich der mathematischen Fähigkeiten. Sie konnte zeigen, dass Jungen mehr spielen beim Lernen und dadurch Vorteile hatten. Weiterhin als günstig erwies sich die Wahrnehmung, dass eine derzeitige Aufgabe und ein späteres Ziel mit einander übereinstimmen, dass also eine Aufgabe relevant ist. Dies konnten auch andere Studien belegen, beispielsweise ist eine Pumpe für Mädchen uninteressant, es sei denn, es handelt sich bei ihr um ein Organ des Körpers, das Herz (Hidi, 2006).

Weitere Überlegungen zu den Befunden/ Nicht einseitig werden in der Geschlechterforschung

Man darf allerdings heute nicht verkennen, dass in vielen Fällen nicht mehr die Mädchen, sondern die Jungen in schulischen Belangen ins Hintertreffen geraten sind. Der Hirnforscher Geyer (2006) stellt sogar die Frage, ob Männer das schwächere Geschlecht der Zukunft sein werden. Zwar ist noch lange nicht überall eine Gleichberechtigung verwirklicht, beispielsweise sind nur neun Prozent aller Professoren weiblich, aber während das Bildungsniveau von Männern stagniert, steigt es bei Frauen weiter. „1950 war ein Drittel der Abiturienten in Deutschland weiblich, heute sind es knapp 60 Prozent In den USA kommen inzwischen auf 100 Männer mit höherer Schulbildung 140 Frauen“ (Ruess, 2007).

Es kann nicht sinnvoll sein, nur die Mädchen in den Naturwissenschaften zu fördern und die Jungen zu vernachlässigen. Gerade bei der Lesekompetenz ist der Vorsprung der Mädchen erheblich (Artelt, Baumert, Julius-McElvany & Peschar, 2004). So sehr zu hoffen ist, dass die Leistungsunterschiede in den Naturwissenschaften geringer werden, so wenig ist es sinnvoll, zentrale Lernkompetenzen wie das Lesen bei Jungen nicht ebenso vehement zu fördern. Dies sollte eine Aufgabe in der Forschung innerhalb der Pädagogischen Psychologie in den nächsten Jahren sein und wird auch von Wissenschaftlern so gesehen (persönl. Mitteilung von J. Brunstein, Universität Gießen, am 8.2.2008).

Es darf als gesichert gelten, dass Männer und Frauen sich nicht nur physisch unterscheiden. Wie, in welchen Bereichen und warum ist das Ziel der Gender Studies, das neben dem biologischen (*Sex*) von einem sozialen (*Gender*) Geschlecht ausgeht (Schenk, 1979, S. 10). Der Psychologe Money behauptete in den siebziger Jahren, dass Geschlecht nur ein Konstrukt sei und Geschlechtsrollen erlernt seien und im historischen und kulturellen Kontext gesehen werden müssen. Biologisch-medizinische Erkenntnisse widerlegen diese Theorie. Seine „Gender Identity Clinic“ in Baltimore wurde allerdings 1979 geschlossen. An deutschen Universitäten gibt es inzwischen 29 Gender-Studies-Institute (Knauss, 2007).

Wenn man von einem inneren und universalen Streben nach Selbstverwirklichung (vgl. die Maslow'sche *Self-Actualization-Theory*, Krech et al., 1974, S. 721 ff.), einem Erreichenwollen der potentiellen Fähigkeiten beim psychisch gesunden Menschen ausgeht, dann mag es dazu nötig sein, sich über Geschlechtsrollenstereotype hinwegzusetzen. Ein geistig gesunder, reifer Mensch sollte nach Block (1973, S. 526) zwar hochsozialisiert sein, aber geschlechtsunangepasst, falls es ihn in seiner Entfaltung behindert. Während dies in den siebziger Jahren nur für junge Mädchen als Nachteil gesehen wurde (Scheu, 1977), sollte man heute davon ausgehen, dass eine Benachteiligung von beiden Geschlechtern unserer Gesellschaft schlecht ansteht und langfristig schädliche Folgen haben wird.

Es gibt Geschlechtsunterschiede im Fähigkeitsselbstkonzept von Schülern bereits in der ersten Klasse, wonach Jungen ihre Fähigkeiten zum Beispiel beim Rechnen höher einschätzen. Häufig gehen die tatsächlichen Leistungen damit konform, spiegeln sich aber nicht immer in den Noten wider (Grasmück, 2007). Diese Geschlechtsunterschiede werden durch Eltern und Lehrer gestützt, und wirken sich auch auf die gegenseitige Einschätzung von Kindern aus (Frühau, 2007). Hier ist meines Erachtens dafür zu sorgen, dass Jungen sich zukünftig nicht überschätzen und damit meinen, sie müssten sich nicht anstrengen und in der Wirklichkeit dann ins Hintertreffen geraten. Neuere Forschungen versuchen, diesem

Phänomen auf die Spur zu kommen (McLellan, 2006). Ebenso wenig sollten Mädchen sich unterschätzen und dadurch zu schlechteren Ergebnissen gelangen.

Seien wir also gerecht und versuchen wir in Zukunft, alle Benachteiligungen durch den *stereotype threat* bei Betroffenen zu vermeiden. Dass dies gelingen kann, zeigen Untersuchungen von Good et al. (2003). Auch hier ist zusätzlich eine gute Selbstregulationsfähigkeit von Lernern nützlich, um eine Resilienz gegenüber *stereotype threats* zu entwickeln. „Future investigators may be able to harness the power of this individual difference (in self-monitoring) and perhaps design effective interventions that results in resiliency for all stigmatized students, and so gives some reason to optimism” (Inzlicht, Aronson, Good & McKay., 2006, S. 334).

Weitere Überlegungen zu den Befunden/ Nützen theoretische Modelle zur Erforschung des Lernvorgangs?

Meiner Studie lag das kognitiv-motivationale Prozessmodell für Lern- und Leistungssituationen zugrunde. Ich halte dieses Modell für gut, um den Lernvorgang zu erforschen. Es gibt klare Anhaltspunkte vor, welche Variablen wichtig sind und weiter erforscht werden sollen, um dann in die Vorstellungen von „gutem Unterricht“ einzufließen. Narciss von der Universität Dresden kam als Diskutandin auf der EARLI 2007 in Budapest (European Association of Learning and Instruction) im Symposium „Motivation and efficient learning with multimedia or web-based learning environments” zu demselben Schluss. Es gibt beim Lernenden eine motivationale Ausgangslage vor und beim Lernen, dazu kommen kognitive Aktivitäten während des Lernens, die zu bestimmten Lernergebnissen führen, die wiederum einen bestimmten motivationalen Zustand herbeiführen, der beim nächsten Lernen wieder wirksam wird.

Nach Randi und Corno (2000) sollten die Forschungen zum selbst regulierten Lernen zusammen mit Lehrern in Schulen weiter entwickelt werden. Um Lernenden zu helfen, selbst reguliert zu lernen, sei es wichtig, die Strategien zu verstehen, die erfolgreiche Schüler anwenden. Dies habe ich in meiner Studie versucht. Auch Randi und Corno halten das Interesse für einen auslösenden Faktor beim selbst regulierten Lerner: „Learners who are not tuned in will tune out, and ultimately turn off“ (ebd., S. 654). Sie schlagen vor, interessante und authentische Aufgaben zu verwenden, um das Interesse der Schüler zu wecken, wie es im Falle von guter Literatur oder den Naturwissenschaften der Fall sei. Als didaktische Konsequenz aus einer Befragung von Elftklässlern plädiert Wilhelm (2006) für eine stärkere Ausrichtung an der realen Alltagswelt verbunden mit Modellbildung und stärkerer

Schülerzentrierung. Dies bestätigt mein Vorgehen. Hier weitere Aufgabenfelder zu suchen und die Theorien im Schulalltag zu testen sollte das Ziel weiterer Forschung sein.

Das Vorhandensein von theoretischen Modellen zum Zustandekommen von Leistungen ist für die Praxis relevant. Es bedarf zunächst einer Idee, wie man das Lernen verbessern kann. Erst dann kann man an die Verbesserung der am Lernvorgang beteiligten Prozesse heran gehen. Diese müssen sich dann in der Praxis bewähren und gegebenenfalls immer wieder angepasst werden. Ein neuer Bericht der OECD, der auf der PISA-Studie basiert, erinnert in den Kernaussagen an das kognitiv-motivationale Prozessmodell. Die Daten belegen, dass Schüler bessere schulische Leistungen erzielen, wenn sie motiviert sind, über effektive Lernstrategien verfügen und sich selbst auch zutrauen, ihr Lernen zu steuern (Artelt et al., 2004). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass nämlich die Konsequenz aus solchen Untersuchungen sein muss, Zuversicht und Interesse bei Schülern durch pädagogische Unterstützungsprozesse zu entwickeln und zu stärken. In diesem Punkt schließen die Ergebnisse meiner Arbeit genau an.

Ainley, Buckley und Chan (2006) gingen von Zimmermans (2000) und Pintrichs (2000) Vorstellungen des selbst regulierten Lernens aus und stellten fest, dass Interesse einen Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung und die Leistungen bei technischen Aufgaben, nicht aber bei anderen Aufgabengebieten, hatte. Solche Interaktionen sollten noch genauer in verschiedenen Aufgabengebieten untersucht werden.

Ausblick

Zu den in meiner Arbeit behandelten Themen: selbstreguliertes Lernen, Computerlernen, Motivation, Flow und Physik möchte ich noch ein paar abschließende Bemerkungen machen, mir dabei zwei Exkurse gestatten, einige praktische Implikationen und Forschungsausblicke erwähnen und danach einen persönlichen Kommentar machen.

Ausblick/ Wie sollen Menschen selbst reguliert am besten lernen und in welchen Bereichen ist es im weiteren Leben wichtig?

Das selbst regulierte Lernen ist zum einen sicherlich im Schulalltag wichtig. Hier liegen auch viele Forschungsarbeiten vor, die einen positiven Einfluss auf die Schulleistungen zeigen (Winne, 1995; Zimmerman, 1990). Selbstregulation in Zusammenhang mit schulischem Lernen ist aber nur ein Aspekt. Das selbst regulierte Lernen ist auch im weiteren Leben wichtig. Wir müssen uns heute in immer schnellerem Maße einer veränderten Umwelt anpassen und dafür gerüstet sein. Weltweit werden dafür Programme entwickelt (Raviv,

2007). Meines Erachtens ist das selbst regulierte Lernen in allen Bereichen des Lebens wichtig, ob es um Beziehungen (Mary, 2004), die Absicherung des Lebensstandards im Alter oder die eigene Gesundheitserhaltung geht. Gerade im letzten Bereich arbeite ich seit elf Jahren, und bei koronar herzkranken Patienten wird beispielsweise ein Typ-A-Verhaltenmuster (Rosenman & Friedman, 1977) als „ein unzulängliches selbstregulatorisches Verhalten angesehen“ (Langosch, 1989, S. 69). Angesichts der Entwicklung im Gesundheitswesen, in dem eine immer älter werdende Bevölkerung immer mehr Leistungen beansprucht, ist die Selbstverantwortlichkeit jedes Einzelnen und damit seine Selbstregulationsfähigkeit zur Gesunderhaltung gefragt.

Was der Mensch braucht, um sein eigenes Denken besser verstehen zu können, ist Achtsamkeit gegenüber der Vielzahl von Gedanken, die scheinbar aus dem Nichts auftauchen, und möglichst viele Erfahrungen (Schwarz, 2006). Nicht zuletzt ist auch der Trend zur *Selfness* auf neurowissenschaftliche Erkenntnisse zurückzuführen. *Selfness* wird als neue Selbstverantwortungsbewegung definiert, bei der es letzten Endes um die Mobilisierung vorhandener, aber eingeschlafener Kräfte geht, um eigentlich vorhandenes, aber nicht aktiviertes Vorwissen sozusagen (ebd., S. 192).

Wir sollten uns also hüten, Lernen nur unter dem Gesichtspunkt der Effektivität, nur unter dem gemessenen Leistungsstand, zu sehen. Ob man es geschafft hat, langfristig Motivation zum selbstregulierten Lernen zu wecken und ob dieses Einsehen einer Selbstverantwortung auch mit Freude weiterbetrieben wird, daran wird man Lehr- und Lernmethoden in allen Bereichen des Lebens eines Tages messen müssen. Wir sollten uns nicht einbilden, bereits genug wissen. Wir sollten darauf vertrauen, dass die Menschheit sich weiter entwickeln kann und dass wir nicht alles vorbestimmen müssen. Es werden noch viele Menschen viele Ideen entwickeln und das Lernen revolutionieren. Aber auch hier spielt die Motivation als Antriebskraft die entscheidende Rolle, und wie man die weckt, hat niemand so schön umschrieben wie Antoine de St. Exupery: “Wenn Du ein Schiff bauen willst, sammle keine Leute, die Holz schlagen, verteile nicht die Arbeit und kommandiere nicht herum. Lehre sie stattdessen, Sehnsucht nach dem weiten, unendlichen Meer zu empfinden“.

Aus der Biologie kann man lernen, dass Präferenzen der Menschen im Laufe der Evolution entstanden. Verhalten hat immer sinnvolle Ursachen und gute Gründe in der Umwelt, verändert sich diese, muss auch das Verhalten angepasst werden. So wie die Stressreaktion in früheren Zeiten eine sinnvolle Reaktion war und das Überleben sicherte, so schädlich ist chronischer Dauerstress heute (Sapolsky, 1996). Selbstorganisation und Selbstanpassung waren Grundprinzipien biologischer Anpassung, wie Moosbrugger (2007),

der Direktor des Forschungsinstituts und des Naturkundemuseums Senckenberg in Frankfurt, am Beispiel von Evolutionsstrategien der Haihaut oder des Lotosblatts bis hin zur heutigen Forschung in der Bionik erläuterte. Die Bionik entschlüsselt Erfindungen der belebten Natur und setzt sie innovativ in der Technik um, sie ist sozusagen ein systematisches Lernen von der Natur. So wie sich das Lehren und das Lernen in den letzten hundert Jahren verändert haben, so werden sie auch weiterhin an neue Umwelten angepasst werden müssen.

Allerdings möchte ich gerade in heutigen Zeiten der Informationsüberflutung noch einen weiteren Gesichtspunkt ansprechen. Zum selbst regulierten Lernen gehört auch eine Beschränkung der Ablenkung, eine partielle Apperzeptionsverweigerung, also eine Einschränkung dessen, was wir aufnehmen oder wahrnehmen wollen. Dass dies gesund ist, vertreten Autoren wie Straub (2004, S. 130 ff.). Zu einem erfüllten Leben gehören Arbeit und Leistung, aber auch die Muße hat ihre Berechtigung. Bildung braucht Zeit, und in Zeiten der Muße entsteht Kreativität (Massow, 1998).

Der Erfinder des Fischer-Dübels sagte einmal in einem Interview (Nayhauss, 2005), dass er sich seit 56 Jahren mit Erfindungen beschäftige und ihm die meisten davon spontan eingefallen sind, zum Beispiel morgens im Bad. Für ihn gehört neben Disziplin und Selbstregulationsfähigkeiten auch Begeisterung und Muße zum erfolgreichen Lernen, Denken und Problemlösen. Alle großen Erfindungen wurden seiner Meinung nach von Menschen gemacht, die in ihrem Leben gespielt haben. „August Kekule von Stradonitz entdeckte 1864 die Ringstruktur des Benzols und der Chemiker Dimitrij Mendelejew um 1869 die Periodizität der Elemente – bei beiden fiel der Groschen im Schlaf“ (Kutter & Schwarz, 2005). Insofern gehört zu jeder Anspannung, zu jedem Lernen auch die Entspannung. Das sollte man bei aller Konzentration auf das Lernen mit Computerprogrammen nicht vergessen. Durch diesen Exkurs sollte der Gefahr entgegen gewirkt werden, ausschließlich Defizite bei Schülerinnen (z. B. in Physik) und bei Schülern (z. B. im Lesen) zu sehen und damit einseitig zu werden. Um ein guter selbst regulierter Lerner zu werden und zu bleiben bedarf es vieler Faktoren (vgl. Abschnitt 1.1.2).

Wenn man Menschen wieder zum selbst regulierten Lernen und Verhalten befähigen möchte, die momentan aus welchen Gründen auch immer demotiviert sind, dann wird man eine andere Vorgehensweise brauchen als bei hoch motivierten Leistungsträgern mit Burn-out. Was die einen zuviel hatten, haben die anderen sich zu wenig genommen: Freizeit. Eine gute Balance zwischen Anstrengung und Entspannung ist langfristig gesund. Es wäre wünschenswert, wenn jemand beispielsweise die Zeiten der Arbeitslosigkeit nutzen und Neues lernen würde. Es wäre gut, wenn wir gesellschaftlich dem Lernen lebenslang

besondere Bedeutung einräumen würden und dafür Modelle oder Vorbilder in Form von Prominenten und Programmen bereitstellten, statt hedonistischem Verhalten durch eine Vielzahl von verdummenden Nachmittagsfernsehsendungen Vorschub zu leisten. Untersuchungen können den Einfluss der Peer Group beim Lernen anhand von Fallstudien bei Kindern klar belegen (Vauras, Iiskala, Kajamies, Kinnunen & Lehtinen, 2003).

Es lässt sich zeigen, dass der Erziehungsstil beim Lernen prägend ist: Kinder mit sicherem Bindungsverhalten lernen besser. Nach Gebauer und Hüther (2001) gibt es sogar keine Bildung ohne Bindung. Eine enge und vertrauensvolle Beziehung zu Lehrenden ist unerlässlich „für die Nutzung und Strukturierung des menschlichen Gehirns“ (ebd., S.2). Eine gute emotionale Bindung führt nach Meinung der Autoren zu besserem Wissenserwerb eines Schülers. Bereichsspezifisches Vorwissen ist die wichtigste Voraussetzung für weiteres Lernen (Schneider & Knopf, 2003, S. 228). Bei hohem Vorwissen der Älteren gibt es später wenig Altersunterschiede beim Lernen, auch mit zunehmendem Alter kann noch gut gelernt werden. Es ist aber eine Sache der Motivation, wie gut ein Individuum die verfügbaren Umweltmöglichkeiten zur Weiterentwicklung seines geistigen Potentials nutzt (ebd., S. 181). Und gerade in der Hochbegabungsförderung konnte man sehen, dass die Entwicklung latenter Begabungspotenziale stark von selbstregulatorischen Kompetenzen geprägt wird (Heller, 2001; Heller, Mönks, Sternberg & Subotnik, 2000). Diese kann man selbst trainieren (Krug & Kuhl, 2006; Kuhl, 2004).

Ausblick/ Bedeutung von Selbstregulationsfähigkeit über das Lernen hinaus/ in der Psychotherapie

Vor 60 Jahren gab es das, was wir heute Selbstkonzept nennen, noch nicht. Es gab das Denkmodell des ‚Selbst‘ von C.G. Jung. Inzwischen ist die Frage nach dem Selbst in den Mittelpunkt der Psychoanalyse gerückt (Sanders, 1982). „Nach der Inhaltsvorstellung der Analytischen Psychologie versteht man unter dem Begriff des ‚Selbst‘ das primäre psychische Sein und damit den primären psychischen Ganzheitsentwurf aller Möglichkeiten der Persönlichkeitsentfaltung, aus dem heraus sich der individuelle Mensch entwickelt“ (ebd., S. 18). Bis heute gibt es aber noch keine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem hypothetischen Konstrukt des ‚Selbst‘.

Anfang der 70iger Jahre begann dennoch die Karriere des Selbst. Man sprach von Selbstverwirklichung, Selbsterfahrung, Selbstbestimmung, Selbstorganisation und selbst reguliertem Lernen. Gerade im psychotherapeutischen Bereich vertraut man auf das Selbst. Beispielsweise schließen Plananalysen in der Verhaltenstherapie und Methoden wie

Introvision die Selbstregulation in ihre Modellvorstellungen ein. Reddemann (2007) spricht vom Vertrauen in selbstregulative Kräfte, die durch Achtsamkeit gestärkt werden können. Das Gemeinsame an Flow und Achtsamkeit ist, dass man dabei sehr bei sich selbst ist. Aber beim Flow vergisst man das Selbst, bei der Achtsamkeit ist das der zentrale Moment. Aufmerksamkeit und Motivation treffen beim Flow-Erleben in geeigneter Umgebung mit geeigneter Anforderungssituation zusammen und lassen einen Menschen selbstvergessen sein.

Festzuhalten ist, dass einige Psychotherapierichtungen der Selbstregulationsfähigkeit des Organismus vertrauen (Kutschera, 1994) oder sogar darauf aufbauen (Rogers, 1993). In der beruflichen Rehabilitation ist selbst reguliertes Lernen unabdingbar. Zur Förderung der Selbstlernkompetenz in diesem Bereich sind bereits Trainingsprogramme entwickelt worden (Dingler, Horz & Krist, 2007).

Ausblick/ Bedeutung vom Lernen mit Computerprogrammen

Studien belegen (Bowman, 1982; Boyle, Connolly & Hainey, 2006), dass im Computerspiel viele Elemente enthalten sind, die in einem effektiven Lernprozess vorhanden sein sollten. Das Computerspiel braucht einen selbst regulierten Spieler, dieser kann selbst aktiv und kreativ und flexibel sein, sich optimal fordern und vieles andere mehr. „Die maßvolle Beschäftigung mit Computerspielen kann die Intelligenz und das Gedächtnis fördern. Dies fand Lehrl, Akademischer Direktor der Psychiatrischen Klinik Universität Erlangen-Nürnberg und Vorsitzender der Gesellschaft für Gehirntraining, heraus. Er bewertete im Auftrag von Gamesload 30 Spiele verschiedener Genres hinsichtlich ihres Nutzens für die geistige Leistungsförderung.

Zusammenfassend stellt Lehrl (2006) dabei fest, dass neben Spiel, Spaß und Spannung auch immer Leistungsanforderungen wie Reaktionsschnelligkeit und räumliches Orientierungsvermögen vom Spieler gefordert werden. Dies kann sich auch positiv auf das reale Leben auswirken. Aber was ist maßvoll? Der Ulmer Psychiater, Psychologe und Philosoph Spitzer (2006) warnt eindringlich vor den Folgen und Wechselwirkungen von zu hohem Computer- und Fernsehkonsum. Während die Pisa Studie einen Zusammenhang zwischen Nutzung von Computern und Leistung nahelegt, gibt es auch Hinweise, dass häusliche Computernutzung dem Lernen abträglich ist (Fuchs & Woessmann, 2004). Wann ist also Computerlernen sinnvoll und wie sollte es von statten gehen?

Ein gutes Beispiel für den Einsatz von Computersimulationen zeigt Dörner (2006). Wenn ein Problem sehr komplex ist, kann man am Computer verschiedene Strategien auf ihre Effekte hin testen. Am Bildschirm vergehen 30 Jahre in Minuten, man hat die Auswirkungen

von Fehlentscheidungen drastisch vor Augen und kann seine Entscheidung mehrfach revidieren. In der Medizin oder für Flugsimulationen sind Computeranimationen sehr lehrreich, um bestimmte Techniken immer wieder zu üben. In Paderborn ist das größte Computermuseum der Welt, das Heinz Nixdorf MuseumsForum. Dort gab es von Oktober 2005 bis Mai 2007 eine Sonderausstellung *Computer.Medizin*. Sie zeigte anhand spektakulärer interaktiver Exponate den Nutzen und die Grenzen des Computers in der Medizin auf, beispielsweise wie man Operationen am PC trainieren kann oder durch Gehirnaktivitäten Bälle ins gegnerische Tor treibt. Hier sind sicher noch viele nützliche Einsatzmöglichkeiten für Computerprogramme denkbar und wünschenswert.

Lang (1991) befragte Physik- und Chemielehrer und stellte ein positives Verhältnis der Fachlehrkräfte zum Computereinsatz fest, auch wenn der Unterricht damals noch weitgehend ohne Computereinsatz ablief. Weiterhin führt er eine sehr eng begrenzte Auswahl an möglichen Themenbereichen, nämlich Mechanik, Wärmelehre, Optik, Elektrik, Schwingungen/Wellen und Atom-/Quantenphysik auf. Trotz dieser positiven Einstellung wurden von den Lehrkräften die zusätzliche Zeit zur Vorbereitung (72 %), kein Ausgleich durch Stundenermäßigung (71 %), nicht genügend Software (46 %) und Grenzen der Computertechnik (35 %) als häufigste Probleme bei der Nutzung von Computern im Unterricht genannt (ebd., S. 93). Es wird also darauf ankommen, die Lehrer vom Nutzen solcher Programme zu überzeugen, gute Programme zu entwickeln, den Schulen die finanzielle Ausstattung im Computerbereich zu ermöglichen und die Schüler beim Lernen mit Computerprogrammen bestmöglich zu begleiten. Neuere Studien belegen, dass Lehrer und Lerner die Möglichkeiten, die der Computer bietet, nach wie vor noch zu wenig nutzen (Peters, Dupeyrat, Narciss, Koerndle & Mariné, 2006).

Alle bisherigen Studien, die ich kenne, zeigen, dass die Möglichkeiten des schnellen Hin-und-Her-Blätterns in Hypermediasystemen allein noch nicht die Verarbeitung der Inhalte verbessert. Es wird nach wie vor darauf ankommen, dass das Lernen mit Computerprogrammen durch einen Lehrenden gut vorbereitet, begleitet und nachbereitet wird. Janetzko, Batinic, Schoder, Mattingley-Scott und Strube (1997) sowie Janetzko, Meyer und Hildebrandt (1999) geben einen Überblick darüber, unter welchen Bedingungen das Lernen mit dem Internet sinnvoll ist. So wie „ein Lexikon im Regal haben“ und „den Inhalt kennen und ihn anwenden“ zwei verschiedene Dinge sind, so hat die Verfügbarkeit von großen Informationsmengen noch nichts mit gutem Lernen zu tun. Teenager sind im Umgang mit Websites häufig sogar ungeschickter als Erwachsene, wenn sie über keine ausreichende Lesefähigkeit verfügen, schlechte Recherchestrategien benutzen und ein niedriges

Geduldsniveau aufbringen. Gerade beim Lernen mit Computerprogrammen kommt es also auf eine gute Selbstregulation an, um nicht in den Informationen „verloren zu gehen“. Für das situationale Interesse ist besonders intrinsische Motivation beim Lernen mit einem Computerprogramm wichtig (Scholta & Lewalter, 2006).

Und es kommt auf gute Computerprogramme an. In meinen Studien haben sich die Animationen bewährt. Nur wenn man selbst etwas tut, ist man befriedigt, dies hat sich wieder einmal zeigen lassen: Flow-Erleben und Animationsnutzung gingen Hand in Hand. Die Schüler haben gern mit dem Programm gearbeitet, wie die Exploration ergab. Forschungen in allen Ländern kommen zu demselben Schluss: Im Symposium „Visualization and Science Learning“ konnte Slotta (2007) zeigen, dass es für den Lernvorgang ideal ist, wenn Studenten selbst aktiv werden und sich per Animationen Schritt für Schritt etwas selbst erarbeiten können, und er konnte einige Programme dazu vorstellen. Es gibt aber auch widersprüchliche Befunde, dass nämlich Animationen in Naturwissenschaften verwirren können und ihre Nützlichkeit am ehesten dann gegeben ist, wenn sie als Ergänzung zu Lehrbüchern und bei komplexen Problemen eingesetzt werden (Linn & Lee, 2007).

Auch hier spielt das Vorwissen (Grabner & Neubauer, 2007), die Häufigkeit und Art der Computernutzung (Senkbeil & Wittwer, 2007) sowie die Fähigkeit zum selbst regulierten Lernen (Wittwer & Senkbeil, 2007) eine wichtige Rolle. Ich möchte den Forschungsstand charakterisieren mit den Worten Lowes (2007): „Animations increasingly feature in technology-based learning materials. However, the basis upon which much educational animation is designed and used by practitioners tends to be intuitive rather than principled. Consequently, the educational effectiveness of the animations included in these learning materials is uncertain“.

Weinert (1968, S. 245 ff.) sprach schon früh von den Vorteilen programmierten Unterrichts. Während in humanistisch-geisteswissenschaftlichen Fächern konventioneller Unterricht mit Diskussionen besser sein mag, ist er in den naturwissenschaftlichen Fächern als Ergänzung vermutlich hilfreich. Ganz neue Ideen entwickelten Binser und Steuer (2007) anhand eines sogenannten Holo-Decks für einen spannenden Physikunterricht. Hier gibt es noch viel Forschungsbedarf: „Research on how computer-based learning environments can be adjusted to the skills and motivational characteristics of the learners, and how different learners can be encouraged and supported to efficiently use computers as a learning tool, however, has only just begun.“ (Vollmeyer & Imhof, 2007, S. 259). Eines steht aber fest: Auch mit neuen Medien bedarf es motivierter Schüler.

Ausblick/ Bedeutung von Flow

Wenn man davon ausgeht, dass Flow einen positiven Einfluss auf den Lernvorgang hat, dann sollte diese Erkenntnis mehr in den Unterricht einfließen. Beispielsweise ist es dazu nötig, die Ängstlichkeit von Schülern möglichst gering zu halten (Schüler, 2006). James Kakalios ist Physikprofessor an der University of Minnesota und hat ein Lehrbuch geschrieben, wo er die Gesetze der Physik mit Comic-Superhelden erklärt (Kakalios, 2005). Es war die Lustlosigkeit seiner Studenten, die ihn auf diese Idee brachte. Er wollte ihnen ein interessantes Lehrbuch liefern und auch denjenigen Physik verständlich machen, die in der Schule bereits die Lust an Physik verloren hatten. Dies ist ein weiterer Weg, um Studenten „einzufangen“ für ein Thema.

Die gute Gestaltung von Unterrichtsmaterialien ist wichtig. Den größten Lernfortschritt erzielen Kinder jedoch, wenn es eine gute Bindung (vgl. Gebauer & Hüther, 2001), also eine gute Beziehung zwischen Lernendem und Lernbegleiter gibt. Gelerntes wird dann nachhaltiger im Gehirn gespeichert (Spitzer, 2002). Neben diesem positiven Einfluss von Flow auf Lernen spielt Flow aber im gesamten Leben eine große Rolle. „Jeder hat schon erlebt, dass man . . . sich in Kontrolle der eigenen Handlungen, als Herr des eigenen Schicksals fühlt. Bei diesen . . . Gelegenheiten spürt man ein Gefühl der Hochstimmung, von tiefer Freude . . . Die besten Momente ereignen sich gewöhnlich, wenn Körper und Seele eines Menschen bis an die Grenzen angespannt sind, in dem freiwilligen Bemühen, etwas Schwieriges und Wertvolles zu erreichen. (Csikszentmihalyi, 1992, S. 15).

Flow gibt es in vielen Situationen, beim Mountainbiken (man lese nur die einschlägigen Fachzeitschriften wie „Bike“), beim Graffiti-Sprühen (Rheinberg & Manig, 2003) oder beim Schwimmen. Steffens, die Weltrekordhalterin über 100 Meter Freistil sagt in einem Interview (Schneider, 2007), dass sie täglich in ihrem Motivationsbuch „Das Flow-Erlebnis“ von Csikszentmihalyi lese. Beim Pokern nennt man das Flow-Erleben: „einen *Rush* haben“ oder man fühlt sich „eins mit dem Tisch“. „Man ist im Flow, und alles ist möglich“ (Meinert, 2007, S. 172). Da die meisten Menschen in Westeuropa ihre Grundbedürfnisse wie Hunger und Sicherheit befriedigen können, sind sie auf der Suche nach höheren Ebenen der Maslowschen Pyramide. Der Philosoph Robert Pirsig (1974) hat besondere Bewusstseinszustände (tiefe Befriedigung bei einer handwerklichen zielgerichteten Tätigkeit) beschrieben, die dem japanischen Zen entstammen und mit dem Flow übereinstimmen. Wenn klar ist, dass Flow etwas ist, was an vielen Stellen des Lebens vorkommt und dass dieser Zustand von Menschen immer wieder gesucht wird, dann sollte eine Flow-Förderung im Unterricht vermehrt die Ergebnisse der Flow-Forschung umsetzen (Csikszentmihalyi, 2008).

Und auch im Berufsleben ist Flow wichtig (Rheinberg, Manig, Kliegl, Engeser & Vollmeyer, 2007). Der Vorstand von Apple Computer, Steve Jobs, (Mai, 2005), beschrieb vor Graduierten in Stanford seine Lebenserfahrungen: „Wirklich gute Arbeit können Sie nur leisten, wenn Sie Ihre Arbeit lieben“. Anders ausgedrückt: „Wer Denkvorgänge bis zu einer gewissen Tiefe ausführen will, muss lernen, sich zu konzentrieren Die Konzentration verlangt umso größere Anstrengungen, je stärker sie unseren Gefühlen und Motivationen „gegen den Strich“ geht Wenn man aber etwas gern tut und dazu auch motiviert ist, kann man sich sogar dann mühelos konzentrieren, wenn sich objektiv große Schwierigkeiten einstellen“ (Csikszentmihalyi, 2001, S. 41 ff.).

Dies würde beispielsweise bedeuten, dass die Aussetzungen von extrinsischen Belohnungen und Androhung von Strafen zu vermeiden sind. Schülern einer Klasse sollte eine Auswahl an Aufgaben mit verschiedenem Schwierigkeitsgrad gegeben werden, damit jeder auf seinem optimalen Leistungsniveau arbeiten kann. Die Aufgabenstellung muss klar sein, damit die Schüler ihre Anstrengungen fokussieren können. Der Lehrer sollte ein positives Klassenklima zu schaffen und Angst, Sorgen oder andere negative Emotionen bei den Schülern vermeiden. Bei selbstreguliertem Lernen sollten Kontrollmöglichkeiten eingebaut werden, damit die Schüler erkennen, ob sie auf dem richtigen Weg sind.

Ausblick/ Bedeutung von Physik

Auf die naturwissenschaftlichen Fächer, die Mathematik eingeschlossen, entfallen nur 13 Prozent des Unterrichts, was die sogenannte „Wittenberger Initiative“ (Schaefer, 2000) bemängelt und naturwissenschaftliche Kompetenz durch fachübergreifenden Fachunterricht stärken möchte. Fischer (2003) plädiert für die Naturwissenschaften als Bildungsgut. Physiker und Physikerinnen waren in den letzten Jahren gesuchte Fachkräfte („Gute Aussichten für Physiker“, 2006) und die Berufsaussichten sind auch weiterhin gut. Nach Zahlen der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) geht die Zahl der Studienanfänger in den Technikdisziplinen in Deutschland weiter zurück. Während die Wirtschaft weiter dringend Ingenieure sucht, weckt das Schulsystem immer weniger Begeisterung für die Naturwissenschaften (Stern, Rees & Dürand, 2006). Stern führt dies auf die mangelnde Ermutigung der Mädchen und die veralteten Lernideen im Fach Physik zurück. Im Max-Planck-Institut für Bildungsforschung versucht man (Rötger, 2005), dem in Lernlaboren durch anschauliche Unterrichtsmaterialien entgegenzuwirken, ein Beispiel ist ENTERPRISE (*Enhancing Knowledge Transfer and Efficient Reasoning by Practising Representation in Science Education*). Die Forschung hat sich dieses Themas bereits also

angenommen und sollte dies auch weiterhin in allen Bereichen tun: „The importance of this study rests in the need to expand the investigations on identity in science education from its current successes in school science research, to provide school and university administrators and educators with a broader understanding of how issues of gender and identity influence the choices that students make in their careers as physicists” (Gonsalves & Livingstone, 2007).

Physik ist meines Erachtens ein Fach, das zu Unrecht ein Nischendasein führt. Aus der Sicht der modernen Physik, der Quantenphysik, liegt die Zukunft vor uns als ein Feld der Möglichkeiten (Priester, Hoell & Blume, 1998). Nur wenn man mit langem Atem Grundlagenforschung betreibt, kommen nützliche Dinge für die Entwicklung der Menschheit heraus. Forschung darf sich nicht immer sofort an der Frage der Nützlichkeit messen lassen. Die Lösung weltweiter Probleme kann nur von avantgardistischen Forschern kommen (Blome, 1989).

Nun könnte man sagen, dass inzwischen bereits alle physikalischen Phänomene erforscht sind und dies gar nicht mehr nötig ist. Bereits Max Planck hatte man vom Studium der Physik abgeraten, weil alles Wesentliche bereits erforscht sei. Er hat sich nicht beirren lassen und bekam 1918 den Nobelpreis (Quantentheorie). Drexler zählt aktuelle Rätsel der Physik auf und schreibt: „Viele der Phänomene, die man bei der Anwendung von technischen Geräten wie Magnetspulen, Transistoren oder Laserdioden nutzt, sind bis heute nicht verstanden Fragen wie „Was ist die Zeit?“, „Was ist die dunkle Materie“ oder scheinbar einfache wie „Wie entsteht Turbulenz?“ sind bis heute nicht beantwortet“ (Drexler & Butscher, 2005, S. 45).

Zum zehnten Mal hat eine sogenannte Physikerinentagung in Berlin stattgefunden, organisiert von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Schwägerl, 2006). Die „Vorzeigephysikerin“ Monika Ritsch-Martel, die sich in Quantenphysik habilitierte, tritt als Fürsprecherin für junge Physikerinnen auf. Fast alle erfolgreichen Physikerinnen, die sie trifft, teilen drei Merkmale: Sie waren die ältesten Kinder, ihre Eltern waren bemüht, naturwissenschaftliches Interesse zu wecken und sie wurden auf Mädchenschulen erzogen. Es bleibt zu hoffen, dass die Bedingungen noch genauer beschrieben werden können, unter denen Mädchen und Jungen in besser ausgeglichener Weise als heute in der ganzen Breite der Fächer und Berufsfelder nach ihren Fähigkeiten gefördert werden können und dass sich diese Bedingungen in der Lebenswelt auch realisieren lassen (Hessisches Kultusministerium, 2007).

Sparfeldt und Rost (2007) gehen davon aus, dass im Durchschnitt 79 Prozent der Varianz von Schulleistungen durch die Intelligenz und nur 16 Prozent durch die Motivation aufgeklärt wird und gerade im Fach Physik die Intelligenz die größte Rolle spielt. Dafür ist er

auf Fachtagungen zu Recht sehr kritisiert worden, zum Beispiel von Köller, dem Direktor des Institutes zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Aber selbst solche Motivations skeptiker wie Rost geben zu, dass die Hoffnung auf Erfolg beim Lernen wichtig für den Lernerfolg sei. Lassen wir uns also nicht entmutigen, ermutigende Bedingungen für das Lernen im Fach Physik zu suchen und zu schaffen. Zumal es Belege gibt, wonach die Intelligenz im Laufe der Schulzeit immer weniger wichtig wird, während die Bedeutung der motivationalen Faktoren zunehmen (Steinmayr & Spinath, 2006).

Ich möchte abschließend aus einem Editorial in einer Zeitschrift über aktuelle Lehrmittel mit Multimedia zitieren (Ortner, 2005), wo es um geschicktes Verbinden von Medien und Menschen zum Zwecke der Lehre mit dem Ziel des Lernens geht: „Das erfolgreiche Moment ist die gelungene Kombination von Präsenzphasen, in denen personal gelehrt wird, und Distanzphasen, in denen der Stoff medial dargeboten wird“. Ortner vergleicht diesen Prozess mit dem Verschneiden oder dem *blending* beim Produzieren von Whisky oder Pfeifentabak, wo es um die Mischung von Komponenten von hoher, aber dynamisch schwankender Einzelqualität mit dem Ziel der Sicherung einer möglichst gleich bleibenden hohen Gesamtqualität geht. Dies wäre ein reizvolles Ziel.

Persönlicher Kommentar

Mir gefiel von Anfang an das Konzept des selbst regulierten Lernens ausgesprochen gut, weil dem kein mechanistisches, sondern ein humanistisches Weltbild zugrunde liegt. Es ist auch ein positives Menschenbild, in dem jedem Individuum eine Selbstverantwortlichkeit und eine Veränderbarkeit, ein freier Wille eingeräumt wird, der von manchen Hirnforschern wie Singer (vgl. Geyer, 2004, S. 30 ff.) heute, wie ich finde zu Unrecht, bezweifelt wird.

Wenn ich dann anderen von meinem Vorhaben erzählt habe, dann war die Reaktion meist etwa wie folgt: „Aha, interessant . . . Was ist denn eigentlich Flow?“. Nach einer entsprechenden Erklärung kam dann als nächstens: „Ja, das kenne ich auch. Aber glaubst Du denn, dass es im Schulunterricht überhaupt möglich sein wird, Flow zu erzeugen?“. Soviel Skepsis meiner Umwelt färbte irgendwann auch auf mich ab. Umso erfreulicher fand ich es, dass es zweimal gelungen ist, im Schulunterricht innerhalb kurzer Zeit bei den Probanden Flow-Erleben auszulösen. Ungewöhnlich an meiner Untersuchung fand man auch die Tatsache, dass in der Pilotstudie die Motivation nicht als abhängige Variable gesehen wurde, die man steigern möchte, sondern als unabhängige Variable. Nach einer Erklärung, was unter selbst reguliertem Lernen zu verstehen ist und wie die Eingangsmotivation auf den

Lernprozess wirkt, fand man dieses Konzept aber sehr zukunftssträchtig und verfolgte meine Untersuchungen mit Interesse.

Weiterhin hat mich gefreut, dass ich zeigen konnte, dass man durch veränderte Einstimmung vor dem Lernen, durch Ermutigung und Aufzeigen der Relevanz von ansonsten eher trockenen und uninteressanten Themen, die Eingangsmotivation verändern und das Lernverhalten sowie die gezeigte Leistung verbessern kann. Darin sehe ich auch den wissenschaftlichen Beitrag meiner Untersuchung: Man kann den Lernprozess durch Verhaltensanalysen besser erfassen als durch Selbstbeurteilungsskalen, und kann daraus Empfehlungen für das Lernen am Computer ableiten. Dass davon gerade Mädchen profitiert haben, freut mich als Frau besonders, aber in heutigen Zeiten wird es an vielen Stellen immer wichtiger, auch die Jungen in den Bereichen, wo sie schulisch ins Hintertreffen zu geraten drohen, durch geeignete Interventionen zu stärken. Hier wird es noch vieler Forschungen bedürfen.

Ich möchte mit einem Zitat von Boekaerts (1996, S. 102) schließen: „Although researchers and practitioners in educational psychology have actively pursued programs with self regulates learning as a central concept, and a considerable number of results are available, the emerging picture is still rather complex. We are not yet in a position to describe the process through which self regulated learning develops.“. Ich hoffe, mit meiner Arbeit etwas zu dieser Entwicklung beigetragen zu haben.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Basierend auf dem kognitiv-motivationalen Prozessmodell von Vollmeyer und Rheinberg (1998) werden zwei Studien vorgestellt, die sich mit dem selbst regulierten Lernen mit Multimedia im Physikunterricht beschäftigen. Das kognitiv-motivationale Prozessmodell beschreibt, wie die Eingangsmotivation über Mediatorvariablen auf die Leistung, in diesem Fall den Wissenserwerb, wirkt. Wie in früheren Studien gezeigt werden konnte, besteht die Eingangsmotivation aus vier voneinander unabhängigen Faktoren: Herausforderung, Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgsbefürchtung. Als Mediatorvariablen wurden in beiden Studien die von Schülern verwendeten Strategien, der motivationale Zustand während des Lernens und der funktionale Zustand während des Lernens angenommen. Bei den Strategien handelt es sich genauer gesagt um das beobachtbare Verhalten der Schülers während des Lernens. Mit Motivationalem Zustand sind die gleichen Faktoren wie bei der Eingangsmotivation gemeint, nur dass jetzt die Lerner schon Erfahrung mit der Aufgabe haben. Der funktionale Zustand gibt an, wie sehr ein Lerner auf die Aufgabe konzentriert ist. Ein Konstrukt, das diesen Zustand gut beschreibt, ist Csikszentmihalyis Flow.

Ziel der Pilotstudie war es, das Lernen im Schulalltag mit einem Physikprogramm am Computer zu untersuchen. Dazu wurden folgende Hypothesen aufgestellt: 1) Die Eingangsmotivation wirkt auf die Mediatoren. 2) Die Mediatoren wirken auf die Leistung. 3) Die Eingangsmotivation wirkt auf die Mediatoren und diese wiederum auf die Leistung (Prüfung des Prozessmodells). 4) Es gibt Geschlechtsunterschiede bei den Variablen: Eingangsmotivation, hier insbesondere beim Interesse, den Mediatoren und der Leistung. Schüler sollten bei allen Variablen besser abschneiden.

In der Pilotstudie hatten 32 SchülerInnen einer 11. Klasse 30 Minuten Zeit, sich ein Physiklernprogramm zum Thema Drehmomente (Wünscher & Ehmke, IPN Kiel, 2002) selbständig zu erarbeiten. Neben der Eingangsmotivation vor Beginn des Lernens (FAM, Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) wurde die Motivation und Flow während des Lernens gemessen (FKS; Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003; 8 Items aus dem FAM). Die Vorgehensweise am PC wurde mit Hilfe eines Videoüberwachungsprogramms (ScreenVirtuoso) und eines Monitoringprogramms (StatWin) aufgezeichnet.

Indikatoren für das Lernen waren die im Anschluss an die Bearbeitung des Lernprogramms in einem Lernfragebogen zu der Lerneinheit erzielte Punktzahl. Als Kontrollvariable wurde zu Beginn das Vorwissen erfasst. Indikatoren für die Strategien waren a) die Schnelligkeit der Bearbeitung (Anzahl der bearbeiteten Abschnitte und Bearbeitungszeit der einzelnen Abschnitte), b) die Aktivität (Mausklicks) und c) die

Verwendung der Animationen (Schnelligkeit des Auffindens, Anzahl, Länge und Art und Weise der Nutzung).

Die Hypothesen konnten bestätigt werden. Das kognitiv-motivationale Prozessmodell konnte in den meisten Teilen bestätigt werden: Die Eingangsmotivation, vor allem das Interesse, wirkt über Mediatoren, hier besonders über die verwendeten Strategien, auf die Leistung. Die Geschlechtsunterschiede beim Lernen mit einem Physikprogramm am PC (in der Eingangsmotivation, den Vorgehensweisen, und der gezeigten Leistung) waren stärker als erwartet zu Gunsten der Schüler. Die Geschlechtsunterschiede waren bei allen Variablen signifikant. Damit Schülerinnen in dem untersuchten Bereich zukünftig bessere Ergebnisse erzielen, könnte es hilfreich sein, ihr situationales Interesse und die Erfolgsoversicht zu erhöhen.

In der Hauptstudie wurde daher der Versuch gemacht, durch eine Veränderung der Instruktion die Motivation, besonders die der Schülerinnen, beim Arbeiten mit einem Physiklernprogramm zu steigern. Hier sollten besonders zwei Faktoren der Eingangsmotivation wichtig sein. Wenn es eine Rolle spielt, für wie fähig sich ein Schüler hält, dann müsste es möglich sein, durch entsprechende Instruktionen die Erfolgswahrscheinlichkeit zu stärken und damit das Lernergebnis zu verbessern. Dies erschien im Hinblick auf die schlechte Erfolgswahrscheinlichkeit der Schülerinnen in der Pilotstudie geboten. Weiterhin wurde der Einfluss, den das Interesse auf die Leistung hat, diskutiert und entsprechend in der Hauptstudie versucht, das Interesse der Schüler zu steigern. Die Hypothesen lauteten: 1) Bei den Experimentalgruppen wird durch die Instruktion die Eingangsmotivation verändert. 2) Da der Einfluss von Vorwissen nicht auszuschließen ist, wird es kontrolliert. Es wird erwartet, dass das Vorwissen mit der Leistung signifikant korreliert. Bei den Experimentalgruppen wird mehr Vorwissen aktiviert als bei der Kontrollgruppe. 3) Durch die Manipulation sollen sich auch die Mediatoren des Lernprozesses verändern. 4) Die Leistung soll sich in Abhängigkeit von der Instruktion in den Experimentalgruppen verbessern.

Der Versuchsablauf blieb im Wesentlichen unverändert. In einem 3 x 2 Design wurden 60 Schüler (30 weiblich, 30 männlich) aus der Klassenstufe 11 getestet. Es gab eine Instruktion, worin die Schülerinnen über die Bedrohung durch Geschlechterstereotype informiert wurden und gebeten wurden, dagegen an zu arbeiten. In einer zweiten Experimentalgruppe sollte das Interesse aller Probanden erhöht werden.

Die Ergebnisse waren weitgehend hypothesenkonform. Es konnte gezeigt werden, dass sich mittels der Instruktion die Eingangsmotivation verbesserte und sich dadurch auch

Flow-Erleben und Motivation während des Lernens erhöhten, wodurch eine bessere Leistung zustande kommen konnte. Dies ist ein Ergebnis, das für den Schulalltag von Schülern und Lehrern berücksichtigt und umgesetzt werden sollte. Lehrer sollten Schülerinnen in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern auf das Geschlechtsrollenstereotyp aufmerksam machen, da dies zu besseren Strategien und Leistungen bei deren Lernen führt. Sie sollten überdies das Interesse der Schülerinnen wecken, durch Betonung der persönlichen Relevanz des Themas ebenso wie durch noch zu untersuchende andere, Interesse besser weckende Instruktionen.

Allerdings war in der Hauptstudie das Interesse in der Interessengruppe nicht wie erwartet gestiegen, dagegen veränderten sich andere Faktoren der Eingangsmotivation. Die Schüler hielten einen Erfolg für wahrscheinlicher, die Schülerinnen waren ängstlicher. Dennoch verhielten sich die Schülerinnen dieser Gruppe strategisch besser und erzielten auch bessere Leistungen. Die Schüler hatten ein höheres Flow-Erleben, erzielten aber keine besseren Leistungen.

In der Stereotypgruppe gab es ebenfalls signifikante Verbesserungen bei allen Prozessvariablen bei den Schülerinnen. Sie hatten erwartungsgemäß eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit, zeigten bessere Lernstrategien und erzielten bessere Leistungen als die Schülerinnen der Kontrollgruppe. Während in der Kontrollgruppe fast alle Geschlechtsunterschiede der Pilotstudie repliziert wurden, gab es in den Experimentalgruppen keine Geschlechtsunterschiede mehr. Insbesondere die Schülerinnen hatten von der Manipulation profitiert.

Die Gründe für die Veränderungen in den Experimentalgruppen wurden diskutiert und weitere Forschungsansätze aufgeführt. Erfreulich ist, dass im Schulalltag beim Lernen mit einem Computerprogramm Flow-Erleben erzeugt werden konnte. Ebenfalls erfreulich ist, dass der Benachteiligung von Schülerinnen beim Lernen mit Physikprogrammen wirksam begegnet werden konnte. Der Lernprozess konnte ein weiteres Stück im Schulalltag erforscht werden und mit Hilfe von Monitoringprogrammen konnten objektive Indikatoren für das Vorgehen bzw. die Strategien von Schülern beim Lernen am Computer bestimmt werden. Als günstiger Strategieindikator erwies sich vor allem die Länge und Güte der Nutzung von Animationen. Das kognitiv-motivationale Prozessmodell konnte erneut bestätigt werden und sollte in weiteren Forschungen als theoretischer Hintergrund herangezogen werden.

6. Literaturverzeichnis

- Ainley, M., Buckley, S. & Chan, J. (2006). *Interest and efficacy beliefs in self-regulated learning: Does the task make a difference?* Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Angell, C., Oystein, G., Henriksen, E. & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' view of physics and physics teaching. *Science Education*, 88, 683-706.
- Appel, M. & Kronberger, N. (2007). *Erste Befunde zum Einfluss von Stereotype Threat auf die Prozesse des Wissenserwerbs (mit neuen Medien)*. Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Arnold, W., Eysenck, J. & Meili, R. (Hrsg.). (1991). *Lexikon der Psychologie (Band 2)*. Freiburg: Herder.
- Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Artelt, C., Baumert, J., Julius-McElvany, N. & Peschar, J. (2004). *Das Lernen lernen: Voraussetzungen für lebensbegleitendes Lernen. Ergebnisse von PISA 2000*. Paris: OECD.
- Artelt, C. & Moschner, B. (Hrsg.). (2005). *Lernstrategien und Metakognition. Implikationen für Forschung und Praxis*. Münster: Waxmann.
- Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64, 359-372.
- Augter, S., Grosse Halbuer, A. & Welp, C. (2005). Dem Affen ähnlicher. *Wirtschaftswoche*, 6, 79-80.
- Azevedo, R., Guthrie, J. & Seibert, D. (2004). The role of self-regulated learning in fostering student's conceptual understanding of complex systems with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 30, 87-111.
- Baker, D., Yasar, S., Robinson Kurpius, S., Krause, S. & Robert, C. (2004). *Developing a Method to Measure the Metakognitive Effects Of a Course on Design, Engineering and Technology over Time*. Paper presented at the Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, UT.
- Bandura, A., Ross, D. & Ross, S.A. (1963). Imitation of film-mediated aggressive models. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 66, 3-11.
- Bandura, A. (1977). Self-Efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review*, 84, 191-215.

- Bandura, A. (1988). Organizational application of Social Cognitive Theory. *Australian Journal of Management*, 13, 275-302.
- Bauer, J. (2004). *Das Gedächtnis des Körpers - Wie Beziehungen und Lebensstile unsere Gene steuern*. München: Piper.
- Bauer, J. (2006). *Prinzip Menschlichkeit. Warum wir von Natur aus kooperieren*. Hamburg: Hoffmann & Campe.
- Bauer, J. (2008). *Neurobiologische Korrelate zwischenmenschlicher Beziehungen: Epigenetische Muster, Motivationssysteme und Spiegelneurone*. Vortrag auf der 5. Münchner Tagung der Familienpsychologie.
- Baumert, J., Heyn, S. & Köller, O. (1992). *Das Kieler Lernstrategien-Inventar (KSI)*. Institut für die Pädagogik in den Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Beckwith, L., Burnett, M., Wiedenbeck, S. & Grigoreanu, V. (2006). *Gender HCI: Results To Date regarding Issues in Problem-Solving Software*. Paper presented at the Gender and Interaction: Real and Virtual Women in a Male World, Venedig.
- Beckwith, L., Kissinger, C., Burnett, M., Wiedenbeck, S., Lawrence, J., Blackwell & Cook, C. (2006). Tinkering and Gender in End-User Programmers' Debugging. *CHI 2006 Proceedings, End User Programming, Montreal, Quebec, Canada, April 22-27*, 231-240.
- Beierlein, C., Bachmann, G., & Püttmann, A. (2005). *Aktuelle Motivation, Flow-Erleben und Lernleistung beim Lernen mit SPSS*. Poster bei der 10. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Halle.
- Bent, R. (2004). *Motivation, Fachwahlen, selbst regulierendes Lernen und Fachleistungen im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe*. URL: http://paedagogische.psychologie.uni-Mannheim.de/bent/ss04/userdata/LV_Bent_09.pdf. Universität Mannheim. [1.6.08].
- Berlyne, D. E. (1974). *Konflikt, Erregung, Neugier*. Stuttgart: Klett.
- Bess, J. (Ed.). (1997). *Teaching well and liking it: Motivation faculty to teach effectively*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Binser, M. J. & Steuer, S. (2007). *Ein Holo-Deck für spannenden Physikunterricht - Demonstration einer Virtual Reality Lenkung zur Emotionsinduktion im Lern- und Leistungskontext*. Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Block, J. (1973). Conceptions of sex role - Some cross-cultural and longitudinal perspectives. *American Psychologist*, 28, 512-526.
- Blome, H.-J. (1998). Extraterrestrische Grundlagenforschung. *Kultur und Technik*, 1, 18-27.

- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. *European Psychologist, 1*, 100-112.
- Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers and students. *Learning and Instruction, 7*, 161-186.
- Boekaerts, M. & Corno, L. (2005). Self-Regulation in the Classroom: A Perspective on Assessment and Intervening. *Applied Psychology, 54*, 199-231.
- Boekaerts, M., Pintrich, P. R. & Zeidner, M. (2000). *Handbook of Self-regulation*. San Diego: Academic Press.
- Bofinger, J. (2005). Pädagogischer Mehrwert durch neue Medien. *L. A. Multimedia, 2*, 6-8.
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (4. Auflage). Berlin: Springer.
- Bortz, J., & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler* (2. Auflage). Berlin: Springer.
- Bowman, R. (1982). A "Pac-Man" theory of motivation: Tactical implications for classroom instruction. *Educational Technology, 22*, 14-16.
- Boyle, E., Connolly, T. & Hainey, T. (2006). *Can computer games motivate next generation learners? A survey of students' reasons for playing computer games*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Brünken, R., Müller-Kalthoff, T. & Möller, J. (2005). Lernen mit Hypertext und Multimedia: Aktuelle Trends und Stand der Entwicklung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 19*, 1-3.
- Buckley, S., Ainley, M. & Pattison. (2007). *Anxiety, motivation, gender and peer influences in mathematics*. Paper presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Bühler, K. (1919). *Abriss der geistigen Entwicklung des Kindes*. Leipzig: Quelle & Meyer.
- Burba, D. (2006). *Leistungen von Jungen und Mädchen bei PISA 2003- bedeutsame Unterschiede?* Kiel: Christian-Albrechts-Universität.
- Burns, B., & Vollmeyer, R. (2002). Goal specificity and dual-space search theories of problem solving. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 55A*, 241-261.
- Busch, U. (1998). *Gestaltung computergestützter Lernprogramme unter Berücksichtigung der pädagogischen Konzeption Maria Montessoris*. Frankfurt: Lang.
- Chan, T. (1999). Motivational flow in computer-based information access activity. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities & Social Sciences, Vol 59(7-A)*.

- Choi, D. H., Kim, J. & Kim, S. H. (2007). ERP training with a web-based electronic learning system: the flow theory perspective. *International Journal of Human Computer Studies*, 65, 223-243.
- Cromley, J. & Azevedo, R. (2007). Testing and Refining the Direct and Inferential Mediation Model of Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 99, 311-325.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Csikszentmihalyi, M. (1992). *Flow – Das Geheimnis des Glücks*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, M. (2001). *Lebe gut!* München: dtv.
- Csikszentmihalyi, M. (2004). *Flow im Beruf*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, M. (2008). *Das Flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile: Im Tun aufgehen* (10. Auflage). Stuttgart: Klett.
- Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I. S. (Hrsg.). (1991). *Die außergewöhnliche Erfahrung im Alltag. Die Psychologie des Flow-Erlebens*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, I. S. & Larson, R. (1987). Validity and reliability of the Experience Sampling Method. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 175, 529-536.
- Csikszentmihalyi, M. & Schiefele, U. (1993). Die Qualität des Erlebens und der Prozess des Lernens. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 207-221.
- Cube, F. v. & Alshuth, D. (1986). *Fordern statt Verwöhnen: Die Erkenntnisse der Verhaltensbiologie in Erziehung und Führung* (2. Auflage 1987). München: Pieper.
- Dannhauer, H. (1977). *Geschlecht und Persönlichkeit*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaft.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Dickhäuser, O. (2001). *Computernutzung und Geschlecht. Ein Erwartung-Wert-Modell (Reihe Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Band 26)*. Münster: Waxmann.
- Dingler, D., Horz, H. & Krist, H. (2007). *Analyse und Förderung von Selbstlernkompetenzen als Voraussetzung selbstregulierten Lernens bei Erwachsenen in der beruflichen Rehabilitation*. Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Dörner, D. (2006). *Die Logik des Mißlingens*. Reinbek: Rowohlt.
- Dorsch, F. (1976). *Psychologisches Wörterbuch* (9., vollständig neubearbeitete Auflage). Berlin: Hans Huber.
- Draschoff, S. (2000). *Lernen am Computer durch Konfliktinduzierung (Reihe Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Band 23)*. Münster: Waxmann.

- Drexler, J. & Butscher, R. (2005). Die 7 Rätsel der Physik. *Bild der Wissenschaft*, 4/2005, 40-57.
- Dullinger-Stopper, K. (1998). Methodenvielfalt in der Physik. In Pädagogisches Zentrum Rheinland Pfalz (Hrsg.), *PZ-Information Mädchenphysik? Jungenphysik? Physik, die allen Spaß macht* (Bd. 6), Bad Kreuznach. (http://www.netzwerk-frauen-in-kunst-und-kultur.de/iracer3/doc/doc_request.cfm?A3A93F603CDA11D7B4310080AD795D93)
- Duncker, K. (1940). On pleasure, emotion, and striving. *Philosophy and Phenomenological Research*, 1, 391-430.
- Einstein, A. (1977). *Mein Weltbild* (Erstdruck 1934, neue vom Verfasser durchgesehene und wesentlich erweiterte Auflage 1977). Frankfurt: Ullstein.
- Ekman, P. (1988). *Gesichtsausdruck und Gefühl: 20 Jahre Forschung von Paul Ekman*. Paderborn: Junfermann.
- Engeser, S. (2004). *Motivation, Lernaufwand und Lernleistung in der Statistikausbildung der Psychologie*. Dissertation. Potsdam: Institut für Psychologie.
- Engeser, S. (2007). *Was bedingt Flow?* Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Engeser, S., Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Bischoff, J. (2005). Motivation, Flowerleben und Lernleistung in universitären Lernsettings. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19, 159-172.
- Engeser, S. & Vollmeyer, R. (2005). Tätigkeitsanreize und Flow-Erleben. In R. Vollmeyer & J. Brunstein (Hrsg.), *Motivationspsychologie und ihre Anwendung* (S. 59-71). Stuttgart: Kohlhammer.
- Fend, H. (2000). *Entwicklungspsychologie des Jugendalters*. Opladen: Leske und Budrich.
- Fischer, E. P. (2003). *Die andere Bildung: Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte* Berlin: Ullstein.
- Förster, J., Higgins, E.T. & Strack, F. (2000). When stereotype disconfirmation is personal threat: How prejudice and prevention focus moderates incongruency effects. *Social Cognition*, 18, 178-197.
- Förster, J., Higgins, E.T. & Taylor Bianco, A. (2003). Speed/accuracy in performance: Tradeoff in decision making or separate strategic concerns? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 90, 148-164
- Freud, S. (1905). *Drei Abhandlungen zur Sexualtheorie* (Auflage 1961.). Frankfurt: Fischer.
- Freud, S. (1938). *Abriß der Psychoanalyse - Das Unbehagen in der Kultur* (Auflage 1956). Frankfurt: Fischer.

- Fricke, R. (1991). Zur Effektivität computer- und videounterstützter Lernprogramme. In R. S. Jäger (Hrsg.), *Computerunterstütztes Lernen* (Beiheft 2 zur Zeitschrift Empirische Pädagogik. Landau.), 167-204
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien - ein Problemaufriss. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S. 3-54). Göttingen Hogrefe.
- Frühauf, S. (2007). *Geschlechtsunterschiede im Rechenselbstkonzept bei Grundschulkindern*. Poster auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Humboldt-Universität Berlin
- Fuchs, T. & Woessmann, L. (2004). Computers and student learning: Bivariate and multivariate evidence on the availability and use of computers at home and at school. *Brussels Economic Review/Cahiers Economiques de Bruxelles, Editions du DULBEA, Universität libre de Bruxelles, Department of Applied Economics (DULBEA), 47 (3-4), 359-385.*
- Gaensslen, A. (1981). Geschlechtsrollenstereotype bei Kindern. Vordiplomarbeit. Frankfurt am Main: Institut für Psychologie.
- Gage, N. & Berliner, D. (1996). *Pädagogische Psychologie* (5 Auflage). Weinheim: Beltz.
- Garcia, T. & Pintrich, P. R. (1996). Assessing students motivation and learning strategies in the classroom context. In M. Birenbaum & F. Dochy (Eds.), *Alternatives in assessment of achievement, learning process and prior knowledge* (pp. 319-339). Boston: Kluwer.
- Gebauer, K. & Hüther, G. (2001). *Kinder brauchen Wurzeln. Neue Perspektiven für eine gelingende Entwicklung*. Zürich: Walter.
- Geyer, C. (Hrsg.). (2004). *Hirnforschung und Willensfreiheit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Geyer, C. (2006). Frau überholt rechts. Sind Männer das schwächere Geschlecht der Zukunft? *Frankfurter Allgemeine Zeitung, 130, 35.*
- Glaserfeld, E. v. (1996). *Radikaler Konstruktivismus : Ideen, Ergebnisse, Probleme*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Gonsalves, A., & Livingstone, M. (2007). *Moving from equity to identity to explore gendered participation in physics*. Paper presented at the JURE 2007 Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Good, C., Aronson, J. & Inzlicht, M. (2003). Improving adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat. *Applied Developmental Psychology, 24, 645-662.*

- Grabner, R. & Neubauer, A. (2007). *What brain imaging tells us about the interplay of intelligence and expertise*. Paper presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Grasmück, E. (2007). *Geschlechtsunterschiede im Rechnen bei Grundschulkindern in der dritten Klasse*. Poster auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Humboldt-Universität Berlin.
- Gute Aussichten für Physiker. (2006). *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 23.12.2006, S. 14.
- Häcker, O. & Stapf, K.-H. (2004). *Dorsch. Psychologisches Wörterbuch* (14. Auflage.). Bern: Hans Huber.
- Hannover, B., & Kessels, U. (2002). Monoedukativer Anfangsunterricht in Physik in der Gesamtschule. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 34, 201-215.
- Hänze, M. & Berger, R. (2007). *Förderung der intrinsischen Lernmotivation durch Schulnoten? Eine quasi-experimentelle Studie im Physikunterricht der Sekundarstufe 2*. Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Harsdörfer, G. P. (1647). *Poetischer Trichter. Die Teutsche Dicht- und Reimkunst/ ohne Behuf der Lateinischen Sprache/ in VI. Stunden einzugiessen. Samt einem Anhang Von der Rechtschreibung / und Schriftscheidung/ oder Distinction. Durch ein Mitglied der hochlöblichen Fruchtbringenden Gesellschaft. Zum zweiten Mal aufgelegt und an vielen Orten vermehret*. Nürnberg (Bibliothek des Germanischen Nationalmuseums, Sign. 80 01 164/1, Slg. N 943): Wolfgang Endter.
- Hebb, D. O. (1955). Drivers and the conceptual nervous system. *Psychological Review*, 62, 243-254.
- Heckhausen, H. (1972). Die Interaktion der Sozialisationsvariablen in der Genese des Leistungsmotivs. In C. F. Graumann (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie* (Band 7/2, S. 955-1019). Göttingen: Hogrefe.
- Heckhausen, H. (1974). Motive und ihre Entstehung. In F. E. Weinert, C. F. Graumann, H. Heckhausen & M. Hofer (Hrsg.), *Funkkolleg Pädagogische Psychologie* (S. 101-132). Frankfurt: Fischer.
- Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln* (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- Heckhausen, H. & Rheinberg, F. (1980). Lernmotivation im Unterricht, erneut betrachtet. *Unterrichtswissenschaft*, 8, 7-47.
- Heimbring, D. (1992). *Montessori-Pädagogik und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Aachen: Augustinus Buchhandlung.

- Heine, C. (1997). Task enjoyment and mathematical achievement. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities & Social Sciences*, 58 (4-A).
- Heiss, A., Eckhardt, A., & Schnotz, W. (2003). Selbst- und Fremdsteuerung beim Lernen mit Hypermedia. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14, 211-220.
- Heller, K., Mönks, F., Sternberg, R., & Subotnik, R. (2000). *International Handbook of Giftedness and Talent*. Amsterdam: Elsevier.
- Heller, K. (2001). *Hochbegabung im Kindes - und Jugendalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Helmke, A. (1992). Determinanten der Schulleistung: Forschungsstand und Forschungsdefizit. In G. Nold (Hrsg.), *Lernbedingungen und Lernstrategien: Welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen* (S. 23-34). Tübingen: Narr.
- Herold, M. & Landherr, B. (2003). *Selbst Organisiertes Lernen (SOL) - Ein systemischer Ansatz für den Unterricht*. Stuttgart: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport des Landes Baden Württemberg.
- Hessisches Kultusministerium (2007). Vierter Schülerwettbewerb " Faszination Technik - Energie und Mobilität für die Zukunft". URL: <http://bildungsklick.de/pm/51771/vierter-schuelerwettbewerb-faszination-technik-energie-und-mobilitaet-fuer-die-zukunft-von-hessischem-kultusministerium-und-vdi-hessen/>. [15.6.08].
- Hidi, S. (2006). *Gender studies in motivation*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Höffe, O. (2005). *Aristoteles-Lexikon*. Stuttgart: Kröner.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2005). *Instructional animation versus static pictures*. Poster presented at the 11th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI) in Nicosia, Cyprus.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta analysis. *Learning and Instruction*, 17, 722-738.
- Hull, C. (1943). *Principles of Behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Hunt, J. M. (1965). Intrinsic motivation and its role in psychological development. In D. Levine (Ed.), *Nebraska symposium on motivations* (pp. 189-282). Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Husman, J. (2006). *Why math, why now?* Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Inzlicht, M., Aronson, J., Good, C. & McKay, L. (2006). A particular resiliency to threatening environments. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42, 323-336.

- Issing, L. & Klimsa, P. (Hrsg.). (2002). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis*. Weinheim: Beltz, PVU.
- Izard, B. (1971). *The face of emotion*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Jäger, R. S. (Hrsg.). (1991). *Computerunterstütztes Lernen* (Beiheft 2 zur Zeitschrift Empirische Pädagogik). Landau.
- Jamieson-Noel, D. & Winne, P. H. (2003). Comparing self reports to traces of studying behavior as representations of student's studying and achievement. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17*, 159-171.
- Janetzko, D., Batinic, B., Schoder, D., Mattingley-Scott, M. & Strube, G. (1997). CAW-97. Beiträge zum Workshop "Cognition and the Web". In. Freiburg i. Br., 25-27.4. 1997. IIG-Berichte 1.
- Janetzko, D., Meyer, H.A. & Hildebrandt, M. (1999). Data and knowledge acquisition via Internet. In P. Lenca (Ed.), *Proceedings of the HCP 99 (Human Centered Processes)* (pp. 437-443). Brest: ENST Bretagne.
- Johns, M., Schmader, T. & Martens, A. (2005). Knowing is half the battle. *Psychological Science, 16*, 175-179
- Kahn, D., Dubble, S. & Pendleton, D. (1999). *The Whole-School Montessori Handbook for Teachers and Administrators*. Cleveland: North American Montessori Teachers' Association.
- Kakalios, J. (2005). *The Physics of Superheroes*. New York: Dutton/Gotham Books (Penguin Group).
- Karabenick, S. (2006). *Help seeking: Generalizable self-regulatory process and socio-cultural barometer*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Kauffman, D. (2004). Self-regulated learning in web-based environments: Instructional tool designed to facilitate cognitive strategy use, metacognitive processing, and motivational beliefs. *Journal of Educational Computing Research, 30*, 139-161.
- Knauer, S. (2005). Ganztägig lernen. *Frankfurter Allgemeine Zeitung, 39* (Sonderbeilage "Internate und Privatschulen"), B1.
- Knauss, F. (2007). Politische Wissenschaft. "Gender Studies" stehen hoch im Kurs. *Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 45*, 6.
- Knoll, J., Kolfhaus, S., Pfeifer, S. & Swoboda, W. H. (Hrsg.). (1986). *Zum Umgang Jugendlicher mit dem Bildschirmspiel - Ergebnisse einer bundesweiten Repräsentativbefragung*. Opladen: Leske und Budrich.

- Knüpfer, G. (1998). Deutsche Mädchen haben für Physikunterricht wenig übrig. Präsident der Physikalischen Gesellschaft: Interesse am Physikstudium wecken/ Gute Berufsaussichten. *Tagesspiegel*, 10.12.1998.
- Köller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. (2000). Zum Zusammenspiel von schulischen Interesse und Lernen im Fach Mathematik: Längsschnittanalysen in der Sekundarstufe I und II. In K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation. Untersuchung zur Entwicklung, Förderung und Wirkung* (S. 163-181). Münster: Waxmann.
- Krapp, A. (1989). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 213-218). Weinheim: PVU.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, 387-406.
- Krapp, A. (2005). Psychologische Bedürfnisse und Interesse. Theoretische Überlegungen und praktische Schlussfolgerungen. In R. Vollmeyer & J. Brunstein (Hrsg.), *Motivationspsychologie und ihre Anwendung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.). (2001). *Pädagogische Psychologie* (4. Auflage.). München: Urban & Schwarzenberg.
- Krech, D., Crutchfield, R. & Livson, N. (1974). *Elements of Psychology* (3. Edition, 1974). New York: Knopf.
- Krug, J. S. & Kuhl, U. (2006). *Macht, Leistung, Freundschaft. Motive als Erfolgsfaktoren in Wirtschaft, Politik und Wirtschaft*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kuhl, J. (1987). Motivation und Handlungskontrollen: Ohne guten Willen geht es nicht. In H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer & F. E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften* (S. 101-120). Berlin: Springer.
- Kuhl, J. (2004). *Die Kunst der Selbstmotivierung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kühl, T., Gerjets, P. & Scheiter, K. (2007). *Der Einfluss statischer und dynamischer Visualisierungen auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge*. Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Kultusministerium Hessen (2003). Lehrplan Physik. URL: http://lernarchiv.bildung.hessen.de/lehrplaene/gymnasium/physik/edu_31208.html. [1.6.08].
- Kutschera, G. (1994). *Tanz zwischen Bewußt-sein und Unbewußt-sein: NLP-Arbeits- u. Übungsbuch*. Paderborn: Junfermann.
- Kutter, S. & Schwarz, C. (2005). Erfolg Schlaf. Wie wichtig Schlaf für Leistung und Kreativität ist. *Wirtschaftswoche*, 15, 105-106.

- Lang, M. (1991). Computernutzung im Naturwissenschaftsunterricht allgemeinbildender Schulen der Bundesrepublik Deutschland. *Empirische Pädagogik. Zeitschrift zu Theorie und Praxis erziehungswissenschaftlicher Forschung*, 5 (Beiheft 2), 87-100.
- Langosch, W. (1989). *Psychosomatik der koronaren Herzkrankheiten*. Weinheim: Ed. Medizin.
- Lee, J. D. (1998). Which kids can "Become"Scientists"? Effects of gender, self-concepts, and perceptions of scientists. *Social Psychology Quarterly*, 61 (3), 199-219.
- Lehrl (2006). Computerspiele machen intelligent. URL: http://www.pcgames.de/aid,509820/Computerspiele_machen_intelligent. [1.6.08].
- Lewin, K. (1931). *Die psychologische Situation bei Lohn und Strafe*. Leipzig: Hirzel.
- Linn, M. & Lee, H.-S. (2007). *Visualizing science*. Paper presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Lorenz, K. (1963). *Das sogenannte Böse: Zur Naturgeschichte der Aggression*. Wien: Borotha-Schoeler.
- Lorenz, K. (1965). *Über tierisches und menschliches Verhalten. Aus dem Werdegang der Verhaltenslehre* (Band 1 und 2). München: R. Piper & Co.
- Lowe, R. (2007). *Learning with animations: lessons from static graphics*. Paper presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Luhmann, N. (2002). *Das Erziehungssystem der Gesellschaft*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Mai, J. (2005). Bleib hungrig. Bleib verrückt. *Wirtschaftswoche*, 37, 106-107.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1991). *Lernen mit dem Computer. Empirisch-pädagogische Forschung in der BRD zwischen 1970 und 1990 (Forschungsbericht Nr. 7)*. München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Mary, M. (2004). *Mythos Liebe. Lüge und Wahrheiten über Beziehungen und Partnerschaften*. Bergisch Gladbach: Lübbe
- Massow, M. (1998). *Gute Arbeit braucht ihre Zeit*. München: Heyne.
- Maturana, H., & Varela, F. (1980). *Autopoiesis and Cognition* Berlin: Springer.
- McClelland, D. C., Atkinson, J. W., Clark, R. A. & Lowell, E. L. (1953). *The achievement motive*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- McDougall, W. (1932). *The energies of man*. London: Methuen.
- McLellan, R. (2006). *Motivational world-view and cognitive development in early adolescence: examining one explanation for boy's underachievement at school*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.

- McManus, T. (2000). Individualizing instruction in a web-based hypermedia learning environment: Nonlinearity, advance organizers, and self-regulated learners. *Journal of Interactive Learning Research, 11*, 219-251.
- Meinert, J. (2007). *Die Poker Schule*. München: Knauer.
- Moe, A., Pazzaglia, F. & Cadinu, M. (2006). *Do they think I am able to do this? Effects of gender ability beliefs in an MRT task performance*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Montessori, M. (1952). *Kinder sind anders* (10. Auflage 1998). Stuttgart: dtv.
- Moosbrugger, V. (2007). *Bionik - wie die Evolution der Technik helfen kann*. Vortrag bei der 10. Hans-Messer-Lecture der Industrie- und Handelskammer, Frankfurt am Main.
- Müller-Kalthoff, T. (2006). *Vorwissen und Navigationshilfen beim Hypertextlernen (Reihe Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Band 54)*. Münster: Waxmann.
- Murray, H. A. (1943). *Thematic apperceptive test manual*. Cambridge, MA: Harvard University.
- Nayhauss, D. v. (2005). Dübel, Blitz und kalter Kaffee- warum der Erfinder Fischer tiefe Dankbarkeit empfindet. *Chrismon, 4*, 27.
- Niemivirta, M. (2006). *Growth curve analysis of the development of competence perceptions and academic interest and their relations to gender achievement*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Niemivirta, M. & Tapola, A. (2007). Self-efficacy, interest, and task-performance: Within-tasks changes, mutual relationships, and predictive effects. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21*, 241-250.
- Ortner, G. (2005). Editorial: Die Mischung sichert die Qualität. Differenzielle Didaktik mit modernen Bildungsmedien. *L.A. Multimedia, 2.*, S. 3
- Pearce, J. M., Ainley, M. & Howard, S. (2005). The ebb and flow of online learning. *Computers in Human Behavior, 21*, 745-771.
- Pease, A., & Pease, B. (2004). *Die kalte Schulter und der warme Händedruck: Ganz natürliche Erklärungen für die geheime Sprache unseres Körpers*. Berlin: Ullstein.
- Peetsma, T. & Veen, I., van der (2006). *Influencing student's motivation for school*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Peters, S., Dupeyrat, C., Narciss, S., Koerndle, H. & Marine, C. (2006). *Learning activities and self-efficacy learning activities and self-efficacy in a multimedia learning*

- environment*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Peters, T. (2003). Self-regulated learning and the internet: Volitional control while searching for information in a hyper-based learning environment that contains intentional distractors. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities & Social Sciences*, 64 (4-A).
- Pintrich, P. R. (2000). The Role of Goal Orientation in Self-Regulated Learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-regulation* (pp. 450-502). San Diego: Academic Press.
- Pintrich, P. R., Smith, D., Garcia, T. & McKeachie, W. (1991). "A Manual for the Use of the *Motivated Strategies for Learning Questionnaire*" (Technical Report 91-B-004): The Regents of The University of Michigan.
- Pirsig, R. (1974). *Zen oder die Kunst ein Motorrad zu warten* (Auflage 1978). Frankfurt am Main: Fischer.
- Priester, W., Hoell, J. & Blome, H.-J. (1989). Das Quantenvakuum und die kosmologische Konstante. Wie alt ist das Universum?. *Physikalische Blätter*, 45, 51-56.
- Püttmann, A. & Vollmeyer, R. (2007). *What happens during the learning process?* Paper presented at the 12th European Conference for Research on Learning and Instruction.
- Quaiser-Pohl, C. & Lehmann, W. (2002). Girl's spatial abilities: Charting the contributions of experiences and attitudes in different academic groups. *British Journal of Educational Psychology*, 72, 245-260.
- Rakoczy, K. (2006). *Motivationsunterstützung im Mathematikunterricht*. Dissertation. Frankfurt am Main: Institut für Psychologie, Goethe Universität.
- Randi, J. & Corno, L. (2000). Teacher Innovations in Self-regulated Learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 651-685). Orlando: Academic Press.
- Raviv, A. (2007). *Long Life learning & training*. Poster presented at the 12th Biennial Conference for Research on Learning and Instruction (EARLI), Budapest, Ungarn.
- Reddemann, L. (2007). *Eine Reise von 1.000 Meilen beginnt mit dem ersten Schritt. Seelische Kräfte entwickeln und fördern* Freiburg: Herder.
- Reich, K. (2006). *Konstruktivistische Didaktik - ein Lehr- und Studienbuch*. Weinheim: Beltz.
- Renninger, K. A., Kille, J., Yaprak, S., Dunphy, N., Lien, M., Newton, E. & Owen, J. (2006). *Readiness to self-regulate, interest and learning*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.

- Resnick, L. B. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16 (9), 13-20.
- Rezabek, R. (1995). The relationships among measures of intrinsic motivation, instructional design, and learning in a computer-based instruction. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities & Social Sciences*, 55 (12-A).
- Rheinberg, F. (1991). Flow-experience when motorcycling. A study of a special human condition. In R. Brendicke (Ed.), *Safety, environment, future. Proceedings of the 1991 Motorcycle Conference* (pp. 349-362). Bochum: IfZ.
- Rheinberg, F. (2004a). *Motivation* (5. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Rheinberg, F. (2004b). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F. & Manig, Y. (2003). Was macht Spaß am Graffiti-Sprayen? Eine induktive Anreizeanalyse. *Report Psychologie*, 4, 222-234.
- Rheinberg, F., Manig, Y., Kliegl, R., Engeser, S. & Vollmeyer, R. (2007). Flow bei der Arbeit, doch Glück in der Freizeit. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 51, 105-115.
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2003). Flow-Erleben in einem Computerspiel unter experimentell variierten Bedingungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211, 161-170.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. (2000). Motivation in self-regulated learning. In H. Heckhausen (Ed.), *Motivational psychology of human development: Developing motivation and motivation development* (pp. 81-108). Amsterdam: Elsevier Science Publisher.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47, 57-66.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flowerlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (S. 261-279). Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Rollett, W. (2000). Motivation and action in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 503-529). Orlando: Academic Press.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Rollett, W. (2002). Motivation and self-regulated learning: A type analysis with process variables. *Psychologia*, 45, 236-248.
- Rhöner, C., Skischus, G. & Thies, W. (Hrsg.). (1998). *Was versuchen Versuchsschulen?* Baltmannsweiler: Schneider- Verlag Hohengehren.
- Roetz, H. (2006). *Konfuzius* (3. Auflage). München Beck.

- Rogers, C. R. (1993). *Die klientenzentrierte Gesprächspsychotherapie*. Frankfurt am Main: Fischer.
- Roscher, S. (2006). *Erziehung durch Erlebnisse. Der Reformpädagoge Kurt Hahn im Licht von Zeitzeugen*. Hergensweiler: Ziel.
- Rosenman, R. & Friedman, M. (1977). Modifying type A behavior pattern. *Journal of Psychosomatic Research*, 21, 323-331.
- Rötger, A. (2005). Zahlenstrahl zündet Geistesblitze. *Max Planck Forschung*, 1, 32-37.
- Ruess, A. (2007). Megatrend Frauen. Bessere Lösungen. *Wirtschaftswoche*, 7, 36-37.
- Sanders, H. (Hrsg.). (1982). *Das gestörte Selbst*. Fellbach: Adolf Bonz.
- Sapolsky, R. (1996). *Warum Zebras keine Migräne kriegen. Wie Stress den Menschen krank macht*. München: Piper.
- Schaefer, G. (Hrsg.). (2000). *Wittenberger Initiative. Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften*. Bad Honnef: Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V.
- Scharlau, I. (1996). *Jean Piaget zur Einführung*. Hamburg: Junius.
- Schenk, H. (1979). *Geschlechtsrollenwandel und Sexismus*. Weinheim: Beltz.
- Scheu, U. (1977). *Wir werden nicht als Mädchen geboren- wir werden dazu gemacht. Zur frühkindlichen Erziehung in unserer Gesellschaft*. Frankfurt: Fischer.
- Schiefele, U. & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des selbstgesteuerten und fremdgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion* (Band 2, S. 249-278). Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen Hogrefe.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120-148.
- Schiefele, U. & Streblow, U. (2005). Intrinsische Motivation - Theorien und Befunde. In R. Vollmeyer & J. Brunstein (Hrsg.), *Motivationspsychologie und ihre Anwendung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Schmitz, K. (1977). *Allgemeine Didaktik*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Schmoll, H. (2008). Aus der Perspektive der Emotionsforschung. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 56, 8.
- Schneider, G. (2007). Druck als Bewusstseinsfrage. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 71, 29.
- Schneider, W. & Knopf, M. (2003). *Entwicklung, Lehren und Lernen*. Göttingen: Hogrefe.

- Schnotz, W. (2006). *Motivational aspects of cognitive load in learning and instruction*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Scholta, K. & Lewalter, D. (2006). *The influence of feedback and goals on situational interest and self-determined motivation in the context of computer based learning*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Schüler, J. (2006). *Flow-experience in learning setting at university and the challenge-skill-balance: The moderating role of the achievement motive*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Schulmeister, R. (1997). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme*. München: Oldenbourg Verlag.
- Schwägerl, C. (2006). Vorbildphysikerin. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 258, 40.
- Schwarz, F. (2006). *Warum wir denken, was wir denken*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- Schworm, S. & Meidenbauer, B. (2007). *Systemgesteuerte Adaptation und Guidance in multimedialen Lernumgebungen: Keep it simple*. Paper presented at the 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Senkbeil, M. (2004). *Lernen mit dem Computer*. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik in den Naturwissenschaften.
- Senkbeil, M. & Wittwer, J. (2007). *Can differences in students' mathematical achievement be explained by differences in their computer use?* Poster presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Seufert, T., Frank, F., Huk, T. & Brünken, R. (2007). *Statisch oder animiert? Wie können repräsentationale Nutzungseigenschaften den Erwerb struktur- und prozessbezogenen Wissens fördern?* Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Shih, M., Ambady, N., Richeson, J., Fujita, K. & Gray, H. (2002). Stereotype performance boosts: The impact of self-relevance and the manner of stereotype activation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83, 638-647.
- Sierra-Fernandez, J. L. & Perales-Palacios, F. (2003). The effect of instruction with computer simulation as a research tool on open-ended problem-solving in a Spanish classroom of 16-year-olds. *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching*, 22, 119-140.
- Slotta, J. (2007). *Implementing a framework for conceptual change in engineering science*. Paper presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.

- Souvignier, E. & Trenk-Hinterberger, I. (2007). *Effects of a program to teach self-regulated use of reading strategies. A 2-year follow-up*. Paper presented at the 12. Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest.
- Sparfeldt, J. & Rost, D. H. (2007). *Intelligenz, Motivation, Schulleistungen*. Vortrag auf der 11. Fachtagung Pädagogische Psychologie, Berlin.
- Spitzer, M. (2002). *Lernen. Gehirn-Forschung und die Schule des Lebens*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, Springer.
- Spitzer, M. (2006). *Vorsicht Bildschirm*. München: dtv.
- Spörer, N. (2003). *Strategie und Lernerfolg. Validierung eines Interviews zum selbst gesteuerten Lernen*. Dissertation. Potsdam: Institut für Psychologie.
- Steele, C. M. & Aronson, J. (1995). Stereotype threat and the intellectual test performance of African-Americans. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69, 797-811.
- Steele, J. R. & Ambady, N. (2006). "Math is hard!" The effect of gender priming on women's attitudes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42, 428-436.
- Steinmayr, R. & Spinath, B. (2006). *Predicting school performance: Incremental validity of different motivational constructs*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.
- Stern, E., Rees, J. & Dürand, D. (2006). Fünf, setzen. *Wirtschaftswoche*, 40, 124-129.
- Stigler, J. W. & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: Free Press.
- Stoney, S. & Oliver, R. (1998). Interactive multimedia for adult learners: Can learning be fun? *Journal of Interactive Learning Research*, 9 (1), 55-81.
- Straub, E. (2004). *Vom Nichtstun. Leben in einer Welt ohne Arbeit*. Berlin: WJS.
- Thorndike, E. L. (1932). *The fundamentals of learning*. New York: Bureau of Publications, Teachers College, Columbia University.
- Tsai, C.-C. (1999). Content analysis of Taiwanese 14 year olds' information processing operations shown in cognitive structures following physics instruction, with relations to science attainment and scientific epistemological beliefs. *Research in Science & Technical Education*, 17, 125-138.
- Ungeliebte Mathematik. (2007). *Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung*, 22.4.07, S: Beruf & Chance V13.
- Vauras, M. (2006). *Motivation in school from the longitudinal perspective*. Paper presented at the 10th International Conference on Motivation, Landau.

- Vauras, M., Iiskala, T., Kajamies, A., Kinnunen, R. & Lehtinen, E. (2003). Shared-regulation and motivation of collaborating peers: A case analysis. *Psychologia*, 46, 19-37.
- Vollmeyer, R. & Brunstein, J. (Hrsg.). (2005). *Motivationspsychologie und ihre Anwendung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Vollmeyer, R. & Burns, B. (2002). Goal specificity and learning with a hypermedia program. *Experimental Psychology*, 49, 98-108.
- Vollmeyer, R. & Imhof, M. (2007). Are There Gender Differences in Computer Performance? If So, Can Motivation Explain Them? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21, 251-261.
- Vollmeyer, R., Imhof, M. & Beierlein, C. (2006). Gender differences in learning the SPSS-Software. In R. Sun & N. Miyake (Eds.), *Proceedings of the twenty-eighth annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2323-2328). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (1998). Motivationale Einflüsse auf Erwerb und Anwendung von Wissen in einem computersimulierten System. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 12 (1), 11-23.
- Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (2000). Does motivation affects performance via persistence? *Learning and Instruction*, 10, 293-309.
- Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (2003). *How does tutoring expectancy affect motivation and performance in hypermedia learning?* Unveröffentlichtes Manuskript.
- Vollmeyer, R., & Rheinberg, F. (2006). Motivational effects on self-regulated learning with different tasks. *Educational Psychological Review*, 18, 239-253.
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20, 158-177.
- Weinert, F. E. (Hrsg.). (1968). *Pädagogische Psychologie*. Köln: Kiepenheuer & Witsch.
- Weinert, F. E. (1982). Selbstgesteuertes Lernen als Voraussetzung, Methode und Ziel des Unterrichts. *Unterrichtswissenschaft*, 2, 99-110.
- White, R. W. (1959). Motivation reconsidered: The concept of competence. *Psychological Review*, 66, 297-333.
- Wickert, J. (1972). *Einstein* (30.-34. Tausend, 1977). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1993). Induktiv vs. deduktiv entwickelte Fragebogenverfahren zur Erfassung von Merkmalen des Lernverhaltens. *Unterrichtswissenschaft*, 11, 370-382.

- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 15, 185-200.
- Wilhelm, T. (2006). Ansichten von Elftklässler über Physik und Lernen von Physik - Ergebnisse beim „Maryland Physics Expectations Survey“. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Kassel 2006*. Berlin: Lehmanns Media. URL: <http://didaktik.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/veroeffentlichung/MPEX2>. [1.6.08].
- Winne, P. (1995). Inherent Details in Self-Regulated Learning. *Educational Psychologist*, 3, 173-187.
- Winne, P. (2004). Comments on Motivation in Real-Life, Dynamic, and Interactive Learning Environments. *European Psychologist*, 9, 257-263.
- Winne, P., Nesbit, J., Kumar, V., Hadwin, A., Lajoie, S., Azevedo, R. & Perry, F. (2006). Supporting Self-regulated Learning with gStudy Software: The Learning Kit Projekt. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, Vol. 3, 105-113.
- Winne, P. H. & Perry, N. E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 531-566). Orlando: Academic Press.
- Wittwer, J. & Senkbeil, M. (im Druck 2007). Is students' computer use at home related to their mathematical performance at school? *Computers and Education*.
- Wolters, C. (2003). Regulation of Motivation: Evaluating an Underemphasized Aspect of Self-Regulated Learning. *Educational Psychologist*, 38, 189-205.
- Wünscher, T. & Ehmke, T. (2002). Drehmomente sehen. Eine Lerneinheit mit interaktiven Geometrie-Modulen für den Physikunterricht. Universität Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik in den Naturwissenschaften (IPN). URL: http://www.ipn.uni-kiel.de/abt_physik/drehmomente. [15.6.08].
- Ziegler, A. & Dresel, M. (2006). Lernstrategien: Die Genderproblematik. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 378-388). Göttingen: Hogrefe.
- Zimmerman, B. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25, 3-17.
- Zimmerman, B. (1998). Academic studying and the development of personal skills: A self-regulatory perspective. *Educational Psychologist*, 33, 73-86.

- Zimmerman, B. (2000). Attaining Self-regulation. A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 13-39). San Diego: Academic Press
- Zimmerman, B., Bonner, S. & Kovach, R. (1996). *Developing self-regulated learners: Beyond achievement to self-efficacy*. Washington, D.C.: American Psychological Association.

7. ANHANG

7.1 Material

- 7.1.1 *Instruktion für Pilotstudie*
- 7.1.2 *FAM Physikversion für Pilotstudie*
- 7.1.3 *Lerneinheit „Drehmomente sehen*
- 7.1.3.1 *Lerneinheit „Drehmomente sehen/ Einleitung*
- 7.1.3.2 *Lerneinheit „Drehmomente sehen/ Auszug aus Abschnitt 1*
- 7.1.3.3 *Lerneinheit „Drehmomente sehen/ Auszug aus Zusatzabschnitt (Abschnitt 5)*
- 7.1.4 *FKS+FAM Physik T1 für Pilotstudie*
- 7.1.5 *1. Lernfragebogen, verändert, Vorwissenstest in der Pilotstudie*
- 7.1.6 *2. Lernfragebogen, verändert, Wissenstest in der Pilotstudie*
- 7.1.7 *Die Bewertung der Lernfragebögen in der Pilotstudie:*
- 7.1.8 *Instruktion für Stereotypgruppe BNS in der Hauptstudie*
- 7.1.9 *Instruktion für Stereotypgruppe SAS in der Hauptstudie*
- 7.1.10 *Instruktion für Interessegruppe in der Hauptstudie*
- 7.1.11 *Instruktion Kontrollgruppe in der Hauptstudie*
- 7.1.12 *FAM Physikversion für Hauptstudie*
- 7.1.13 *FKS+FAM Physik T2 für Hauptstudie*
- 7.1.14 *1.Lernfragebogen, verändert und gekürzt für Hauptstudie, Vorwissenstest*
- 7.1.15 *2. Lernfragebogen, verändert für Hauptstudie, Wissenstest*

Hinweis:

Es wäre möglicherweise korrekter gewesen, im Falle des von mir verwendeten Lernprogramms von ‚interaktiven Grafiken‘ statt von ‚Animationen‘ zu sprechen. Da die Autoren des Lernprogramms den Begriff ‚Animation‘ verwenden, er auch im Text des Lernprogramms vorkommt und kurz und prägnant ist, habe ich mich entschlossen, es auch bei der Veröffentlichung dabei zu belassen.

Instruktion

- Vielen Dank, dass du bei diesem Versuch mitmachst
- Wir wollen wissen, wie Personen etwas über Drehmomente in der Physik lernen
- Aus diesem Grund zeigen wir dir ein Computer-Lernprogramm anhand dessen du dich in das Thema einarbeiten kannst
- Dein Vorgehen beim Umgang mit dem Lernprogramm wird auf dem Rechner aufgezeichnet und später von uns ausgewertet
- Da uns auch interessiert, wie deine Einstellung zum Lernen ist, werden wir dich während des Lernens öfter unterbrechen, um uns nach deinen Einstellungen zu erkundigen

- Wir beginnen den Versuch damit, dass du dir für eine Minute den Test ansehen kannst, der dein Vorwissen erfasst. Danach werden wir dir einen ersten Fragebogen zum Ausfüllen geben.
- Danach kannst du den Wissenstest bearbeiten.
- Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir den Test erneut geben
- Für das Lernprogramm hast du 30 Minuten Zeit. Bitte bearbeite die einzelnen Lernabschnitte nacheinander. Fülle bitte nach jedem Abschnitt die weiteren, jeweils passenden Fragebögen aus, also nach Abschnitt 1 die Nr. 1 usw.
- Bitte lass nach Beendigung des Lernprogramms den Computer angeschaltet
- Die Daten werden anonym ausgewertet und nur für unser Forschungsvorhaben verwendet

- Nochmals vielen Dank fürs Mitmachen!

7.1.2 *FAM Physikversion für Pilotstudie*

Proband: _____

Datum: _____

	Trifft nicht zu							Trifft zu
1. Ich mag solche Aufgaben.	<input type="checkbox"/>							
2. Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgaben gewachsen zu sein.	<input type="checkbox"/>							
3. Bei der Aufgabe mag ich es, das Physik-Lernprogramm selbst zu erforschen.	<input type="checkbox"/>							
4. Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben nicht schaffen.	<input type="checkbox"/>							
5. Ich fühle mich unter Druck, bei den Aufgaben gut abschneiden zu müssen.	<input type="checkbox"/>							
6. Die Aufgaben sind eine richtige Herausforderung für mich.	<input type="checkbox"/>							
7. Nach dem Lesen der Instruktion erscheinen mir die Aufgaben sehr interessant.	<input type="checkbox"/>							
8. Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>							
9. Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	<input type="checkbox"/>							
10. Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Aufgaben voll anzustrengen.	<input type="checkbox"/>							
11. Bei Aufgaben wie diesen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<input type="checkbox"/>							
12. Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<input type="checkbox"/>							
13. Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	<input type="checkbox"/>							
14. Ich glaube, ich schaffe diese Aufgaben nicht.	<input type="checkbox"/>							
15. Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	<input type="checkbox"/>							
16. Wenn ich an die Aufgaben denke, bin ich etwas beunruhigt.	<input type="checkbox"/>							
17. Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>							
18. Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	<input type="checkbox"/>							

7.1.3.1 *Lerneinheit „Drehmomente sehen/ Einleitung*

http://www.ipn.uni-kiel.de/abt_physik/drehmomente/home.html



Drehmomente sehen

Einleitung

Computerbasierte Lernumgebungen bieten die Möglichkeit zur Präsentation von interaktiven Simulationen, die von Lernenden explorativ untersucht werden können und mit denen sich funktionale Zusammenhänge aktiv erarbeiten lassen. Neben interaktiven Simulationen bieten linear ablaufende Animationen eine alternative Methode zur Visualisierung von funktionalen Zusammenhängen oder Prozessen.

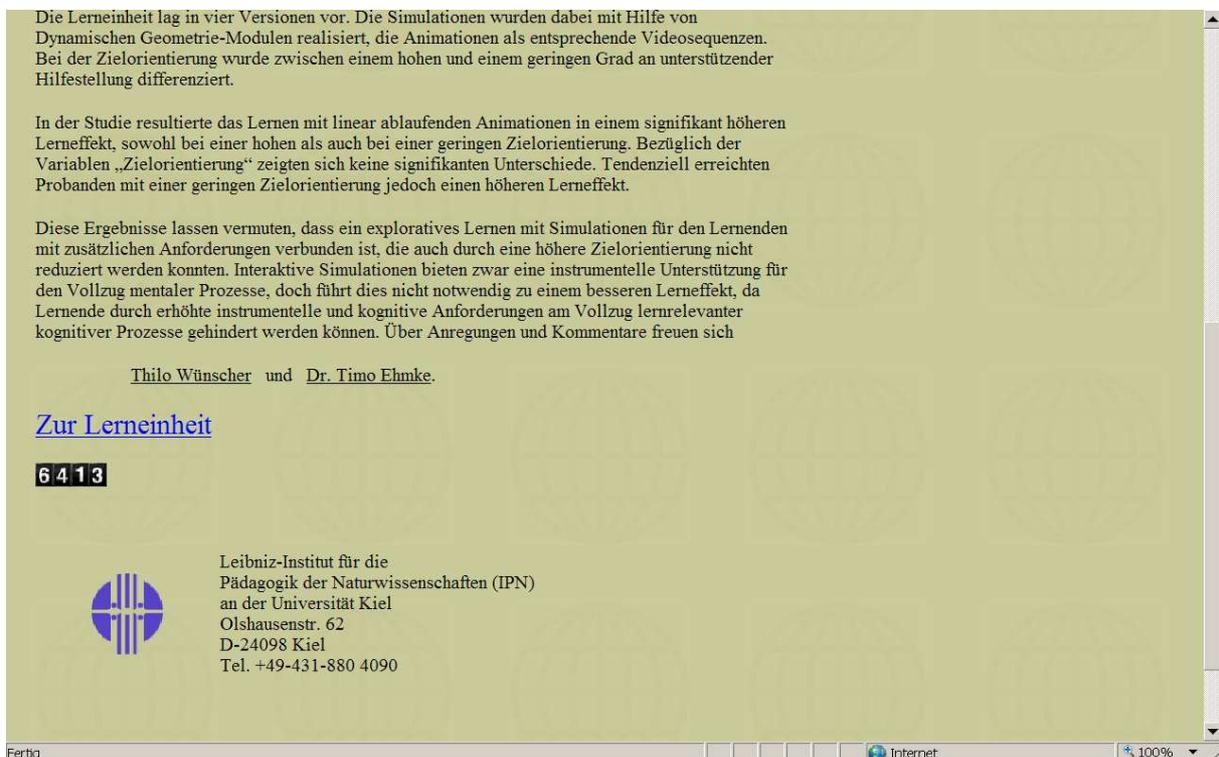
Bei einer Animation besteht im Gegensatz zur Simulation nicht die Gefahr, dass Lernende mit den Freiheitsgraden der Simulation kognitiv überfordert sind oder beim Experimentieren ineffektiv vorgehen. Man kann daher vermuten, dass der Grad von instruktionaler Zielorientierung (im Sinne von unterstützenden Hilfestellungen zur Fokussierung auf den Lerninhalt) eine Bedingungsvariable ist, die bestimmt, ob mit Animationen oder mit Simulationen besser gelernt wird.

In einer empirischen Laborstudie mit vier Experimentalgruppen wurde daher der Wissenserwerb mit Simulationen und Animationen bei hoher und geringer Zielorientierung verglichen. Dazu haben 52 Schülerinnen und Schüler aus drei Schulen im Physikunterricht eine computerbasierte Lerneinheit über Drehmomente bearbeitet.

Die Lerneinheit lag in vier Versionen vor. Die Simulationen wurden dabei mit Hilfe von Dynamischen Geometrie-Modulen realisiert, die Animationen als entsprechende Videosequenzen. Bei der Zielorientierung wurde zwischen einem hohen und einem geringen Grad an unterstützender Hilfestellung differenziert.

In der Studie resultierte das Lernen mit linear ablaufenden Animationen in einem signifikant höheren

Fertig Internet 100%



Die Lerneinheit lag in vier Versionen vor. Die Simulationen wurden dabei mit Hilfe von Dynamischen Geometrie-Modulen realisiert, die Animationen als entsprechende Videosequenzen. Bei der Zielorientierung wurde zwischen einem hohen und einem geringen Grad an unterstützender Hilfestellung differenziert.

In der Studie resultierte das Lernen mit linear ablaufenden Animationen in einem signifikant höheren Lerneffekt, sowohl bei einer hohen als auch bei einer geringen Zielorientierung. Bezüglich der Variablen „Zielorientierung“ zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell erreichten Probanden mit einer geringen Zielorientierung jedoch einen höheren Lerneffekt.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass ein exploratives Lernen mit Simulationen für den Lernenden mit zusätzlichen Anforderungen verbunden ist, die auch durch eine höhere Zielorientierung nicht reduziert werden konnten. Interaktive Simulationen bieten zwar eine instrumentelle Unterstützung für den Vollzug mentaler Prozesse, doch führt dies nicht notwendig zu einem besseren Lerneffekt, da Lernende durch erhöhte instrumentelle und kognitive Anforderungen am Vollzug lernrelevanter kognitiver Prozesse gehindert werden können. Über Anregungen und Kommentare freuen sich

Thilo Wünscher und Dr. Timo Ehmke.

[Zur Lerneinheit](#)

6 4 1 3



Leibniz-Institut für die
Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)
an der Universität Kiel
Olshausenstr. 62
D-24098 Kiel
Tel. +49-431-880 4090

Fertig Internet 100%

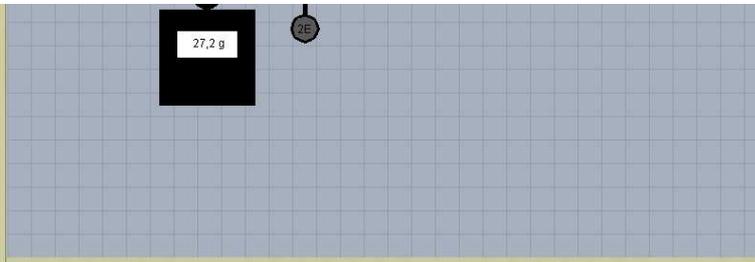
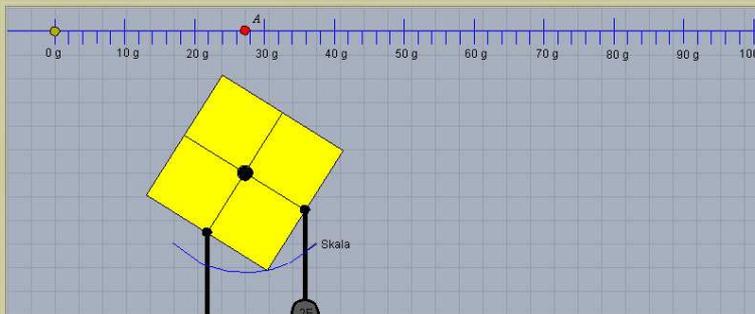
7.1.3.2 Lerneinheit „Drehmomente sehen/ Auszug aus Abschnitt 1

Experiment 1

In der Animation ist die Briefwaage schematisch nachgebildet. Das Briefgewicht wird durch den Schieberegler A am oberen Bildrand festgelegt.

Hinweis zur Bearbeitung der interaktiven Geometrie-Module:
Bei allen interaktiven Figuren sind immer die hell-rot gefärbten Punkte ziehbar.
In der nächsten Figur ist dies beispielsweise der Punkt A.

Wie müsste die Skala der Briefwaage beschriftet sein?
Sind die Abstände zwischen den Grammeinteilungen immer gleich groß?
Überprüfe die drei Spezialfälle: 0 g, 17 g und 70 g und beobachte die Änderung des Zeigers.
Was fällt Dir auf? Wo befindet sich der Zeiger, wenn das Briefgewicht 17 g beträgt.



Offensichtlich sind die Abstände auf der Skala der Briefwaage nicht gleich groß, d. h. erhöht man das Briefgewicht schrittweise in 10 g Schritten, dann bewegt sich der Zeiger (die untere Quadratecke) auf der Gewichtsskala in kleiner werdenden Abständen. Bei einem Gewicht von 17 g befindet sich der Zeiger in der Mittelposition. Auf dem linken Teil der Skala (im Bereich von 0 g bis 17 g) kann man das Briefgewicht noch recht genau ablesen. Insgesamt wird es jedoch mit zunehmenden Gewicht immer ungenauer, so dass man die Briefwaage für höhere Gewichte nicht mehr gut nutzen kann.

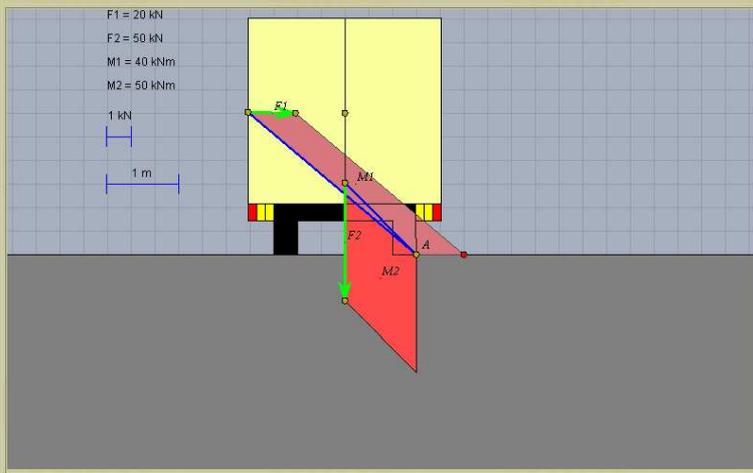
Zusammenfassung

Mit Hilfe der einfachen Briefwaage ist es einfach zu prüfen, ob ein Brief leichter oder schwerer als die zwei 2-Euro-Münzen ist. Um aber die genaue Skaleneinteilung bestimmen zu können, muss man neben den Gewichtskräften auch die auftretenden Drehmomente zu berücksichtigen. Diese Zusammenhänge sollen im Folgenden untersucht werden. Auf die Skaleneinteilung bei der Briefwaage werden wir im Zusatz-Abschnitt zurückkommen.

7.1.3.3 Lerneinheit „Drehmomente sehen/ Auszug aus Zusatzabschnitt (Abschnitt 5)

In der folgenden Animation stellt der Kraftpfeil F_1 die durch den Seitenwind verursachte Kraft dar. Die Gewichtskraft des LKWs ist durch die Kraft F_2 angedeutet. Die im Kräftesystem wirkenden Drehmomente sind mit M_1 und M_2 bezeichnet und als Drehmoment-Parallelogramme dargestellt.

Überlege, wie groß die Seitenwindkraft F_1 höchstens sein dürfte, damit der LKW noch nicht umkippt. Vergleiche dazu die Flächeninhalte der Drehmomente M_1 und M_2 .

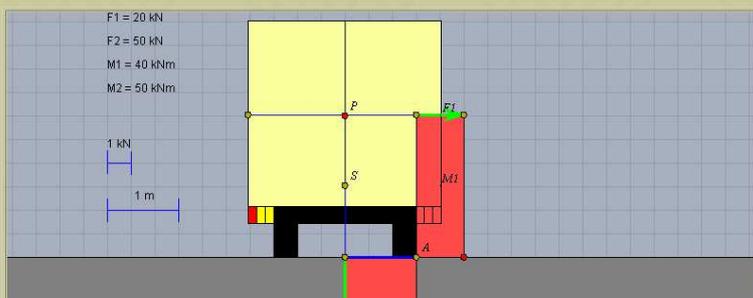


Bei einer Seitenwindkraft $F_1 = 25 \text{ kN}$ sind die beiden wirkenden Drehmomente gleich groß. In diesem Zustand würde der LKW noch stabil stehen. Vergrößert man F_1 , würde der LKW zu kippen beginnen (in der Animation wird dies allerdings nicht angezeigt).

Anwendungsbeispiel 2.3

Mit der letzten Animation zum LKW wollen wir untersuchen, wie sich die Drehmomentverhältnisse während des Kippvorgangs verhalten.

Beobachte, wie sich M_1 und M_2 zueinander verhalten, wenn der LKW am Umkippen ist. Welches Drehmoment nimmt zu und welches ab? In welcher Situation wirken beide Drehmomente in die gleiche Richtung?



7.1.4 FKS+FAM Physik T1 für Pilotstudie

Proband: _____

Datum: _____

Beginn (Zeit): _____

	Trifft nicht zu							Trifft zu
Ich fühle mich optimal beansprucht.	<input type="checkbox"/>							
Meine Gedanken bzw. Aktivitäten laufen flüssig und glatt.	<input type="checkbox"/>							
Ich merke gar nicht, wie die Zeit vergeht.	<input type="checkbox"/>							
Ich habe keine Mühe, mich zu konzentrieren.	<input type="checkbox"/>							
Mein Kopf ist völlig klar.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin ganz vertieft in das, was ich gerade mache.	<input type="checkbox"/>							
Die richtigen Gedanken/Bewegungen kommen wie von selbst.	<input type="checkbox"/>							
Ich weiß bei jedem Schritt, was ich zu tun habe.	<input type="checkbox"/>							
Ich habe das Gefühl, den Ablauf unter Kontrolle zu haben.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin völlig selbstvergessen.	<input type="checkbox"/>							
Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	<input type="checkbox"/>							
Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen.	<input type="checkbox"/>							
Bei der Aufgabe mag ich es, das Physik-Lernprogramm selbst zu erforschen.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>							
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich hier blamieren könnte.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.	<input type="checkbox"/>							
Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	<input type="checkbox"/>							
Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>							
Für mich persönlich sind die jetzigen Anforderungen ...								
zu gering	<input type="checkbox"/>	zu hoch						

**1.Fragebogen
zur Lerneinheit
„Drehmomente
sehen“**

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer!

Damit wir später wissen, welcher Fragebogen zu demselben Probanden passt, gib bitte die folgenden Code-Daten an.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deiner Mutter angeben.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deines Vaters angeben.

Dein Geburtstag (z. B. für 19. Dezember nur die „19“ hinschreiben).

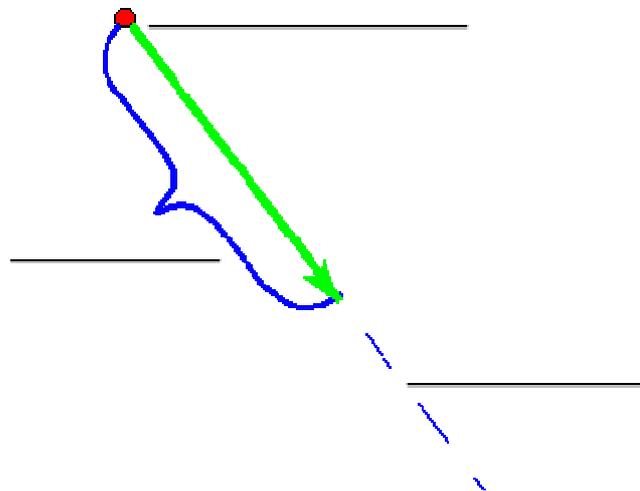
Versuche die Aufgaben so gut es geht zu bearbeiten. Wir wissen, dass das Thema im Unterricht bisher noch nicht in dieser Art behandelt wurde. Es ist daher verständlich, wenn du keine oder nur wenige Fragen beantworten kannst.

Viel Erfolg dabei und vielen Dank für deine Mitarbeit.

Thema „Drehmomente“

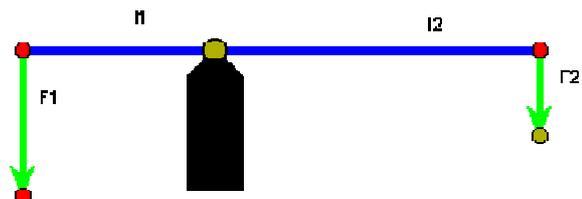
Aufgabe 1

In der Abbildung ist eine Kraft als Pfeil dargestellt. Beschrifte die Abbildung.

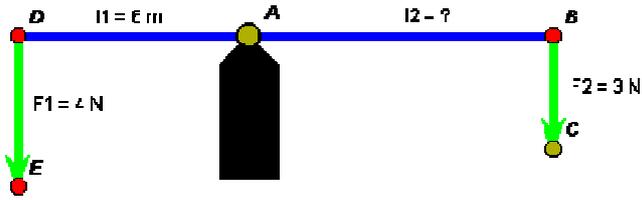


Aufgabe 2

Wie lautet die Formel des Hebelgesetzes? Verwende die Bezeichnungen aus der Abbildung.



Aufgabe 3

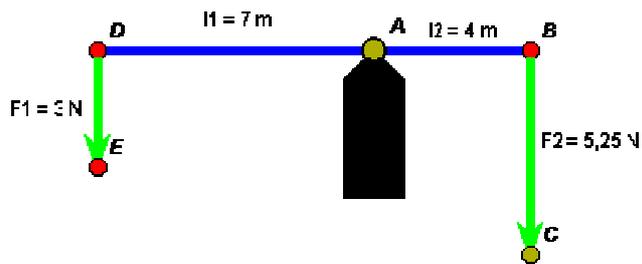


Wie lang muss der Hebelarm l_2 sein, damit sich der Hebel im Gleichgewicht befindet?

Aufgabe 4

Was versteht man unter dem Begriff Drehmoment? In welcher Einheit werden Drehmomente gemessen?

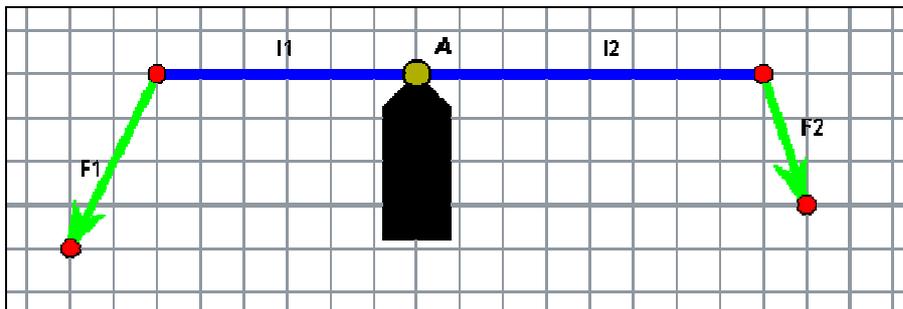
Aufgabe 5



Berechne das Drehmoment am linken und rechten Hebelarm.

Aufgabe 6

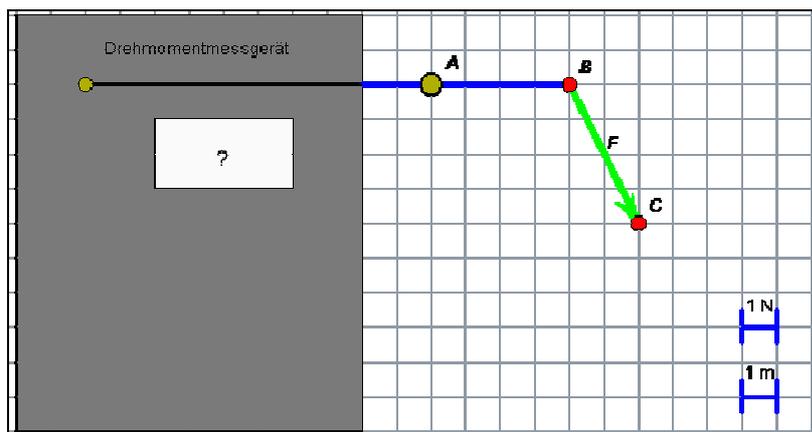
Das Drehmoment lässt sich als Flächeninhalt der beteiligten Größen auffassen. Skizziere in der Abbildung die beiden Flächen, die den Drehmomenten am Drehpunkt A entsprechen.



Aufgabe 7

An einem Hebelarm AB wirkt eine Kraft F. Ein Drehmomentmessgerät (schematisch durch den grauen Kasten angedeutet) zeigt das - um den Drehpunkt A - wirkende Drehmoment an.

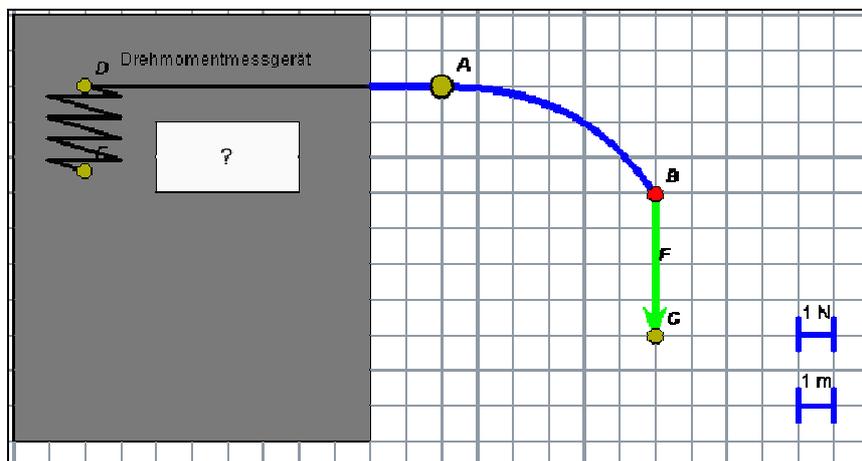
- Das Drehmoment lässt sich als Flächeninhalt der beteiligten Größen auffassen. Zeichne in die Abbildung das Drehmoment-Parallelogramm ein.
- Bestimme den Flächeninhalt des Drehmoment-Parallelogramms.
- Welchen Wert müsste das Drehmomentmessgerät anzeigen?



Aufgabe 8

An einem Hebelarm AB wirkt eine Kraft F. Ein Drehmomentmessgerät (schematisch durch den grauen Kasten angedeutet) zeigt das - um den Drehpunkt A - wirkende Drehmoment an.

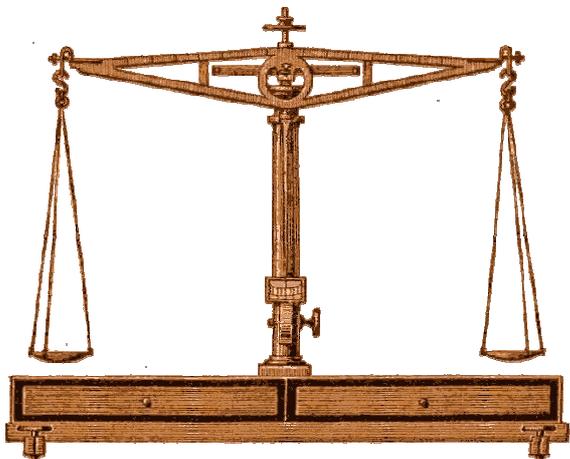
- Zeichne in die Abbildung das Drehmoment-Parallelogramm ein.
- Bestimme den Flächeninhalt des Drehmoment-Parallelogramms.
- Welchen Wert müsste das Drehmomentmessgerät anzeigen?



Aufgabe 9

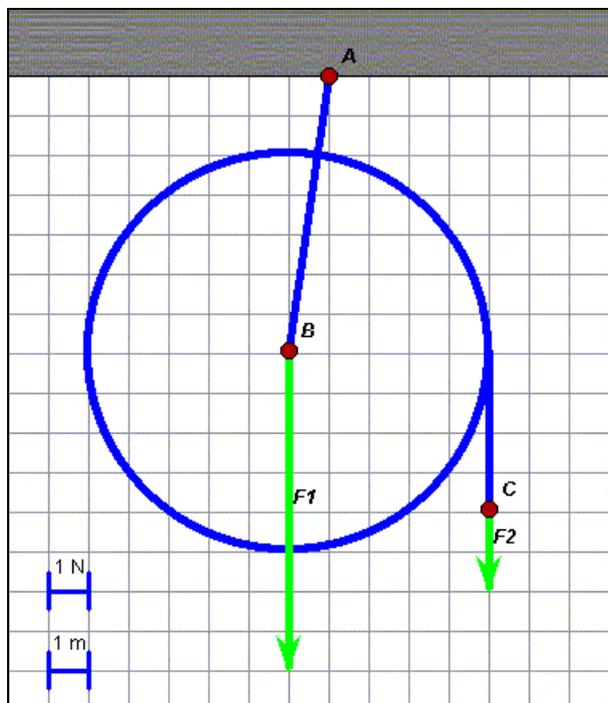
a) Zeichne den Drehpunkt D der Waage in die Abbildung ein.

b) Nimm an, jede Waagschale wiegt zusammen mit der Aufhängung 100 g (~ 1 N). Zeichne ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelogramme in die Waage ein. Verwende als Maßstab 1 cm für 1 N.



Aufgabe 10

Eine Rolle ist nicht drehbar an einem Stab AB befestigt. Der Stab ist an der Decke im Punkt A drehbar angebracht. Um die Rolle ist ein Seil gewickelt und befestigt, an dessen Ende am Punkt C mit der Kraft F_2 gezogen wird. Dadurch werden Rolle und Stab um den Punkt A gedreht. Die Gewichtskraft F_1 der Rolle, setzt im Punkt B an und beschränkt den Ausschlag. Es wirken also zwei Drehmomente gegeneinander.



a) Zeichne die beiden Flächen ein, die die Drehmomente darstellen.

b) Wie groß sind die beiden Drehmomente?

c) Welche Bedingung muss erfüllt sein, damit die Rolle sich nicht bewegt? Ist sie hier erfüllt?

Aufgabe 11

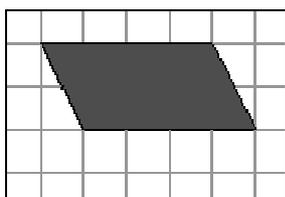
Das Foto zeigt, wie das Dach der Schwimmhalle im Olympiazentrum in München an einem großen Mast befestigt ist. An dem Mast wirken zwei Drehmomente, die sich gegenseitig aufheben.

- Zeichne den Drehpunkt D in die Abbildung ein.
- Die Zugkraft beträgt in beiden Seilen 10 Mega-Newton (MN). Skizziere ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelelogramme in dem Foto. Verwende als Maßstab 1 cm für 5 MN.

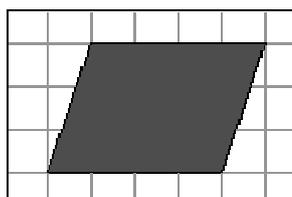


Aufgabe 12

Wie groß ist der Flächeninhalt, A der beiden Parallelelogramme?



A = _____



A = _____

**2.Fragebogen
zur Lerneinheit
„Drehmomente
sehen“**

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer!

Damit wir nach dieser zweiten Befragung wissen, welcher neue Fragebogen zu den bisherigen, schon ausgefüllten Fragebögen passt, gib bitte noch einmal die folgenden Code-Daten an.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deiner Mutter angeben.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deines Vaters angeben.

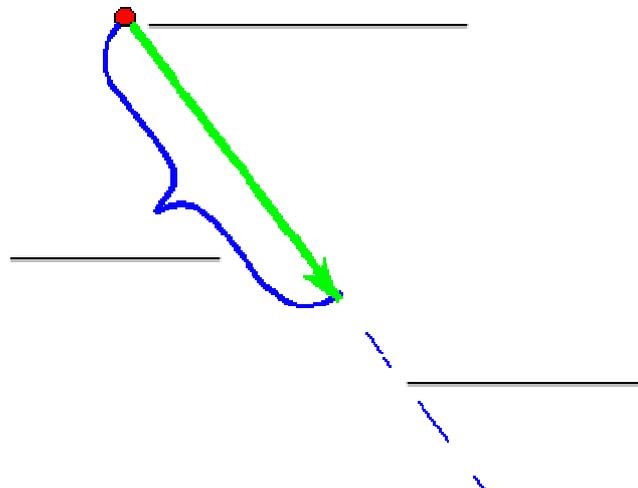
Dein Geburtstag (z. B. für 19. Dezember nur die „19“ hinschreiben).

Versuche bitte wieder, die gestellten Fragen so gut es geht zu beantworten. Viel Erfolg dabei und vielen Dank für deine Mitarbeit.

Thema „Drehmomente“

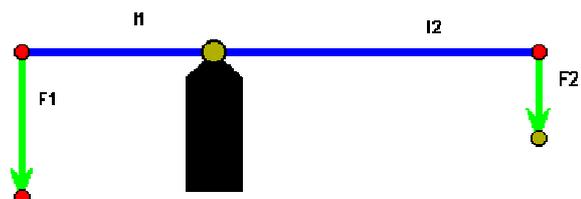
Aufgabe 1

In der Abbildung ist eine Kraft als Pfeil dargestellt. Beschrifte die Abbildung.

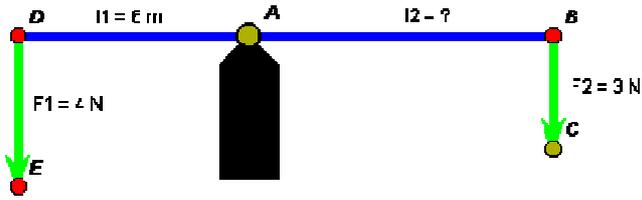


Aufgabe 2

Wie lautet die Formel des Hebelgesetzes? Verwende die Bezeichnungen aus der Abbildung.



Aufgabe 3

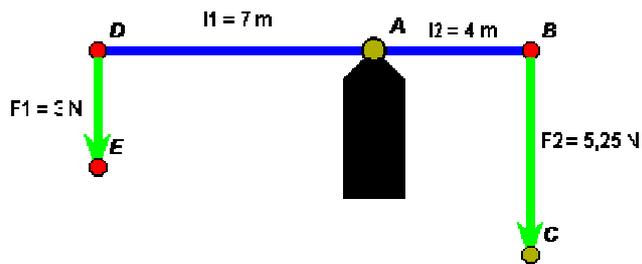


Wie lang muss der Hebelarm l_2 sein, damit sich der Hebel im Gleichgewicht befindet?

Aufgabe 4

Was versteht man unter dem Begriff Drehmoment? In welcher Einheit werden Drehmomente gemessen?

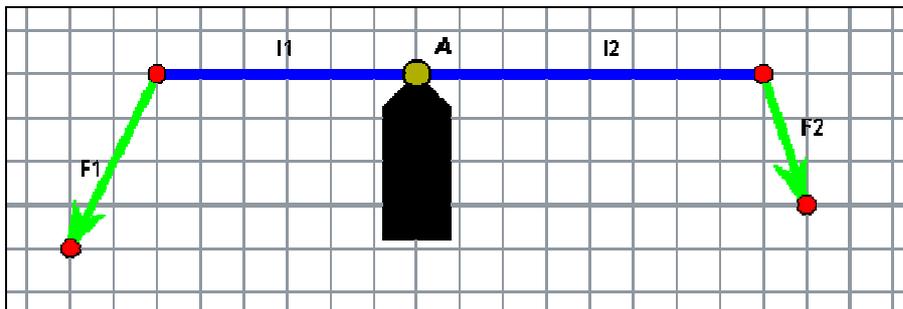
Aufgabe 5



Berechne das Drehmoment am linken und rechten Hebelarm.

Aufgabe 6

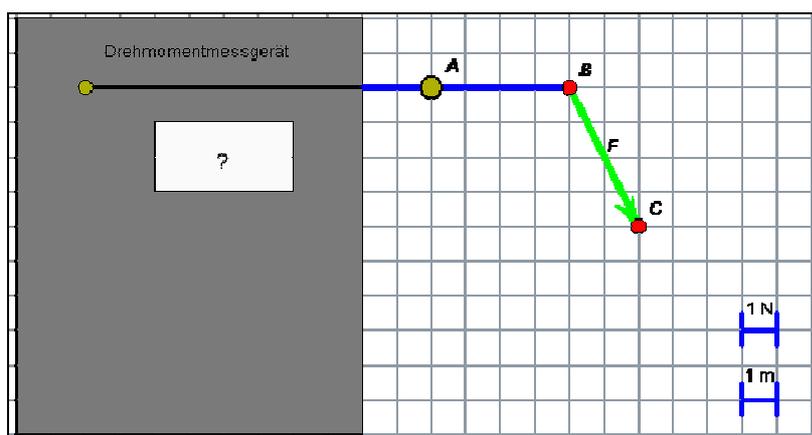
Das Drehmoment lässt sich als Flächeninhalt der beteiligten Größen auffassen. Skizziere in der Abbildung die beiden Flächen, die den Drehmomenten am Drehpunkt A entsprechen.



Aufgabe 7

An einem Hebelarm AB wirkt eine Kraft F. Ein Drehmomentmessgerät (schematisch durch den grauen Kasten angedeutet) zeigt das - um den Drehpunkt A - wirkende Drehmoment an.

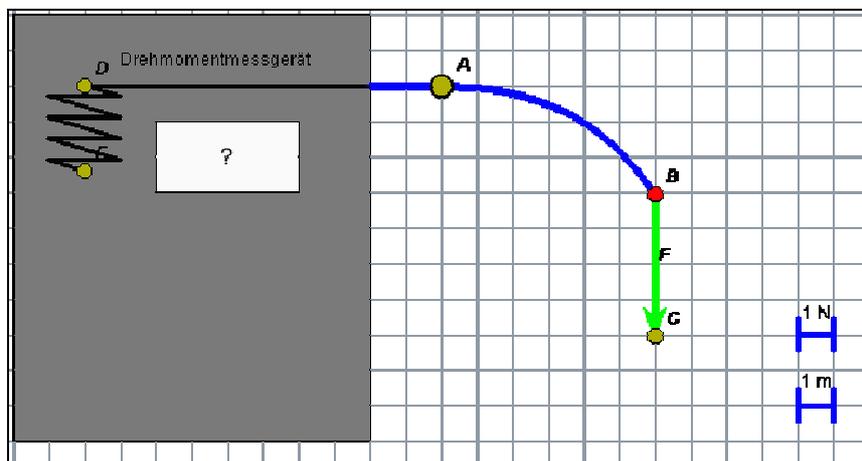
- Das Drehmoment lässt sich als Flächeninhalt der beteiligten Größen auffassen. Zeichne in die Abbildung das Drehmoment-Parallelogramm ein.
- Bestimme den Flächeninhalt des Drehmoment-Parallelogramms.
- Welchen Wert müsste das Drehmomentmessgerät anzeigen?



Aufgabe 8

An einem Hebelarm AB wirkt eine Kraft F. Ein Drehmomentmessgerät (schematisch durch den grauen Kasten angedeutet) zeigt das - um den Drehpunkt A - wirkende Drehmoment an.

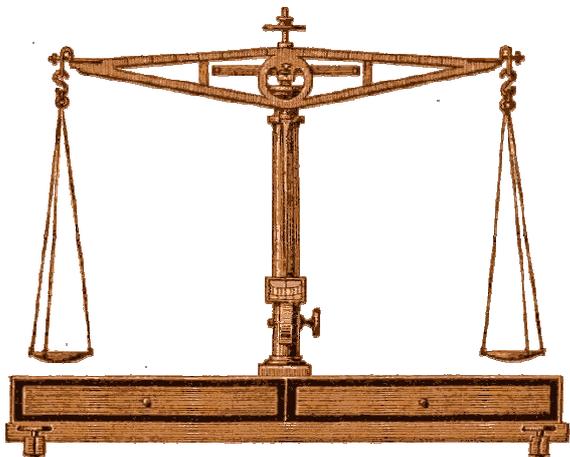
- Zeichne in die Abbildung das Drehmoment-Parallelogramm ein.
- Bestimme den Flächeninhalt des Drehmoment-Parallelogramms.
- Welchen Wert müsste das Drehmomentmessgerät anzeigen?



Aufgabe 9

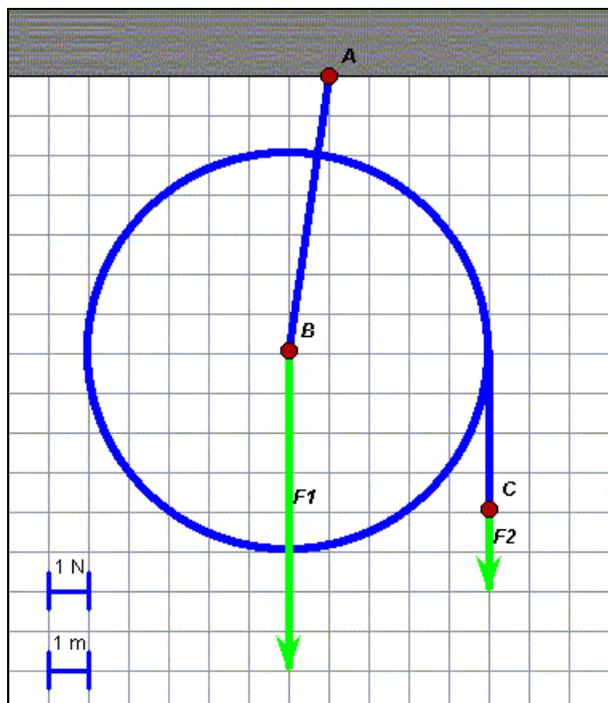
a) Zeichne den Drehpunkt D der Waage in die Abbildung ein.

b) Nimm an, jede Waagschale wiegt zusammen mit der Aufhängung 100 g (~ 1 N). Zeichne ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelogramme in die Waage ein. Verwende als Maßstab 1 cm für 1 N.



Aufgabe 10

Eine Rolle ist nicht drehbar an einem Stab AB befestigt. Der Stab ist an der Decke im Punkt A drehbar angebracht. Um die Rolle ist ein Seil gewickelt und befestigt, an dessen Ende am Punkt C mit der Kraft F_2 gezogen wird. Dadurch werden Rolle und Stab um den Punkt A gedreht. Die Gewichtskraft F_1 der Rolle, setzt im Punkt B an und beschränkt den Ausschlag. Es wirken also zwei Drehmomente gegeneinander.



a) Zeichne die beiden Flächen ein, die die Drehmomente darstellen.

b) Wie groß sind die beiden Drehmomente?

c) Welche Bedingung muss erfüllt sein, damit die Rolle sich nicht bewegt? Ist sie hier erfüllt?

Aufgabe 11

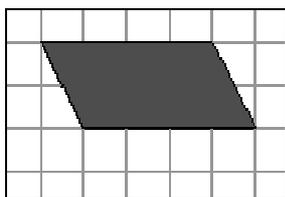
Das Foto zeigt, wie das Dach der Schwimmhalle im Olympiazentrum in München an einem großen Mast befestigt ist. An dem Mast wirken zwei Drehmomente, die sich gegenseitig aufheben.

- Zeichne den Drehpunkt D in die Abbildung ein.
- Die Zugkraft beträgt in beiden Seilen 10 Mega-Newton (MN). Skizziere ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelogramme in dem Foto. Verwende als Maßstab 1 cm für 5 MN.

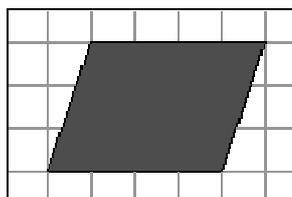


Aufgabe 12

Wie groß ist der Flächeninhalt, A der beiden Parallelogramme?



A = _____



A = _____

7.1.7

Die Bewertung der Lernfragebögen in der Pilotstudie:

Aufgabe 1 ergab maximal 3 Punkte

Aufgabe 2 ergab maximal 3 Punkte

Aufgabe 3 ergab maximal 2 Punkte

Aufgabe 4a ergab maximal 3 Punkte, Aufgabe 4b maximal 2 Punkte, insgesamt maximal 5 Punkte

Aufgabe 5 ergab maximal 2 Punkte für jede Zeichnung, also maximal 4 Punkte

Aufgabe 6 ergab maximal 2 Punkte für jede Zeichnung, also maximal 4 Punkte

Aufgabe 7a ergab 2 Punkte, 7b ebenfalls 2 Punkte, 7c 1 Punkt, maximal 5 Punkte

Aufgabe 8a ergab 3 Punkte, 8b ebenfalls 2 Punkte, 8c 1 Punkt, maximal 6 Punkte

Aufgabe 9a ergab 2 Punkte, 9b 4 Punkte, maximal 6 Punkte

Aufgabe 10a ergab 4 Punkte, 10b 2 Punkte pro richtiger Lösung, 10c 4 Punkte, maximal 12 Punkte

Aufgabe 11a ergab 4 Punkte, 11 b pro Parallelogramm 4 Punkte, maximal 12 Punkte

Aufgabe 12 ergab 2 Punkte pro Aufgabe, maximal 4 Punkte

Bei den Aufgaben 6, 7a und 9b konnten bis zu 4 Sonderpunkte zusätzlich erzielt werden: Bei Aufgabe 6 durch eine Flächenberechnung maximal 2 Punkte (zusätzlicher Fleißpunkt), bei Aufgabe 7a durch einen Pfeil als Richtungsanzeige der Kraft oder bei Aufgabe 7c durch die Angabe der Maßeinheit ein Sonderpunkt und bei Aufgabe 9b durch das Einzeichnen der Kraft als Pfeil (tieferes Verständnis) einen Punkt.

Instruktion

- Vielen Dank, dass du bei diesem Versuch mitmachst.
- Wir wollen wissen, wie Personen etwas über Drehmomente in der Physik lernen.
- Aus diesem Grund zeigen wir dir ein Computer-Lernprogramm anhand dessen du dich in das Thema einarbeiten kannst.
- Dein Vorgehen beim Umgang mit dem Lernprogramm wird auf dem Rechner aufgezeichnet und später von uns ausgewertet.
- Da uns auch interessiert, wie deine Einstellung zum Lernen ist, werden wir dich während des Lernens öfter unterbrechen, um uns nach deinen Einstellungen zu erkundigen.

Ich möchte vorab noch auf etwas Wichtiges hinweisen. Es ist in der Wissenschaft bekannt, dass es Vorurteile gegenüber Männern und Frauen gibt. Verhaltensmerkmale wie Einstellungen, Interessen, Fähigkeiten werden Männern und Frauen allein aufgrund ihrer Geschlechtszugehörigkeit zugeschrieben. Besonders, wenn es um Physik geht, wird oft erwartet, dass Frauen schlechter abschneiden.

Wenn ihr als Mädchen beim Lernen das Gefühl habt, dass ihr ängstlich oder unlustig seid, kann das eine Folge dieser Vorurteile sein. Diese sind weit verbreitet in unserer Gesellschaft, haben aber nichts mit euren tatsächlichen Fähigkeiten in Physik zu tun.

Wir bitten euch Mädchen deshalb, gegen diese Vorurteile gegenüber Frauen anzuarbeiten und euch genauso anzustrengen wie die Jungs. Wenn ihr euch anstrengt, dann könnt ihr sicher genauso gut abschneiden wie eure Mitschüler.

Gerade Mädchen der BNS sollten dazu eigentlich in der Lage sein. Und das Lernprogramm ist so aufgebaut, dass man auch ohne Vorwissen damit gute Erfolge erzielen kann.

Natürlich sollen sich aber auch die Jungen anstrengen und so gut wie möglich abschneiden. 😊

- Wir beginnen den Versuch damit, dass du dir für eine Minute den Test ansehen kannst, der dein Vorwissen erfasst. Danach werden wir dir einen ersten Fragebogen zum Ausfüllen geben.
- Danach kannst du den Wissenstest bearbeiten.
- Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir einen weiteren Lernfragebogen geben.
- Für das Lernprogramm hast du 30 Minuten Zeit. Bitte bearbeite die einzelnen Lernabschnitte nacheinander. Fülle bitte nach jedem Abschnitt die weiteren, jeweils passenden Fragebögen aus, also nach Abschnitt 1 die Nr. 1 usw.
- Bitte lass nach Beendigung des Lernprogramms den Computer angeschaltet.
- Die Daten werden anonym ausgewertet und nur für unser Forschungsvorhaben verwendet.

- Nochmals vielen Dank fürs Mitmachen!

Instruktion

- Vielen Dank, dass du bei diesem Versuch mitmachst.
- Wir wollen wissen, wie Personen etwas über Drehmomente in der Physik lernen.
- Aus diesem Grund zeigen wir dir ein Computer-Lernprogramm anhand dessen du dich in das Thema einarbeiten kannst.
- Dein Vorgehen beim Umgang mit dem Lernprogramm wird auf dem Rechner aufgezeichnet und später von uns ausgewertet.
- Da uns auch interessiert, wie deine Einstellung zum Lernen ist, werden wir dich während des Lernens öfter unterbrechen, um uns nach deinen Einstellungen zu erkundigen.

Ich möchte vorab noch auf etwas Wichtiges hinweisen. Es ist in der Wissenschaft bekannt, dass es Vorurteile gegenüber Männern und Frauen gibt. Verhaltensmerkmale wie Einstellungen, Interessen, Fähigkeiten werden Männern und Frauen allein aufgrund ihrer Geschlechtszugehörigkeit zugeschrieben. Besonders, wenn es um Physik geht, wird oft erwartet, dass Frauen schlechter abschneiden.

Wenn ihr als Mädchen beim Lernen das Gefühl habt, dass ihr ängstlich oder unlustig seid, kann das eine Folge dieser Vorurteile sein. Diese sind weit verbreitet in unserer Gesellschaft, haben aber nichts mit euren tatsächlichen Fähigkeiten in Physik zu tun.

Wir bitten euch Mädchen deshalb, gegen diese Vorurteile gegenüber Frauen anzuarbeiten und euch genauso anzustrengen wie die Jungs. Wenn ihr euch anstrengt, dann könnt ihr sicher genauso gut abschneiden wie eure Mitschüler.

Gerade Mädchen der St. Angela Schule sollten dazu eigentlich in der Lage sein. Und das Lernprogramm ist so aufgebaut, dass man auch ohne Vorwissen damit gute Erfolge erzielen kann.

Natürlich sollen sich aber auch die Jungen anstrengen und so gut wie möglich abschneiden. 😊

- Wir beginnen den Versuch damit, dass du dir für eine Minute den Test ansehen kannst, der dein Vorwissen erfasst. Danach werden wir dir einen ersten Fragebogen zum Ausfüllen geben.
- Danach kannst du den Wissenstest bearbeiten.
- Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir einen weiteren Lernfragebogen geben.
- Für das Lernprogramm hast du 30 Minuten Zeit. Bitte bearbeite die einzelnen Lernabschnitte nacheinander. Fülle bitte nach jedem Abschnitt die weiteren, jeweils passenden Fragebögen aus, also nach Abschnitt 1 die Nr. 1 usw.
- Bitte lass nach Beendigung des Lernprogramms den Computer angeschaltet.
- Die Daten werden anonym ausgewertet und nur für unser Forschungsvorhaben verwendet.

- Nochmals vielen Dank fürs Mitmachen!

Instruktion

- Vielen Dank, dass du bei diesem Versuch mitmachst.
- Wir wollen wissen, wie Personen etwas über Drehmomente in der Physik lernen.
- Aus diesem Grund zeigen wir dir ein Computer-Lernprogramm anhand dessen du dich in das Thema einarbeiten kannst.
- Dein Vorgehen beim Umgang mit dem Lernprogramm wird auf dem Rechner aufgezeichnet und später von uns ausgewertet.
- Da uns auch interessiert, wie deine Einstellung zum Lernen ist, werden wir dich während des Lernens öfter unterbrechen, um uns nach deinen Einstellungen zu erkundigen.

Möglicherweise klingt das Thema „Drehmomente“ zunächst für dich nicht besonders interessant. Ich bitte dich aber zu bedenken, dass Drehmomente im Leben an vielen Stellen eine große Rolle spielen.

Wer einmal mit dem Auto wegen überhöhter Geschwindigkeit und starkem Seitenwind aus der Kurve geflogen ist, weiß um die Dramatik einer solchen Situation. In einem solchen Moment haben auch Drehmomente gewirkt.



Wer im letzten Winter erlebt hat, wie reihenweise Hallendächer wie zum Beispiel das der Eislaufhalle in Bad Reichenhall einstürzten und in diesem Fall 50 Menschen unter sich begrub, der weiß, dass das etwas mit der Statik zu tun hatte. Wenn du dich mit dem Lernprogramm beschäftigst, wirst du sehen, dass einem solchen Fall auch Drehmomente eine Rolle gespielt haben.



Aber auch erfreuliche Dinge ranken sich um das Drehmoment. Beim Sport spielt es eine große Rolle, ob bei der Riesenwelle am Reck, der Kick beim Fußball, der Schlag beim Tennis, der Schulterwurf beim Judo, beim Rudern, selbst die Pedalbewegung beim Fahrrad bezieht das Drehmoment ein. Und warum Eiskunstläufer bei der Pirouette die Arme ganz eng an den Körper nehmen, damit sie sich möglichst schnell und perfekt drehen können, versteht man auch nur, wenn man etwas über das Drehmoment weiß.



Und auch im täglichen Leben kommt das Drehmoment zum Tragen. Ohne dass es uns bewusst ist, nutzen wir Drehmomente, wenn wir eine Schere oder einen Schraubenschlüssel benützen. Vor der Automatisierung wurde das Leben dadurch erleichtert, dass Menschen sich Drehmomente zunutze machten, denken wir an altertümliche Balkenpressen oder Balkenwaagen

Du siehst, das zunächst sehr theoretisch erscheinende Thema Drehmomente ist etwas, was uns im täglichen Leben an vielen Stellen begegnet und dass es sich lohnt, darüber etwas mehr zu erfahren. Wir wünschen dir viel Spaß bei der Beschäftigung mit diesem Thema. Du hast dann denen etwas voraus, die sich darüber noch nie Gedanken gemacht haben und wirst ab jetzt die Handtasche mit ganz anderem Schwung über Deine Schulter werfen oder den Schraubenschlüssel mit ganz neuer Begeisterung ansetzen... ☺



- Wir beginnen den Versuch damit, dass du dir für eine Minute den Test ansehen kannst, der dein Vorwissen erfasst. Danach werden wir dir einen ersten Fragebogen zum Ausfüllen geben.
- Danach kannst du den Wissenstest bearbeiten.
- Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir einen weiteren Lernfragebogen geben.
- Für das Lernprogramm hast du 30 Minuten Zeit. Bitte bearbeite die einzelnen Lernabschnitte nacheinander. Fülle bitte nach jedem Abschnitt die weiteren, jeweils passenden Fragebögen aus, also nach Abschnitt 1 die Nr. 1 usw.
- Bitte lass nach Beendigung des Lernprogramms den Computer angeschaltet.
- Die Daten werden anonym ausgewertet und nur für unser Forschungsvorhaben verwendet.
- Nochmals vielen Dank fürs Mitmachen!

Instruktion

- Vielen Dank, dass du bei diesem Versuch mitmachst.
- Wir wollen wissen, wie Personen etwas über Drehmomente in der Physik lernen.
- Aus diesem Grund zeigen wir dir ein Computer-Lernprogramm anhand dessen du dich in das Thema einarbeiten kannst.
- Dein Vorgehen beim Umgang mit dem Lernprogramm wird auf dem Rechner aufgezeichnet und später von uns ausgewertet.
- Da uns auch interessiert, wie deine Einstellung zum Lernen ist, werden wir dich während des Lernens öfter unterbrechen, um uns nach deinen Einstellungen zu erkundigen.

- Wir beginnen den Versuch damit, dass du dir für eine Minute den Test ansehen kannst, der dein Vorwissen erfasst. Danach werden wir dir einen ersten Fragebogen zum Ausfüllen geben.
- Danach kannst du den Wissenstest bearbeiten.
- Dann wirst du das Lernprogramm benutzen und im Anschluss daran werden wir dir einen weiteren Lernfragebogen geben.
- Für das Lernprogramm hast du 30 Minuten Zeit. Bitte bearbeite die einzelnen Lernabschnitte nacheinander. Fülle bitte nach jedem Abschnitt die weiteren, jeweils passenden Fragebögen aus, also nach Abschnitt 1 die Nr. 1 usw.
- Bitte lass nach Beendigung des Lernprogramms den Computer angeschaltet.
- Die Daten werden anonym ausgewertet und nur für unser Forschungsvorhaben verwendet.

- Nochmals vielen Dank fürs Mitmachen!

7.1.12 *FAM Physikversion für Hauptstudie*

Proband: _____

Alter : _____

Geschlecht: _____

	Trifft nicht zu							Trifft zu
1. Ich mag solche Aufgaben.	<input type="checkbox"/>							
2. Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgaben gewachsen zu sein.	<input type="checkbox"/>							
3. Bei der Aufgabe mag ich es, das Physik-Lernprogramm selbst zu erforschen.	<input type="checkbox"/>							
4. Wahrscheinlich werde ich die Aufgaben nicht schaffen.	<input type="checkbox"/>							
5. Ich fühle mich unter Druck, bei den Aufgaben gut abschneiden zu müssen.	<input type="checkbox"/>							
6. Die Aufgaben sind eine richtige Herausforderung für mich.	<input type="checkbox"/>							
7. Nach dem Lesen der Instruktion erscheinen mir die Aufgaben sehr interessant.	<input type="checkbox"/>							
8. Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>							
9. Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich blamieren könnte.	<input type="checkbox"/>							
10. Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Aufgaben voll anzustrengen.	<input type="checkbox"/>							
11. Bei Aufgaben wie diesen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	<input type="checkbox"/>							
12. Ich glaube, das kann jeder schaffen.	<input type="checkbox"/>							
13. Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	<input type="checkbox"/>							
14. Ich glaube, ich schaffe diese Aufgaben nicht.	<input type="checkbox"/>							
15. Wenn ich die Aufgaben schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	<input type="checkbox"/>							
16. Wenn ich an die Aufgaben denke, bin ich etwas beunruhigt.	<input type="checkbox"/>							
17. Solche Aufgaben würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>							
18. Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	<input type="checkbox"/>							

7.1.13 FKS+FAM Physik T2 für Hauptstudie

Nach Bearbeitung des 2. Abschnitts auszufüllen!

Proband: _____

Uhrzeit zu Beginn des Ausfüllens: _____

	Trifft nicht zu							Trifft zu
Ich fühle mich optimal beansprucht.	<input type="checkbox"/>							
Meine Gedanken bzw. Aktivitäten laufen flüssig und glatt.	<input type="checkbox"/>							
Ich merke gar nicht, wie die Zeit vergeht.	<input type="checkbox"/>							
Ich habe keine Mühe, mich zu konzentrieren.	<input type="checkbox"/>							
Mein Kopf ist völlig klar.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin ganz vertieft in das, was ich gerade mache.	<input type="checkbox"/>							
Die richtigen Gedanken/Bewegungen kommen wie von selbst.	<input type="checkbox"/>							
Ich weiß bei jedem Schritt, was ich zu tun habe.	<input type="checkbox"/>							
Ich habe das Gefühl, den Ablauf unter Kontrolle zu haben.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin völlig selbstvergessen.	<input type="checkbox"/>							
Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgabe gewachsen zu sein.	<input type="checkbox"/>							
Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen.	<input type="checkbox"/>							
Bei der Aufgabe mag ich es, das Physik-Lernprogramm selbst zu erforschen.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.	<input type="checkbox"/>							
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich hier blamieren könnte.	<input type="checkbox"/>							
Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.	<input type="checkbox"/>							
Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.	<input type="checkbox"/>							
Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>							
Für mich persönlich sind die jetzigen Anforderungen ...								
zu gering	<input type="checkbox"/>	zu hoch						

**1.Fragebogen
zur Lerneinheit
„Drehmomente
sehen“**

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer!

Damit wir später wissen, welcher Fragebogen zu demselben Probanden passt, gib bitte die folgenden Code-Daten an.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deiner Mutter angeben.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deines Vaters angeben.

Dein Geburtstag (z. B. für 19. Dezember nur die „19“ hinschreiben).

Versuche die Aufgaben so gut es geht zu bearbeiten. Wir wissen, dass das Thema im Unterricht bisher noch nicht in dieser Art behandelt wurde. Es ist daher verständlich, wenn du keine oder nur wenige Fragen beantworten kannst.

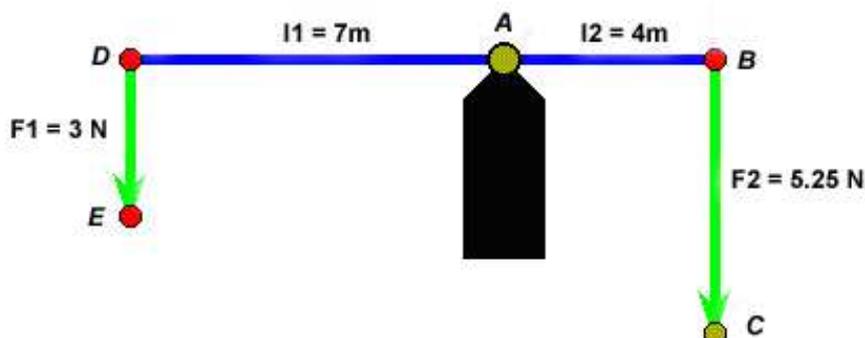
Viel Erfolg dabei und vielen Dank für deine Mitarbeit.

Thema „Drehmomente“

Aufgabe 1

Was versteht man unter dem Begriff Drehmoment? In welcher Einheit werden Drehmomente gemessen?

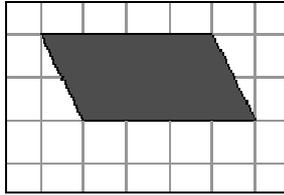
Aufgabe 2



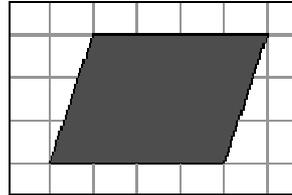
Berechne das Drehmoment am linken und rechten Hebelarm.

Aufgabe 3

Wie groß ist der Flächeninhalt A der beiden Parallelogramme?



A = _____



A = _____

Aufgabe 4

Das Foto zeigt, wie das Dach der Schwimmhalle im Olympiazentrum in München an einem großen Mast befestigt ist. An dem Mast wirken zwei Drehmomente, die sich gegenseitig aufheben.

- Zeichne den Drehpunkt D in die Abbildung ein.
- Die Zugkraft beträgt in beiden Seilen 10 Mega-Newton (MN). Skizziere ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelogramme in dem Foto. Verwende als Maßstab 1 cm für 5 MN.



**2.Fragebogen
zur Lerneinheit
„Drehmomente
sehen“**

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer!

Damit wir später wissen, welcher Fragebogen zu demselben Probanden passt, gib bitte noch einmal die folgenden Code-Daten an.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deiner Mutter angeben.

Bitte den 2. und 3. Buchstaben im Vornamen deines Vaters angeben.

Dein Geburtstag (z. B. für 19. Dezember nur die „19“ hinschreiben).

Hier kommt noch einmal ein Lernfragebogen.

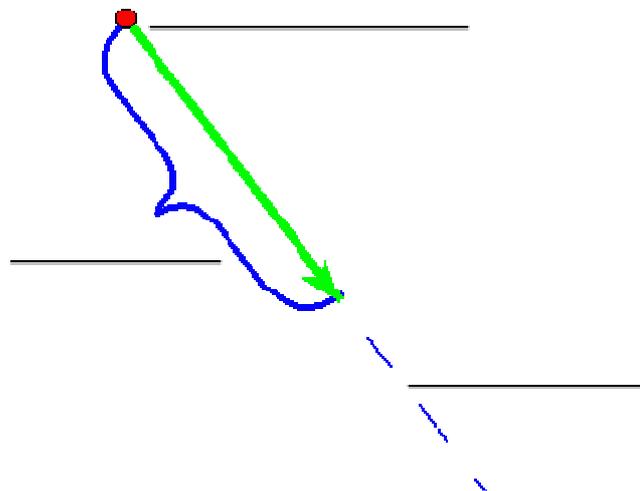
Versuche die Aufgaben wiederum so gut es geht zu bearbeiten. Einige Aufgaben kennst du schon, aber es sind auch neue Aufgaben dazugekommen.

Viel Erfolg dabei und vielen Dank für deine Mitarbeit.

Thema „Drehmomente“

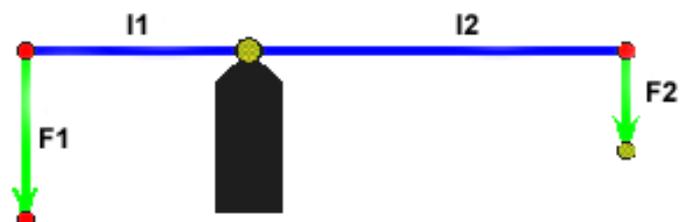
Aufgabe 1

In der Abbildung ist eine Kraft als Pfeil dargestellt. Beschrifte die Abbildung.

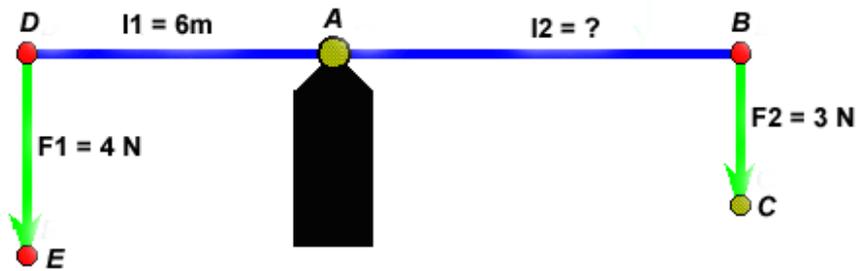


Aufgabe 2

Wie lautet die Formel des Hebelgesetzes? Verwende die Bezeichnungen aus der Abbildung.



Aufgabe 3

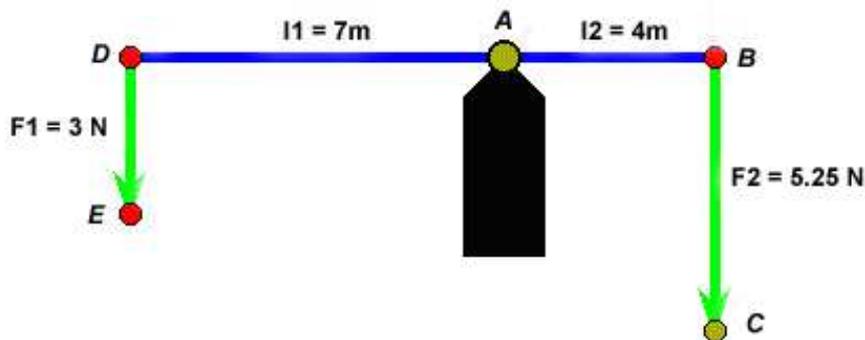


Wie lang muss der Hebelarm l_2 sein, damit sich der Hebel im Gleichgewicht befindet?

Aufgabe 4

Was versteht man unter dem Begriff Drehmoment? In welcher Einheit werden Drehmomente gemessen?

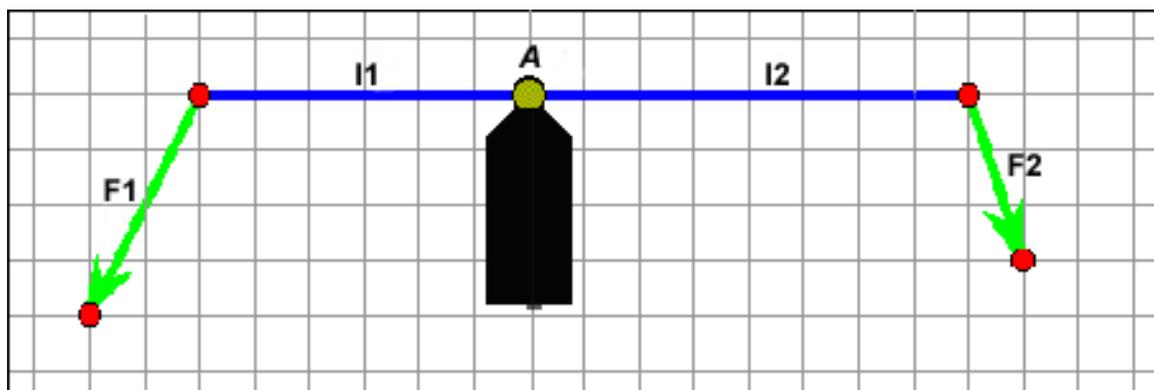
Aufgabe 5



Berechne das Drehmoment am linken und rechten Hebelarm.

Aufgabe 6

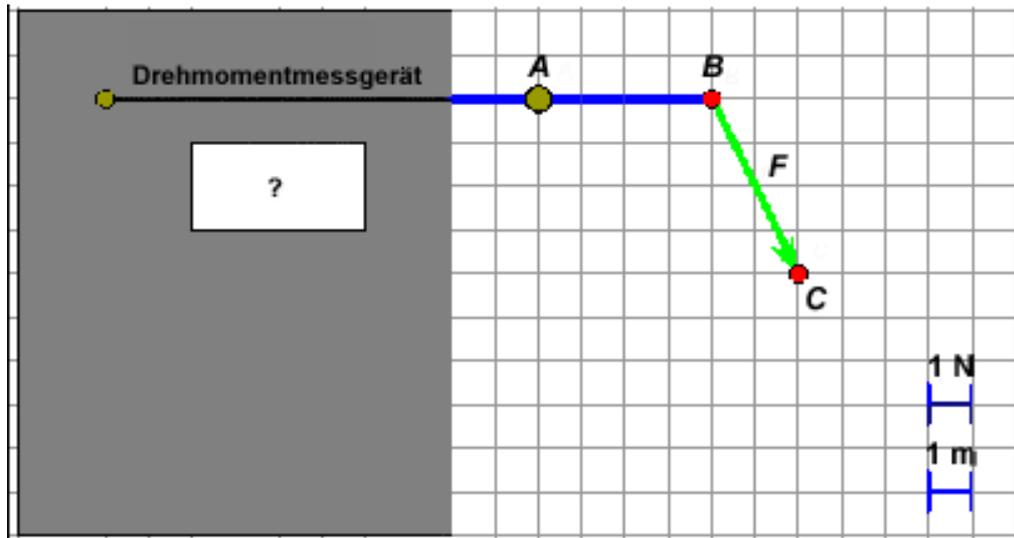
Das Drehmoment lässt sich als Flächeninhalt der beteiligten Größen auffassen. Skizziere in der Abbildung die beiden Flächen, die den Drehmomenten am Drehpunkt A entsprechen.



Aufgabe 7

An einem Hebelarm AB wirkt eine Kraft F. Ein Drehmomentmessgerät (schematisch durch den grauen Kasten angedeutet) zeigt das - um den Drehpunkt A - wirkende Drehmoment an.

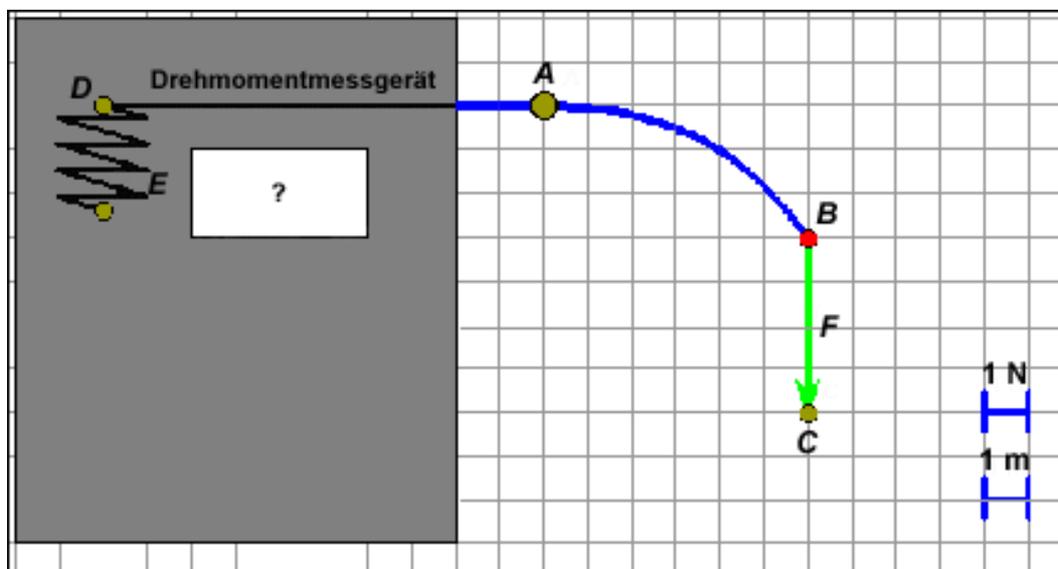
- Das Drehmoment lässt sich als Flächeninhalt der beteiligten Größen auffassen. Zeichne in die Abbildung das Drehmoment-Parallelogramm ein.
 - Bestimme den Flächeninhalt des Drehmoment-Parallelogramms.
-
- c) Welchen Wert müsste das Drehmomentmessgerät anzeigen?
-



Aufgabe 8

An einem Hebelarm AB wirkt eine Kraft F. Ein Drehmomentmessgerät (schematisch durch den grauen Kasten angedeutet) zeigt das - um den Drehpunkt A - wirkende Drehmoment an.

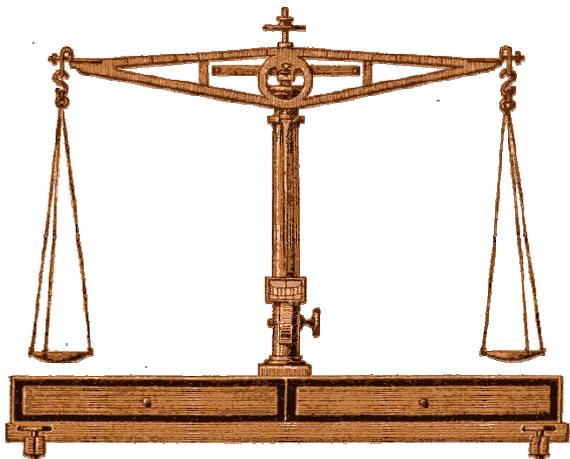
- Zeichne in die Abbildung das Drehmoment-Parallelogramm ein.
 - Bestimme den Flächeninhalt des Drehmoment-Parallelogramms.
-
- c) Welchen Wert müsste das Drehmomentmessgerät anzeigen?
-



Aufgabe 9

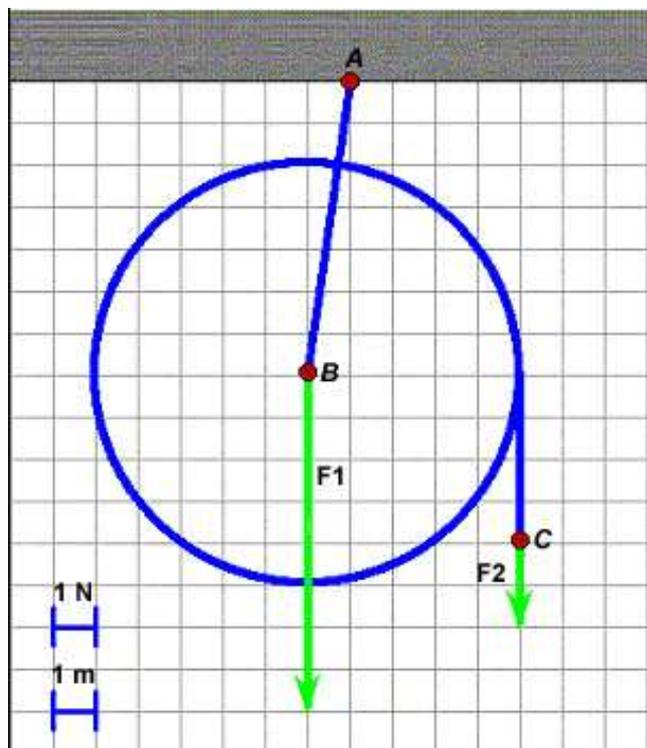
a) Zeichne den Drehpunkt D der Waage in die Abbildung ein.

b) Nimm an, jede Waagschale wiegt zusammen mit der Aufhängung 100 g (~ 1 N). Zeichne ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelogramme in die Waage ein. Verwende als Maßstab 1 cm für 1 N.



Aufgabe 10

Eine Rolle ist nicht drehbar an einem Stab AB befestigt. Der Stab ist an der Decke im Punkt A drehbar angebracht. Um die Rolle ist ein Seil gewickelt und befestigt, an dessen Ende am Punkt C mit der Kraft F_2 gezogen wird. Dadurch werden Rolle und Stab um den Punkt A gedreht. Die Gewichtskraft F_1 der Rolle, setzt im Punkt B an und beschränkt den Ausschlag. Es wirken also zwei Drehmomente gegeneinander.



a) Zeichne die beiden Flächen ein, die die Drehmomente darstellen.

b) Wie groß sind die beiden Drehmomente?

c) Welche Bedingung muss erfüllt sein, damit die Rolle sich nicht bewegt? Ist sie hier erfüllt?

Aufgabe 11

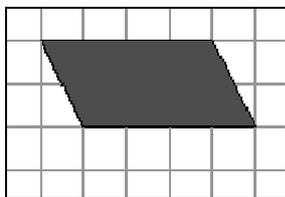
Das Foto zeigt, wie das Dach der Schwimmhalle im Olympiazentrum in München an einem großen Mast befestigt ist. An dem Mast wirken zwei Drehmomente, die sich gegenseitig aufheben.

- Zeichne den Drehpunkt D in die Abbildung ein.
- Die Zugkraft beträgt in beiden Seilen 10 Mega-Newton (MN). Skizziere ungefähr die wirkenden Drehmoment-Parallelogramme in dem Foto. Verwende als Maßstab 1 cm für 5 MN.

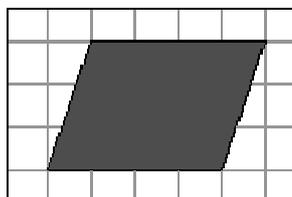


Aufgabe 12

Wie groß ist der Flächeninhalt A der beiden Parallelogramme?



A = _____



A = _____

7.2 Danksagung

Ich danke Regina Vollmeyer für die wertschätzende und konstruktive Begleitung dieser Arbeit und ihren hohen persönlichen Einsatz und Leistungsmotivation. Margarete Imhof danke ich für ihre immer freundliche und ideenreiche Unterstützung. Es war mir eine große Freude mit ihnen beiden zusammen zu arbeiten.

Bei der Entstehung dieser Arbeit waren viele Menschen hilfreich, stellvertretend seien hier genannt: Herr D. Heimbring und Herr F. Seiter von der Bischof-Neumann Schule, die drei Naturwissenschaftler Dieter Schütz, Hans Gaensslen und Nicole Schwarz, die mir bei Erarbeitung des Physikprogramms und der korrekten Beantwortung der Lernfragebögen eine große Hilfe waren, der Computerfachmann Matthias Fabian sowie Conny Beierlein und Gerhard Bachmann von meiner Arbeitsgruppe am Institut für Psychologie an der Universität Frankfurt und meine zeitweilige studentische Hilfskraft Daniel Löffler sowie Gabriela Terhorst bei den Schuluntersuchungen. Vielen Familienmitgliedern und Freunden danke ich für ihre hilfreichen Anmerkungen und Anregungen und ihre emotionale Begleitung. Ein besonderer Dank gebührt hier noch Joachim von Arnim, der mir sprachliche Formulierungen zu glätten half, und meiner Mutter.

„Jeden Tag denke ich unzählige Male daran, dass mein äußeres und inneres Leben auf der Arbeit der jetzigen und der schon verstorbenen Menschen beruht, dass ich mich anstrengen muß, um zu geben im gleichen Ausmaß, wie ich empfangen habe und noch empfangen.“ (Einstein, A., 1977, S. 7)

Genauso empfinde ich auch.

7.3 Erklärung

Frankfurt am Main, den

Hiermit erkläre ich,

- dass ich die Dissertation selbständig verfasst und alle in Anspruch genommenen Hilfsmittel in der Dissertation wiedergegeben habe,

- dass frühere Promotionsversuche nicht erfolgt und insofern nicht erfolglos geblieben sind

- dass mir die Ordnung zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Philosophie an der Johann Wolfgang Goethe – Universität vom 26.06.2001 bekannt ist.

Anita Püttmann

7.4 Lebenslauf

Am 22.6.59 als Tochter des Chemikers Dr.-Ing. Hans Gaensslen und seiner Frau Ingeborg, geborene Steidle, in Frankfurt am Main geboren.

Schule

1966 Grundschulbesuch der Robert-Schumann-Schule in Frankfurt.

1978 Abitur an der Taunusschule in Königstein mit der Durchschnittsnote 1,5.

1984 Diplom an der J. W. Goethe- Universität Frankfurt im Fachbereich Psychologie, Gesamtnote „gut“.

Berufspraxis

Drei sechswöchige Praktika in den Bereichen Orthopädische Klinik, Beratungsstelle und Psychiatrie.

Ab April 1984 bis September 86 Honorarkraft mit anfänglich 8, später 13 Wochenstunden beim Jugendpsychologischen Dienst des Landkreises Hannover in Neustadt.

Familienpause, ehrenamtliche Tätigkeiten

1982 Hochzeit mit Dipl.-Ing. Bernhard Püttmann, vier Kinder (1982,1986,1988,1992).

1992 - 2005 Mitglied des Kirchenvorstandes der evangelischen Kirchengemeinde Schneidhain.

1993 - 1997 Stadtverordnete im Königsteiner Stadtparlament.

1999 – 2006 Stadträtin im Magistrat der Stadt Königstein im Taunus.

Weiterbildung

Von August 84 bis Februar 86 Grundausbildung in klientenzentrierter Psychotherapie (Gesprächspsychotherapie) bei der GwG.

Am 11.3.92 Erteilung der Erlaubnis zur berufsmäßigen Ausübung der Heilkunde ohne Bestallung auf dem Gebiet der Psychotherapie durch den Landrat des Hochtaunuskreises.

Wiedereinstieg in den Beruf

Seit Januar 1996 stundenweise tätig in der Firma Dipl.- Ing. Püttmann KG, einem Ingenieurbüro mit Handelsvertretung, zuständig für Organisation und Einstellung von Mitarbeitern; am 1. Mai 1998 Eintritt als Kommanditistin.

Im September 1996 Durchführung von Gruppengesprächen mit Infarktpatienten innerhalb des Projekts „ambulante REHA“ an der KVB- Klinik (Klinik für Herz- und Gefäßkrankheiten der Krankenversorgung der Bundesbahnbeamten) in Königstein; anschließend Erarbeitung eines neuen Konzepts für die Gruppenarbeit mit den an einer koronaren Herzerkrankung leidenden und stationär in der KVB- Klinik untergebrachten Patienten, seit November Leitung dieser Gesprächsgruppen und vertretungsweise Übernahme verschiedener Kurse.

Seit 2001 Durchführung des Verhaltenstrainings im Rahmen der Adipositaschulungen.

Seit August 2005 alleinige Zuständigkeit für die Herzgruppen, das Autogene Training, Nichtrauchertraining und Adipositaschulungen. Diverse Fortbildungen durch den BDP. Kurzfristige Projektleitung zur Einführung des Qualitätsmanagements an der Klinik im Frühjahr 2006, Beendigung auf eigenen Wunsch.

Seit November 2004 Mitarbeit in einem Projekt der Universität Frankfurt zum selbst regulierten Lernen, externe Doktorandin.