



IMST – Fonds für Unterrichts- und
Schulentwicklung

Kirchliche Pädagogische Hochschule
Wien/Krems



**Fördert computerunterstützter Unterricht
Lernmotivation und kognitive Lernaktivitäten?**

***Begleitforschung von Projekten des IMST Fonds
zum Lernen von Physik mit neuen Medien***

Dr. Hildegard Urban-Woldron

KPH Wien/Krems

Juli, 2009

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie, die eine Begleitforschung zu ausgewählten IMST Projekten darstellt, wird untersucht, ob die gedanklichen Prozesse der Schüler/innen und ihre Lernmotivation im Physikunterricht durch eine computerunterstützte Lernumgebung in förderlicher Weise unterstützt werden können. Ausgehend von theoretischen Überlegungen und Forschungsbefunden wird angenommen, dass die Nutzung von Lernangeboten zum Wissensaufbau durch die Schüler/innen von deren motivationalen Eingangsdispositionen bestimmt wird und dass als Produkt der Lernprozesse nicht nur Kompetenzen und Kenntnisse, sondern auch affektive Merkmale der Lernenden zu berücksichtigen sind. Es wird also davon ausgegangen, dass grundlegende motivationale Dispositionen gleichsam als Eingangsvariable für schulisches Lernen anzusehen sind, das wiederum auf kognitive und motivationale Prozesse Auswirkungen haben kann. Es wird auch angenommen, dass der Einsatz neuer Technologien und digitaler Medien im Physikunterricht Freiräume für kognitive und motivationale Lernprozesse festlegt und damit die Möglichkeiten der individuellen Verarbeitung von Lerninhalten beeinflussen kann.

Der positive Einfluss der computerunterstützten Lernumgebung wird im Rahmen dieser Studie, die am theoretischen Hintergrund der Person-Gegenstands-Theorie von Schiefele, Krapp und Prenzel, sowie der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan ausgerichtet ist, vor allem daran gemessen, in welchem Ausmaß Lernende im Physikunterricht über verstehensorientierte Lernprozesse berichten. Die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten werden dabei aus der Sicht der Schüler/innen erfasst, d.h. der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Perspektive der Schüler/innen. Die Untersuchung bezieht sich a) auf die Einschätzung von individuellen Lernvoraussetzungen, b) auf Einschätzungen unterrichtlicher Lernbedingungen in der computerunterstützten Lernumgebung, sowie c) auf erlebte kognitive und motivationale Prozesse beim Lernen. Der Einfluss der computerunterstützten Lernumgebung wird dann als förderlich betrachtet, wenn sich ein positiver Zusammenhang zwischen den berichteten individuellen Wahrnehmungen der Lernumgebungen und den aus den Einschätzungen der Schüler/innen rekonstruierten motivationalen und kognitiven Lernprozessen herstellen lässt.

Die Befunde zeigen, dass die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten durch die individuellen motivationalen Eingangsdispositionen der Schüler/innen beeinflusst werden, aber alleine aus den Komponenten Selbstregulation, Fähigkeitsselbstkonzept, subjektiver Aufgabenwert und Erfolgserwartung nicht vorhergesagt werden können. Aus den individuellen motivationalen Eingangsdispositionen der Schüler/innen kann aber vorhergesagt werden, wie Schüler/innen die Lernumgebung wahrnehmen und nutzen. Die Qualitäten der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten lassen sich direkt aus den Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung modellieren.

In den untersuchten Unterrichtsklassen können, weitgehend unabhängig vom Geschlecht und von der Muttersprache, drei Gruppen von Schülern/innen differenziert werden, die sich hinsichtlich ihres Ausmaßes an berichteten Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung unterscheiden. Schüler/innen, die in hohem Maße berichten, dass sie in der computerunterstützten Lernumgebung selbstständig und selbst bestimmt lernen können, dass sie zur Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben angeregt werden und dass sie in ihrer Kompetenz unterstützt werden, haben auch ein hohes Fähigkeitsselbstkonzept, eine hohe Erfolgserwartung, einen hohen subjektiven Aufgabenwert und berichten über eine hohe Qualität der Lernmotivation und der Lernaktivitäten.

Die Qualität der Lernprozesse wird in hohem Maße durch das selbsttätige Arbeiten in der Lernumgebung beeinflusst, d.h. Kompetenzerleben und Autonomieunterstützung begünstigen die Entwicklung der Lernmotivation sowie vertiefende Lernprozesse. Die Tätigkeitsanreize führen für sich alleine weder zu einer erhöhten Lernmotivation noch zu vertiefenden Lernprozessen. Eine hohe computerspezifische Selbstwirksamkeitserwartung und ein hohes computerspezifisches Selbstkonzept können in Hinblick auf die Wahrnehmung der Lernumgebung und auf die Qualität der Lernmotivation und der Lernaktivitäten mittelmäßige Ausprägungen der fachspezifischen Ergebniserwartung und sogar sehr niedrige Ausprägungen des fachspezifischen Selbstkonzepts kompensieren. Lernende mit dem eben beschriebenen Profil berichten sogar über eine intensivere Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben als Schüler/innen mit generell sehr hohen Eingangsvoraussetzungen. Lernende mit geringer Selbstregulation beim Lernen und einem niedrigen schulischen Fähigkeitsselbstbild werden auch bei einem überdurchschnittlichen

computerspezifischen Selbstkonzept und hoher computerspezifischer Ergebniserwartung durch die computerunterstützte Lernumgebung nicht zum selbst bestimmten Arbeiten und zum selbstständigen Wissenserwerb angeregt. Sie weisen darüber hinaus auch eine sehr niedrige Lernmotivation und wenig Hinweise auf kognitive Lernaktivitäten in der computerunterstützten Lernumgebung auf.

Wenn Schüler/innen die pädagogischen Potenziale der neuen Technologien und digitalen Medien im Physikunterricht wahrnehmen, d.h. wenn durch entsprechende Tätigkeitsanreize ihr Interesse geweckt und ihre Phantasie angeregt wird, und wenn sie wenigstens mittelmäßige motivationale Eingangsvoraussetzungen aufweisen, fühlen sie sich in ihrer Kompetenz herausgefordert, lernen selbst bestimmt und selbstständig und beschäftigen sich lange und intensiv mit den Lernaufgaben.

Um die Ergebnisse dieser Studie auch für die pädagogische Praxis nutzbar machen zu können, erscheint es wünschenswert, eine entsprechende Untersuchung mit einer vielleicht noch größeren Stichprobe zu wiederholen und auf diese Weise die Befunde zu prüfen. Darüber hinaus könnten vertiefende Untersuchungen zu Wechselwirkungen verschiedener fach- und inhaltsbezogener motivationaler Komponenten mit schulleistungsbezogenen Variablen angestellt werden, um für die fachdidaktische Forschung weitere Erkenntnisse zu inhaltsbereichspezifischen bis hin zu unterrichtssituationsbezogenen motivationalen Variablen für computerunterstützte Lernumgebungen zu gewinnen.

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	2
1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG	5
2. THEORETISCHER HINTERGRUND	5
2.1 GRUNDLAGEN COMPUTERUNTERSTÜTZTER INSTRUKTION	5
2.2 LERNMOTIVATION UND KOGNITIVE LERNPROZESSE	6
2.2.1 <i>Pädagogisch relevante Aspekte von Lernmotivation und Interesse</i>	6
2.2.2 <i>Kognitive Wissenserwerbsprozesse</i>	8
3. UNTERSUCHUNGSINTERESSE DER STUDIE	8
4. METHODEN UND ABLAUFSCHRITTE	9
4.1 UNTERSUCHUNGSDESIGN	9
4.2 STICHPROBENBESCHREIBUNG	9
4.3 ZUR OPERATIONALISIERUNG INDIVIDUELLER SCHÜLERCHARAKTERISTIKA UND LERNPROZESSE.....	10
5. ERGEBNISSE	15
5.1 MOTIVATIONALE UND KOGNITIVE PROZESSE AUS SCHÜLER/INNEN-PERSPEKTIVE	15
5.1.1 <i>Rekonstruktion motivationaler und kognitiver Prozesse</i>	16
5.1.2 <i>Geschlechtsspezifische Unterschiede</i>	21
5.1.3 <i>Überprüfung von Kausalitäten</i>	22
5.2 EINFLUSS DER COMPUTERUNTERSTÜTZTEN LERNUMGEBUNG	23
5.2.1 <i>Profile unterschiedlicher Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung</i>	23
5.2.2 <i>Modellierung motivationaler und kognitiver Prozesse</i>	25
5.3 MOTIVATIONALE DISPOSITIONEN UND ERFOLGSZUSCHREIBUNG	30
6. DISKUSSION	33
6.1 BESPRECHUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	33
6.1.1 <i>Rekonstruktion motivationaler und kognitiver Prozesse aus individuellen Merkmalen</i>	33
6.1.2 <i>Profile unterschiedlicher Wahrnehmungen der Lernumgebung</i>	35
6.1.3 <i>Motivationale Dispositionen und Erfolgzuschreibung</i>	36
6.2 DISKUSSION MÖGLICHER IMPLIKATIONEN UND ANSCHLUSSFRAGEN.....	36
7. VERZEICHNISSE	38
7.1 VERZEICHNIS DER TABELLEN	38
7.2 VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	38
8. LITERATUR	39

1. Problemstellung und Ziel der Untersuchung

Motivationale Dispositionen von Schülerinnen und Schülern gelten als bedeutsame individuelle Eingangsvoraussetzungen für Lernprozesse. Verständnisvolles Lernen wird von individuellen Ausprägungen motivationsbezogener Variablen der Lernenden einerseits und von Wirkungen metakognitiver Steuermechanismen andererseits beeinflusst (Baumert et al., 2004).

Zur Lernmotivation gehören die Aspekte des Interesses bzw. der intrinsischen Motivation, der extrinsischen Motivation sowie der Leistungsmotivation. Die Lernmotivation weist Bezüge zu den Konstrukten Selbstwirksamkeit, Selbstkonzept, Selbstregulation, Kontrollüberzeugungen und zu Lern- und Aufgabenorientierung im Umfeld von Lernprozessen auf (HELMKE & WEINERT, 1997).

Ausgehend von eigenen Fallstudien und anschließend an die Ergebnisse des IMST Analyseprojekts „Fachdidaktisch verwertbares Wissen aus der vergleichenden Analyse von Studien zum Lehren und Lernen mit neuen Medien“ (Urban-Woldron, 2008) kann davon ausgegangen werden, dass computerunterstütztes Lernen unter gewissen Rahmenbedingungen einen Mehrwert beim Lernen von Physik bringen kann, indem unter anderem die fachspezifische Lernmotivation durch die interaktive Beschäftigung der Schüler/innen mit den Lernmaterialien erhöht wird. Daher wird die Annahme vertreten, dass der Einsatz neuer Technologien und digitaler Medien im Physikunterricht Freiräume für kognitive und motivationale Lernprozesse festlegt und damit die Möglichkeiten der individuellen Verarbeitung von Lerninhalten beeinflussen kann.

Unter lernpsychologischer und medienpsychologischer Perspektive werden in der Studie, neben den individuellen Ausprägungen motivationsbezogener personaler Variablen, vor allem die Bedeutung und Funktion der neuen Medien für kognitive und motivationale Lernprozesse im computerunterstützten Physikunterricht in den Blick genommen. Lernen wird als konstruktiver Prozess verstanden, in dem sich die Lernenden aktiv auf Grundlage ihres Vorwissens und unter Berücksichtigung sozialer, situationaler und kultureller Gegebenheiten eine Bedeutung des Sachverhalts erzeugen (Jonassen, 1991). Es wird der Frage nachgegangen, ob die gedanklichen Prozesse der Lernenden und ihre Lernmotivation durch das computerunterstützte Lernen in förderlicher Weise angeregt werden können.

2. Theoretischer Hintergrund

Der theoretische Teil der Studie gliedert sich in zwei zentrale Abschnitte: Im Kapitel 2.1 wird ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen des Computereinsatzes gegeben. Im Kapitel 2.2 werden Ansätze und Befunde aus der Forschung zum Wissenserwerb und der Lernmotivation diskutiert.

2.1 Grundlagen computerunterstützter Instruktion

Betrachtet man die computerunterstützte Instruktion aus kognitionspsychologischer Perspektive, tritt die Vermittlung fachspezifischer Inhalte in den Vordergrund. Es geht nicht um den Erwerb einer „Computer Literacy“, sondern um die Frage, in welcher Hinsicht sich mit einem computerunterstützten Unterricht andere Wirkungen auf sozialer, affektiv-emotionaler und kognitiver Ebene als mit einem herkömmlichen Unterricht erzielen lassen.

Theoretische Vorstellungen zum computerunterstützten Lehren und Lernen können unterschiedliche Ansatzpunkte auf drei Ebenen (Lernende – Lernumgebung – Lernsituation) aufweisen (Urhanhne et al., 2000):

- (1) Im Forschungsmittelpunkt der lernpsychologischen Perspektive stehen Attribute der Lernenden in der Auseinandersetzung mit dem Lernmedium.
- (2) Auf der Ebene der Lernumgebung werden aus medienpsychologischer Perspektive die instruktionalen Veränderungen betrachtet, die durch Merkmale des Lernmediums, aber auch durch eine modifizierte Rolle der Lehrkraft bewirkt werden.
- (3) Auf der Ebene didaktisch gezielt situierter Lehr- und Lernarrangements erweitert sich der Fokus der Analyse vom individuellen Verhalten hin zu größeren Einheiten, die das Verhalten und Denken von Personen untereinander und in Interaktionen mit Gegenständen der Lernumgebung einbeziehen.

Befunde aus der lern- und motivationspsychologischen Forschung belegen, dass computerunterstütztes Lernen in einer offen gestalteten Lernumgebung die intrinsische Motivation der Schülerinnen und Schüler verbessern kann und dass sich Schülerinnen und Schüler mit höherer Wahrscheinlichkeit länger und intensiver mit den Lernprogrammen beschäftigen, wenn sie (a) sich im Lernprozess selbstständig Lernziele setzen dürfen, (b) unter verschiedenen Lernwegen auswählen können, (c) sich in ihren Kompetenzen herausgefordert fühlen, (d) ihre Neugier befriedigen können, (e) ihr Interesse geweckt und ihre Phantasie angeregt wird und (f) häufige, klare, konstruktive und ermutigende Rückmeldungen über ihren Lernfortschritt erhalten (Urhanhe et al., 2000).

Für den Lernerfolg ist aber nicht das Medium, sondern die mit dem Medium realisierte Lehrmethode ausschlaggebend (Clark, 1994). De Jong und van Joolingen (1998) berichten, dass Lernende beim selbstständigen Experimentieren mit interaktiven Simulationsprogrammen eine Reihe von Schwierigkeiten haben und dass sie für die erfolgreiche Aneignung von Wissen Anleitung und Hilfe durch die Lehrperson benötigen.

Aus den Potenzialen der neuen Medien und fachdidaktischen Überlegungen können für den Einsatz des Computers im Physikunterricht für die vorliegende Studie zwei relevante Annahmen abgeleitet werden:

- (a) Der Computer eröffnet bei der automatischen Messwerterfassung mit Sensoren neue Möglichkeiten zur quantitativen Auswertung von Experimenten im Unterricht. Durch die einfache grafische Visualisierungsmöglichkeit der Messdaten erhalten die Schülerinnen und Schüler einen Überblick und eine Vorstellung von den Zusammenhängen der beobachteten Messgrößen.
- (b) Für die Verwendung von Animationen und Simulationen lassen sich ebenfalls aus lern- und motivationspsychologischer wie auch aus fachdidaktischer Sicht gute Argumente für die Verwendung im Physikunterricht anführen.

2.2 Lernmotivation und kognitive Lernprozesse

Die kognitionspsychologische Ausrichtung der Medienforschung wird durch ein starkes Interesse an emotions- und motivations- sowie sozialpsychologischen Fragestellungen und Konzepten erweitert (Wild, Hofer & Pekrun, 2006, S. 431). Motivation wird zu einem relevanten Konzept, wenn Lerner/innen selbst gesteuert in medialen Lernangeboten navigieren und den Lernweg (oder auch die Lernzeit) frei bestimmen können. Wie effektiv Lernende mit Hilfe eines Mediums lernen, hängt von vielen Bedingungen und Faktoren ab; eine davon ist die psychologische Einstellung zum Lernmedium. In der Didaktik wird die „motivierende“ Funktion von Medien immer hervorgehoben (Maier, 2001, zit. in Weidenmann, 2006, S. 433). Die Verarbeitungstiefe wird positiv vom Interesse beeinflusst, das ein Lernender gegenüber den Lerninhalten entwickelt hat (Weidenmann, 2006, S. 439).

Der positive Einfluss der computerunterstützten Lehr-Lernumgebung wird im Rahmen dieser Studie vor allem daran gemessen, in welchem Ausmaß Lernende im Physikunterricht über verstehensorientierte Lernprozesse berichten. Dabei interessieren (1) die Qualität der erlebten Lernmotivation und (2) das Ausmaß kognitiver Lernaktivitäten.

2.2.1 Pädagogisch relevante Aspekte von Lernmotivation und Interesse

Unter dem Begriff Lernmotivation werden sämtliche emotionalen und kognitiven Prozesse zusammengefasst, die die Ursache dafür sind, dass eine Person intentional etwas Neues lernt, um die erwarteten Folgen zu erreichen oder zu vermeiden, die mit dem Lernen direkt oder indirekt verbunden sind (Wild, Hofer & Pekrun, 2006). Ein besonderes Kennzeichen von Interesse ist die Gegenstandsspezifität. Moderne Untersuchungsansätze basieren direkt oder indirekt auf einer Person-Gegenstands-Konzeption. Der Gegenstand eines Interesses kann durch konkrete Objekte, thematische Bereiche oder durch bestimmte Klassen von Tätigkeiten definiert sein (Krapp, 2006, S. 281).

Je nach Stärke und qualitativer Ausrichtung der aktualisierten Lernmotivation setzen sich Lerner/innen unterschiedlich mit dem Lernstoff auseinander (Krapp, 1993). Zur Untersuchung der Lernmotivation im Physikunterricht wird in der vorgestellten Untersuchung auf die Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1993) sowie auf die Interessenstheorie von Prenzel et al. (1986) zurückgegriffen.

(1) Die Selbstbestimmungstheorie überwindet das überkommene Gegensatzpaar intrinsisch und extrinsisch motivierter Verhaltensweisen und differenziert weitere Stufen extrinsischer Motivation. Die

Stufen von Lernmotivation werden im Zusammenhang mit der individuellen Wahrnehmung von drei Faktoren (basic needs) gesehen: das menschliche Bedürfnis nach a) Kompetenzerleben, b) sozialer Einbindung und c) nach Autonomieerleben (oder auch Selbstbestimmung).

(2) Die Pädagogische Interessentheorie (vgl. KRAPP, 1993) berücksichtigt die Anreize, die aus den Lerninhalten und Tätigkeiten resultieren. Ergänzend werden auch kognitive Faktoren, wie die Erweiterung und Ergänzung des Wissens zu einem Lernbereich in den Ansatz mit einbezogen. Abgesehen von den drei oben genannten „basic needs“ werden der Einfluss rationaler Bestimmungsgrößen sowie Emotionen bzw. Erlebnisqualitäten während einer Lernhandlung besonders betont.

(3) Der Ansatz des selbst bestimmt motivierten und interessierten Lernens (vgl. PRENZEL, et al., 1986) führt die beiden unter (1) und (2) genannten Forschungslinien zusammen. Er differenziert sechs Varianten von Lernmotivation aus, die sich im Grad der Selbstbestimmung und im Grad der Inhalts- und Tätigkeitsanreize unterscheiden. Neben den drei bereits erwähnten „basic needs“ werden die Instruktionsqualität, das inhaltliche Interesse des Lehrenden und die inhaltliche Relevanz des Lehrstoffes als bedeutsam für die Förderung der Lernmotivation ausgewiesen.

(4) Das „erweiterte kognitive Lernmotivationsmodell¹ (Heinz Heckhausen; Falko Rheinberg) berücksichtigt neben der Erfolgserwartung, die ein Lernender in einer Situation für sein Handeln prognostiziert, um das gewünschte Ziel zu erreichen, auch den Zielerreichungswert. Der Zielerreichungswert richtet sich nach der wahrgenommenen Wichtigkeit einer Aufgabe und knüpft sich an die persönliche Bedeutsamkeit des Handlungsergebnisses.

(5) Nach ECCLES & WIGFIELD² ergibt sich die Motivation, ein bestimmtes Verhalten zu zeigen aus dem Produkt vom Wert der Verhaltenskonsequenz (emotional oder rational) und der subjektiven Erwartung, mit dem Verhalten die erwünschte Konsequenz zu erzielen. Motivational betrachtet kann somit ein hoher Wert geringe Erfolgsaussichten kompensieren, oder ein geringer Wert wird durch hohe Erfolgsaussichten kompensiert. Die Wertkomponente orientiert sich dabei nicht nur an objektiv messbaren Größen wie dem Anreizwert der Handlungsfolgen, sondern bezieht darüber hinaus subjektive Wertschätzungen für bestimmte Aufgaben mit ein.

(6) Bandura geht in seiner Forschungsarbeit „Self –efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change“ auf die Selbstwirksamkeitserwartung ein und stellt die Frage, wie weit eine Person überhaupt erwartet ein bestimmtes Zielführendes Verhalten ausführen zu können. Er trennt nicht zwischen Ergebnissen und Folgen des Handelns, sondern verwendet die beiden Begriffe synonym. Von der Selbstwirksamkeitserwartung ist es abhängig, welche Handlungsmöglichkeiten Personen ergreifen, wie viel Anstrengung sie zum Handeln aufwenden und wie lange sie bei schwierigen Aufgaben persistieren (Bandura 1986, zit. nach Urhahne, 2002, S. 54).

(7) Tulodziecki & Herzig (2004) setzen sich mit der Frage auseinander, wie Lernprozesse, die in personale Interaktionen eingebettet sind, mit Hilfe von digitalen Medien angeregt und unterstützt werden können und was aus didaktischer Sicht zu beachten ist, wenn digitale Medien für das selbst gesteuerte Lernen bereitgestellt werden. Unterricht wird als Interaktion von Lernenden und Lehrenden verstanden. Lernaktivitäten sind an bestimmte Inhalte, Erfahrungsformen bzw. Medien und Sozialformen gebunden. Medien müssen dabei als konstitutive Komponenten in ihrer Wechselwirkung zu anderen Strukturelementen diskutiert werden. Wesentliche Grundlagen zur Beurteilung von (Lern-)Wirkungen digitaler Medien legte Gagné (1987, zit. nach Hasebrook, 2006, S. 516), indem er Bedingungen für den sinnvollen Medieneinsatz formulierte. Zuerst müsse Interesse und Lernmotivation geweckt und dann die Aufmerksamkeit auf die entscheidenden Inhalte gelenkt werden.

In der Motivationsforschung sind auch die habituellen subjektiven Erklärungsmuster für Erfolg und Misserfolg, die so genannten Kausalattributionen (Wild, Hofer & Pekrun, 2006, S. 224), eine stark beachtete Teilkomponente des Systems der lern- und leistungsrelevanten Erwartungen und Überzeugungen. In der Literatur besteht Konsens darüber, dass Fähigkeitsselbstkonzepte durch

¹ http://www.lab.de/biqua_projekt und <http://www.ipn-kiel.de> (30.10.2008)

² zit. nach Urhanhe, 2002, S. 59

Kompetenzerfahrungen in den betreffenden Schulfächern erworben werden und dass bei der Bewertung dieser Erfahrungen sozialen und individuellen Vergleichsprozessen bzw. Bezugsnormen eine entscheidende Rolle zukommt (Wild& Krapp, 2006, S. 541).

2.2.2 Kognitive Wissenserwerbsprozesse

Lernen wird gegenwärtig als komplexer und mehrstufiger Prozess, der die Teilprozesse Verstehen, Speichern und Abrufen einschließt und letztlich zum so genannten Transfer des erworbenen Wissens führen kann (Steiner, 2001), gesehen. Ansätze aus dem Bereich des Wissenserwerbs stellen bei den Teilprozessen des Lernens zwei Aspekte heraus: (1) Elaborative Prozesse zum Aufbau und zur Modifikation von Wissensstrukturen und (2) die Bedeutung organisierender Prozesse für die Wissensstrukturierung. Im Rahmen der Forschungsarbeiten zur Bedeutung von Elaborationen haben sich u. a. folgende Methoden als erfolgreich erwiesen (vgl. Seidel, 2003): (a) Dass durch bildhafte Vorstellungen Lerninhalte angereichert und erweitert werden, (b) dass neue Lerninhalte durch vielfältige Beispiele leichter in bestehende Strukturen eingebettet werden, (c) dass Lerninhalte durch das Generieren von Fragen besser durchdrungen werden und (d) dass kognitive Konflikte Neugier wecken und zu Elaborationen anregen. Die vielfältige Verankerung von Lerninhalten durch die Anwendung verschiedener Repräsentationsformen stellt nach Steiner (2001) im Bereich organisierender Lernprozesse ebenfalls eine unterstützende Maßnahme dar.

In der Studie soll untersucht werden, ob Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz des Computers zu Elaborationen, die sich einerseits auf die Aktivierung von Vorerfahrungen und Vorwissen und andererseits auf die Einbettung der neuen Informationen beziehen, angeregt und dabei unterstützt werden können.

3. Untersuchungsinteresse der Studie

Vor dem Hintergrund der angestellten Überlegungen ergeben sich die folgenden Forschungsziele:

- (1) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Fähigkeitsselbstkonzept, persönlicher Erfolgserwartung, Selbstregulation, subjektivem Aufgabenwert, Qualität der Lernmotivation und Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten in computerunterstützten Lernumgebungen im Fach Physik?
 - (a) Welche motivationalen und kognitiven Prozesse lassen sich aus Schüler/innen-Perspektive rekonstruieren?
 - (b) Gibt es deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede beim computerunterstützten Lernen von Physik?
 - (c) Können die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten aus den Komponenten Selbstregulation, Fähigkeitsselbstkonzept, subjektiver Aufgabenwert und Erfolgserwartung vorhergesagt werden?
- (2) Gibt es Anzeichen für einen positiven Einfluss der computerunterstützten Lernumgebung auf die Entwicklung motivationaler und kognitiver Lernprozesse?
 - (a) Welche Rolle spielen individuelle Voraussetzungen der Schüler/innen für die Wahrnehmung der Lernsituation in der computerunterstützten Lernumgebung?
 - (b) Welche Profile unterschiedlicher Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung können unterschieden werden?
 - (c) Können die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten aus den postulierten lern- und motivationsförderlichen Einflussfaktoren der Lernumgebung (Kompetenzerleben, Tätigkeitsanreize und Autonomieunterstützung) abgeleitet werden?
- (3) Bestehen Zusammenhänge zwischen dem Selbstkonzept eigener Fähigkeiten, der Wahrnehmung der Lernumgebung, den motivationalen Dispositionen und der Erfolgszuschreibung?
 - (a) Kann die Erfolgszuschreibung aus Einschätzungen der motivationalen und kognitiven Lernprozesse vorhergesagt werden?
 - (b) Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Wahrnehmungen der Lernumgebung, der Qualität der motivationalen und kognitiven Prozesse und der Erfolgszuschreibung?

4. Methoden und Ablaufschritte

4.1 Untersuchungsdesign

Als Untersuchungsgegenstand wurde das Lernen von Physik mit neuen Medien gewählt. Die empirische Untersuchung erfolgte mit Hilfe eines Online-Fragebogens am Ende des Schuljahres 2008/09. Die Daten wurden mit SPSS ausgewertet (Deskriptive Analysen, Varianzanalysen und Clusteranalysen). Auf Basis der gefundenen Zusammenhänge und eines theoretisch fundierten Hypothesensystems wurde dann mittels Kausalanalyse mit der Software AMOS überprüft, ob die theoretisch aufgestellten Beziehungen mit dem empirisch gewonnenen Datenmaterial übereinstimmen.

Eine Vorversion des Online-Fragebogens wurde in drei Schulklassen (zwei Unterstufen- und eine Oberstufenklasse) mit der Bitte der Bearbeitung verteilt. Insbesondere sollten die Schüler/innen auch Anmerkungen bei Verständnisschwierigkeiten machen. Basierend auf der Analyse der Vorversion des Fragebogens wurden sprachliche Adaptionen vorgenommen und einzelne Items ersetzt. Der Fragebogen umfasste in der Endversion 95 Fragen und wurde mit Hilfe der Software UNIPARK als Online-Fragebogen realisiert. Bei allen Items des Multiple-Choice-Fragebogens konnten die Schüler/innen auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = „stimmt überhaupt nicht“/ 2 = „stimmt eher nicht“/ 3 = „stimmt eher“/ 4 = „stimmt genau“) Zustimmung bzw. Ablehnung signalisieren.

In den teilnehmenden Klassen führten die Physiklehrer/innen im Schuljahr 2008/09 jeweils ein IMST Projekt zum Lehren und Lernen mit neuen Medien im Schwerpunkt S1³ durch. Jedes Einzelprojekt hatte eigene Forschungsfragen. Die Projektlehrer/innen wurden ersucht, einen Fragebogen zur Einschätzung der Mehrwertpotenziale der neuen Medien auszufüllen und im Rahmen einer Endbefragung Stellung zur Erfüllung der eigenen Erwartungen und zur eingeschätzten Lernwirksamkeit der verwendeten computergestützten Lernmaterialien zu nehmen.

4.2 Stichprobenbeschreibung

An der Untersuchung nahmen 299 Schüler/innen (vgl. Tab. 1) aus 14 Klassen (165 Burschen, 134 Mädchen) aus den Schulstufen 6 bis 12 teil. 51,5% der Schüler/innen hatten Deutsch als Muttersprache. 34,5% der Schüler/innen (Klassen 2, 3, 6 und 7) besuchten im Schuljahr 2008/09 eine Hauptschule, 31,1% eine KMS (Kooperative Mittelschule, Klassen 1, 11, 12, 13), 25,4% die Oberstufe einer AHS (Klassen 8, 9, 10, 14) und 9,0% eine PTS (Polytechnische Schule, Klassen 4 und 5). Der Altersmittelwert der Schüler/innen beträgt 14,1 Jahre (Standardabweichung: 1,58 Jahre).

	Klasse Schulstufe	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	Gesamt
Geschlecht	männlich	10	23	10	13	14	9	15	10	2	5	13	10	14	17	165
	weiblich	9	7	11	0	0	15	13	13	6	11	10	14	13	12	134
	Gesamt	19	30	21	13	14	24	28	23	8	16	23	24	27	29	299
Computereinsatz	Sensoren ⁴	x	x	x					x	x	x				x	7
	DM ⁵				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung

In den 14 Klassen unterrichteten acht verschiedene Lehrer/innen (4 Lehrer und 4 Lehrerinnen), die in ihrem Physikunterricht neue Technologien und/oder digitale Medien einsetzten. Klasse 2 und 3 (K2, K3) wurden von derselben Lehrerin unterrichtet, die beiden Klassen K4 und K5 und die beiden Klassen K6 und K7 sowie die beiden Klassen K8 und K9 hatten jeweils denselben Lehrer. In den Klassen K11, K12 und K13 unterrichtete auch dieselbe Lehrerin. Abgesehen von diesen sehr unterschiedlichen organisatorischen Rahmenbedingungen, konnte weder die Auswahl der inhaltlichen Themenbereiche noch die Zeitdauer sowie die methodisch-didaktische Einbettung des Computereinsatzes kontrolliert werden. Die letzten beiden Zeilen in Tab. 1 geben einen Überblick über den Einsatz neuer Technologien

³ Der Schwerpunkt S1 beschäftigt sich mit dem Lehren und Lernen mit neuen Medien (vgl. <http://imst.uni-klu.ac.at>)

⁴ Der Computer bzw. ein grafischer Taschenrechner werden in Verbindung mit Sensoren als Geräte zum Erfassen und Auswerten von Messdaten verwendet.

⁵ Es kommen eine Reihe so genannter digitaler Medien (DM) zum Einsatz, wie z.B. Applets, Simulationen, virtuelle Experimente und Software

und digitaler Medien in den einzelnen Klassen und Schulstufen. So wurden in drei von 14 Klassen nur Sensoren und in 7 von 14 Klassen nur Computerprogramme eingesetzt. In 4 von 14 Klassen wurde sowohl mit Sensoren als auch mit Computerprogrammen gearbeitet. Über die Zeitdauer des Computereinsatzes liegen keine Detailinformationen vor. Sie konnten auch nicht lückenlos den einzelnen Projektberichten entnommen werden. Die Art des Computereinsatzes wurde indirekt über die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse erfasst.

Das Ziel der Studie besteht darin, in einer teilweise explorativen Herangehensweise mit Hilfe subjektiver Schüler/innen-Einschätzungen internaler Prozesse Hinweise über das motivationale Geschehen in einer computerunterstützten Lernumgebung zu bekommen und ein allgemeines Rahmenmodell zu entwickeln. Daher können die unterschiedliche Verteilung der Schüler/innen auf die Jahrgangsstufen, Lehrer/innen und Schultypen sowie die sehr verschiedenen inhaltlichen und methodisch-didaktischen Schwerpunktsetzungen beim Computereinsatz für die Fragestellung der Studie weitgehend vernachlässigt werden.

4.3 Zur Operationalisierung individueller Schülercharakteristika und Lernprozesse

Basierend auf theoretischen Annahmen und empirischen Befunden zur Lernmotivation und zum Interesse kann davon ausgegangen werden, dass selbstbestimmte Formen der Lernmotivation durch die Qualität unterrichtlicher Bedingungen unterstützt und gefördert werden (PRENZEL et al., 1986). Das aktuelle Unterrichtsgeschehen sowie konkrete inhaltliche Lehr- und Lernprozesse konnten im Rahmen der Studie nicht in den Blick genommen werden. Ausgehend von lerntheoretischen Annahmen zu individuellen Lernprozessen wurden in der Studie personenbezogene Variablen und die Wahrnehmung der Lernumgebung als Indikatoren für unterstützende Bedingungen für motiviertes Lernen untersucht.

Der Fragebogen zu Lernmotivation und Interesse im Physikunterricht basiert in seinen nicht computerspezifischen Teilen auf verschiedenen Instrumenten aus der Literatur⁶. Die Skalen zur Wahrnehmung der Lernumgebung im computerunterstützten Physikunterricht wurden unter Berücksichtigung medien- und fachdidaktischer Aspekte zum größten Teil im Rahmen der hier vorgestellten empirischen Studie entwickelt und erprobt.

Skalen für Personenmerkmale (mit jeweils einem Beispielitem ⁷)	Anzahl der Items	Cronbachs α
SR (Selbstregulation des Lernens von Physik) „Beim Lernen von Physik setze ich mir eigene Ziele, die ich erreichen möchte.“	4	0,72
SKG (Schulisches Selbstkonzept) „Ich kann in der Schule auf viele Sachen selbst draufkommen.“	4	0,77
SKF (Akademisches Selbstkonzept in Physik) „Kein Mensch kann alles. Für Physik habe ich einfach keine Begabung.“ (-)	4	0,75
SKC (Computerspezifisches Selbstkonzept) „Es fällt mir leicht, Arbeiten mit dem Computer auszuführen.“	4	0,63
SWG (Fachspezifische Selbstwirksamkeitserwartung) „Ich bin sicher, dass ich die schwierigsten Aufgaben in Physik lösen kann.“	4	0,81
SWC (Computerspezifische Selbstwirksamkeitserwartung) „Ich gehe davon aus, dass ich mit den Lernprogrammen gut arbeiten kann.“	4	0,76
FEE (Fachspezifische Ergebniserwartung) „Wenn ich mir in Physik Mühe gebe, dann werde das wahrscheinlich auch können.“	7	0,77

⁶ ROST, H.D. (2002). Facetten des schulischen Selbstkonzepts. Diagnostica, 48, Heft 3, 130-140.

KÖLLER & MÖLLER (1995). Kontrafaktisches Denken nach schulischen Erfolgen und Misserfolgen Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 9, 105-110.

SCHWARZER, R. (1993) Measurement of perceived self efficacy. Psychometric scales for cross cultural research. Freie Universität Berlin.

MÜLLER, F. H. et al. (2007). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Universität Klagenfurt.

RHEINBERG, F. et al. (2001). FAM. Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation und Lern- und Leistungssituationen. Universität Potsdam.

GRABBE, Y. (2008). Skalenhandbuch zur COACTIV-Studie. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung

SEIDEL, T. (2003). Lehr- Lernskripts im Unterricht. ISBN 3-309-1248-X. Waxmann: Münster

⁷ Die mit (-) markierten Items wurden für die Auswertung umkodiert.

CEE (Computerspezifische Ergebniserwartung) „Bei vielen Dingen, die mit Computern zu tun haben, werde ich scheitern.“ (-)	4	0,81
---	---	------

Tabelle 2: Skalen zur Erfassung der direkten Personenmerkmale

In Tab. 2 sind Beispielitems für die Skalen zur Erfassung direkter Personenmerkmale sowie die Anzahl der Items für die jeweilige Skalen und die Skalenreliabilitäten angeführt. Die Skalenreliabilitäten (Cronbachs Alpha) sind mit Werten zwischen 0,72 bis 0,81 mit einer Ausnahme (0,63 für SKC) gerade noch zufrieden stellend.

Mit dem Begriff des akademischen Selbstkonzepts (Fähigkeitsselbstbild) wird beschrieben, wie hoch Lernende ihre schulischen und domänenspezifischen Fähigkeiten, bzw. ihr Leistungsverhalten selbst einschätzen. Bei Selbstwirksamkeitserwartungen geht es um Überzeugungen, spezifische Handlungen in einem Bereich erfolgreich ausführen zu können.

Im Rahmen des DFG-Projekts „Lehr- und Lernprozesse im Physikunterricht“ wurde ein Fragebogen zur Erfassung der Qualität der Lernmotivation und kognitiver Lernaktivitäten entwickelt und erprobt. Darauf basierend wurden die in Tab. 3 angeführten Konstrukte und Skalen erstellt, die internen Konsistenzen der Skalen überprüft und mit Hilfe einer Faktorenanalyse die einzelnen Items den verschiedenen Dimensionen zugeordnet. Eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimax Rotation differenziert für beide Konstrukte jeweils drei Faktoren. Die jeweils erklärte Gesamtvarianz ist bei den einzelnen Konstrukten angegeben. Insgesamt klärt z.B. die dreifaktorielle Lösung zu QLM 72,8% der Gesamtvarianz auf.

Skala	Cronbachs α	Anzahl der Items	Faktoren & Faktor-Ladungen ⁸			Erklärte Gesamtvarianz	
QLM	0,874	10	Komponente			72,8%	
Qualität der Lernmotivation				1	2		3
QM1	Sachinteresse und intrinsische Lernmotivation		F92 ⁹	,826			
			F89	,802			
			F93	,796			
			F90	,787			
QM2	Intensive Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben		F91	,758			
			F62		,847		
			F63		,799		
QM3	Kompetitives Lernen		F61		,796		
			F112			,883	
			F113			,837	
KLA	0,907	9	Komponente			72,6%	
Kognitive Lernaktivitäten				1	2		3
KLA1	Organisierende Lernprozesse		F115	,846			
			F116	,774			
			F117	,685			
KLA2	Vertiefendes Lernen		F129		,822		
			F123		,759		
			F127		,692		
KLA3	Nachvollziehendes Lernen		F120				,763
			F121				,762
			F126			,713	

Tabelle 3: Skalen zur Erfassung der Qualität der Lernmotivation und der Lernaktivitäten

Bei der Qualität der Lernmotivation werden drei Aspekte unterschieden:

⁸ Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse. Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

⁹ Die Zahlenangaben beziehen sich auf die Numerierung der Fragen im Schüler/innen- Online-Fragebogen

- (1) Mit der Skala QM1 werden Items zum Sach- und Fachinteresse bzw. zur intrinsischen Motivation zusammengefasst, wie z.B. *„Ich arbeite und lerne im Fach Physik, weil ich gerne physikalische Aufgaben löse.“*
- (2) Die Skala QM2 berücksichtigt Aspekte der Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben in der computerunterstützten Lernumgebung in Hinblick auf Intensität und Kompetenzmotivation.
- (3) Mit der Skala QM3 werden Aktivitäten erfasst, die sich auf kompetitives Lernen bzw. auf die „sozial-vergleichende“ Leistungsmotivation beziehen, wie z.B. *„Ich strenge mich beim Lernen von Physik an, weil ich zu den Besten gehören möchte.“*

Bei den kognitiven Lernaktivitäten werden ebenfalls drei Aspekte unterschieden:

- (1) Mit der Skala KLA1 werden Aktivitäten zur Organisation und Reflexion von Lerninhalten zusammengefasst.
- (2) Die Skala KLA2 berücksichtigt Aktivitäten, die auf eine breite Verankerung und Vernetzung von Lerninhalten mit Vorkenntnissen schließen lassen.
- (3) Mit der Skala KLA3 werden Aktivitäten erfasst, die sich auf die Aufnahme von Informationen und auf das grundlegende Nachvollziehen der Arbeitsaufträge beziehen.

Skala	Cronbachs α	Anzahl der Items	Faktoren & Faktor-Ladungen	Erklärte Gesamtvarianz																																																	
TA	0,838	8	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Komponente</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F65</td> <td>,861</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F66</td> <td>,832</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F49</td> <td></td> <td>,825</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F50</td> <td></td> <td>,818</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F52</td> <td></td> <td></td> <td>,898</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F51</td> <td></td> <td></td> <td>,731</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F88</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>,847</td> </tr> <tr> <td>F83</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>,766</td> </tr> </tbody> </table>		Komponente				1	2	3	4	F65	,861				F66	,832				F49		,825			F50		,818			F52			,898		F51			,731		F88				,847	F83				,766	79,1%
	Komponente																																																				
	1	2		3	4																																																
F65	,861																																																				
F66	,832																																																				
F49		,825																																																			
F50		,818																																																			
F52			,898																																																		
F51			,731																																																		
F88				,847																																																	
F83				,766																																																	
Tätigkeitsanreize																																																					
TA1	Exploratives Arbeiten																																																				
TA2	Überprüfung der Lernergebnisse																																																				
TA3	Anregung zum Lernen																																																				
TA4	Unterricht wird interessanter																																																				
KE	0,865	7	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Komponente</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F85</td> <td>,815</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F78</td> <td>,812</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F79</td> <td>,797</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F56</td> <td></td> <td>,861</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F72</td> <td></td> <td>,744</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F84</td> <td></td> <td></td> <td>,875</td> </tr> </tbody> </table>		Komponente			1	2	3	F85	,815			F78	,812			F79	,797			F56		,861		F72		,744		F84			,875	75,5%																		
	Komponente																																																				
	1	2		3																																																	
F85	,815																																																				
F78	,812																																																				
F79	,797																																																				
F56		,861																																																			
F72		,744																																																			
F84			,875																																																		
Kompetenzerleben																																																					
KE1	Fördert Verstehen und Kreativität																																																				
KE2	Unterstützt eigene Lernprozesse																																																				
KE3	Ermöglicht selbstständiges Arbeiten																																																				
AU	0,807	7	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Komponente</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F87</td> <td>,822</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F76</td> <td>,760</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F80</td> <td>,756</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F48</td> <td></td> <td>,896</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F47</td> <td></td> <td>,772</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F73</td> <td></td> <td></td> <td>,825</td> </tr> <tr> <td>F54</td> <td></td> <td></td> <td>,749</td> </tr> </tbody> </table>		Komponente			1	2	3	F87	,822			F76	,760			F80	,756			F48		,896		F47		,772		F73			,825	F54			,749	72,0%														
	Komponente																																																				
	1	2		3																																																	
F87	,822																																																				
F76	,760																																																				
F80	,756																																																				
F48		,896																																																			
F47		,772																																																			
F73			,825																																																		
F54			,749																																																		
Autonomieunterstützung																																																					
AU1	Evaluation der Lernergebnisse																																																				
AU2	Eigene Ideen umsetzen																																																				
AU3	Lern- und Zeitmanagement																																																				

Tabelle 4: Skalen zur Wahrnehmung der Lernumgebung

In Tab. 4 sind die Konstrukte zur Wahrnehmung der computerunterstützten Lernumgebung zusammengefasst. Entsprechend der Interesse-Theorie und der Theorie der Selbstbestimmung (vgl. Kap. 2.2.1) können mediale Lernangebote dann Interesse anregen, wenn sie (a) ein hohes Maß an Interaktivität eröffnen, (b) herausfordernde Probleme mit variablem Schwierigkeitsgrad stellen, (c) ermutigendes und leistungsorientiertes Feedback anbieten und (d) die Fantasie sowie Kreativität der

Lernenden wecken. Die Verarbeitungstiefe und die Lernmotivation wird bei Lernenden höher sein, wenn sie in der aktiven, selbst gesteuerten Arbeit mit dem Lernmaterial persönliche Selbstwirksamkeit und Kompetenz erleben und wenn das Lernangebot immer wieder neue Anreize bietet. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Lernsoftware ist ihre Adaptivität und Offenheit für unterschiedliche Lernniveaus (Weidenmann, 2006, S. 465). Der konstruktivistische Ansatz versucht, lernförderliche Emotionen und Lernmotivation aus der Lerntätigkeit selbst entstehen zu lassen, z.B. im selbstständigen Explorieren einer Lernumgebung und im Abwechslungsreichtum der Beschäftigung mit Lerninhalten (Reinmann & Mandl, 2006, S. 626). Basierend auf mediendidaktischen Annahmen und empirischen Befunden werden drei Aspekte unterschieden:

- (1) Das Konstrukt Tätigkeitsanreize (TA) umfasst acht Items, die sich auf die Anregungen durch die Lernumgebung beziehen. Das Spektrum reicht von Abwechslung und Interessantheit (TA4) bis zur Anregung zum explorativen Arbeiten (TA1), z.B. *„Beim Lernen mit dem Computer werde ich zu neuen Fragen angeregt.“*
- (2) Beim Konstrukt Kompetenzerleben (KE) werden Einschätzungen zum Erfahren persönlicher Selbstwirksamkeit und fachlicher Kompetenz erfasst; z.B. *„Beim Lernen mit dem Computer kann ich Aufgaben lösen, bei denen man wirklich nachdenken muss.“*
- (3) Das Konstrukt Autonomieunterstützung (AU) betont Aspekte der Selbststeuerung und der Ermöglichung des selbstständigen Lernens. Das Spektrum erstreckt sich von der eigenen Zeiteinteilung (AU3) und selbstständigen Schwerpunktsetzung bis zur Selbstkontrolle (AU1), wie z.B. *„Beim Lernen mit dem Computer kann ich selbst erkennen, ob ich den Stoff wirklich verstehe.“*

In Tab. 5 sind die Skalen zu drei weiteren Konstrukten FZW, AA und EZ angeführt:

- (1) Beim Fachspezifischen Zielerreichungswert (FZW) ist nicht nur die unspezifische Freude am Tätigkeitsvollzug ausschlaggebend. Es geht vielmehr um die Bedeutsamkeit der Bewältigung der Lernaufgaben für die persönlich für wichtig gehaltenen Ziele und Werte und um die Qualität des Erlebens im Lauf der Tätigkeit, d.h. um die wahrgenommene Wichtigkeit einer Aufgabe. Lernen von Physik kann Freude machen, da man gerne über Physik nachdenkt und neue Dinge lernen möchte (FZW1). Das Lernen von Physik kann aber auch einen hohen persönlichen Wert haben, da Schüler/innen sehen wollen, was sie schaffen können, sich selbst beweisen wollen, dass sie es können und auf ihre Leistungen stolz sein wollen (FZW2).
- (2) Anstrengung und Ausdauer (AA) bestimmt neben dem FZW den subjektiven Aufgabenwert, d.h. welche Bedeutung die Bewältigung einer Aufgabe für die einzelne Person hat. Die Skala AA1 berücksichtigt die Anreize, die sich aus dem Vollzug der Lernhandlungen ergeben und wie weit diese von positiven Emotionen begleitet werden, wie z.B. *„ Beim Lernen von Physik mit dem Computer bemerke ich gar nicht, wie die Zeit vergeht.“* Bei Skala AA2 werden Aktivitäten erfasst, die die Bereitschaft und Anstrengung der Schüler/innen beschreiben, Zeit und Mühe für die Bewältigung herausfordernder Aufgaben zu verwenden, wie z.B. *„Beim Lernen von Physik mit dem Computer arbeite ich an Problemen solange, bis ich sie gelöst habe.“*
- (3) Mit der Skala Erfolgzuschreibung (EZ) wird erfasst, wie weit Schüler/innen ihre Lernresultate vorzugsweise
 - (a) den Lernprogrammen (EZ1), wie z.B. *„Die Lernprogramme haben mich beim Lernen und Verstehen gut weitergebracht.“*,
 - (b) ihrer eigenen Anstrengung (EZ2), wie z.B. *„Ich bin mit meinen Lernergebnissen zufrieden, da ich mich sehr angestrengt habe.“*, oder
 - (c) ihren persönlichen Fähigkeiten zuschreiben, wie z.B. *„Ich habe die Aufgaben leicht bewältigt, da ich das einfach kann.“*

Skala	Cronbachs α	Anzahl der Items	Faktoren & Faktor-Ladungen			Erklärte Gesamtvarianz	
FZW	0,872	7	Komponente			76,3%	
Fachspezifischer Zielerreichungswert				1	2		
			F43	,860			
			F42	,857			
FZW1	Freude und Interesse am Fach		F44	,843			
			F45	,839			
FZW2	Zufriedenheit mit den eigenen Leistungen		F110		,884		
			F114		,839		
			F111		,803		
AA	0,839	5	Komponente			74,2%	
Anstrengung und Ausdauer				1	2		
AA1	Herausforderung		F68	,838			
			F69	,838			
			F67	,652			
AA2	Konzentration und Ausdauer		F94		,921		
			F99		,650		
EZ	0,868	7	Komponente			77,0%	
Erfolgszuschreibung				1	2		3
			F139	,816			
			F134	,795			
EZ1	Lernprogramme		F136	,788			
			F132		,830		
EZ2	Eigene Anstrengung		F130		,805		
			F131				,860
EZ3	Eigene Fähigkeiten		F133	,475		,695	

Tabelle 5: Skalen zur Erfassung des subjektiven Aufgabenwerts und der Erfolgszuschreibung

5. Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse gliedert sich nach den im Kapitel 3 ausgeführten Fragestellungen. Im Kapitel 5.1 werden Befunde zur Rekonstruktion motivationaler und kognitiver Prozesse basierend auf Schüler/innen-Einschätzungen beim Lernen von Physik in einer computerunterstützten Lernumgebung dargestellt. In Kapitel 5.2 werden Befunde zu den Einflüssen der Lernumgebung auf die Ausprägung motivationaler und kognitiver Lernprozesse berichtet. Im Anschluss daran wird, basierend auf sachlogischen Überlegungen zu den Beziehungen zwischen den verschiedenen Variablen, ein Kausalmodell entwickelt. Mit Hilfe der Kausalanalyse wird überprüft und gezeigt, dass die theoretisch aufgestellten Beziehungen mit dem empirisch gewonnenen Datenmaterial übereinstimmen. Das Kapitel 5.3 widmet sich Befunden zu Fragen der Erfolgzuschreibung.

5.1 Motivationale und kognitive Prozesse aus Schüler/innen-Perspektive

Die statistischen Berechnungen wurden zuerst auf einer Individualebene durchgeführt. Die statistischen Werte der deskriptiven Analyse (Mittelwerte, Standardabweichungen und Schiefe) sind für alle Skalen in Tab. 6 und in Tab. 7 dargestellt. Die Mittelwerte der Skalen zeigen, dass die befragten Schüler/innen insgesamt deutlich über dem Skalenmittelpunkt liegende Werte beim computerspezifischen Selbstkonzept, bei der computerspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung, bei der Zufriedenheit mit den eigenen Leistungen im Physikunterricht, bei der Einschätzung der Kompetenz- und Autonomieunterstützung sowie der Tätigkeitsanreize durch die computerunterstützte Lernumgebung aufweisen. Nur knapp über oder knapp unter dem Skalenmittelpunkt liegen die Mittelwerte aller Schüler/innen für die fachspezifische Erfolgserwartung, für Ausdauer und Konzentration, für Interesse und Freude am Fach und für die intrinsische Lernmotivation.

	SR	SKG	SKC	SKF	SWG	SWC	FEE	CEE	AA1	AA2	FZW1	FZW2	EZ1	EZ2	EZ3
Mittelwert	2,78	2,61	3,17	2,64	2,48	2,86	2,42	2,82	2,66	2,49	2,51	3,13	2,73	2,69	2,58
St-Abweichung	,650	,683	,623	,765	,719	,635	,488	,587	,801	,784	,878	,801	,816	,835	,866
Schiefe	-,142	-,064	-,376	,015	-,082	-,497	,269	-,718	-,098	,002	,100	-,807	-,318	-,220	,008

Tabelle 6: Werte aus der deskriptiven Analyse personenbezogener Variablen

	AU1	AU2	AU3	TA1	TA2	TA3	TA4	KE1	KE2	KE3	QM1	QM2	QM3	KLA1	KLA2	KLA3
Mittelwert	2,89	2,71	2,93	2,76	2,86	2,84	2,87	2,74	2,83	2,87	2,52	2,73	2,74	2,70	2,72	2,71
St-Abweichung	,725	,775	,829	,849	,747	,844	,918	,871	,796	,784	,881	,810	,860	,742	,766	,799
Schiefe	-,398	-,084	-,487	-,161	-,554	-,471	-,438	-,302	-,335	-,485	,055	-,209	-,278	-,156	-,161	-,036

Tabelle 7: Werte aus der deskriptiven Analyse von Variablen zur computerunterstützten Lernumgebung

	AU	TA	KE	EZ	QM	AA	FZW	KLA	SR	SKG	SWG	SWC	FEE
AU	1,000												
TA	,806**	1,000											
KE	,824**	,833**	1,000										
EZ	,600**	,607**	,680**	1,000									
QM	,678**	,696**	,712**	,737**	1,000								
AA	,747**	,752**	,806**	,642**	,689**	1,000							
FZW	,650**	,644**	,662**	,746**	,765**	,600**	1,000						
KLA	,671**	,653**	,751**	,757**	,719**	,671**	,680**	1,000					
SR			,429**	,494**	,499**		,587**	,479**	1,000				
SKG				,515**	,432**		,509**	,436**	,533**	1,000			
SWG	,431**	,451**	,465**	,634**	,604**	,456**	,559**	,514**	,523**	,626**	1,000		
SWC	,619**	,631**	,638**	,609**	,596**	,544**	,591**	,557**	,462**	,477**	,581**	1,000	
FEE			,439**	,472**	,504**		,441**	,387**	,471**	,493**	,661**	,448**	1,000

Tabelle 8: Korrelationen zwischen ausgewählten Variablen

In Tab. 8 sind die Beziehungen zwischen ausgewählten Variablen dargestellt. Starke Beziehungen (Korrelationskoeffizienten r zwischen 0,6 und 0,8) sind mit blauem Hintergrund, sehr starke Beziehungen ($r > 0,8$) mit gelbem Hintergrund gekennzeichnet. Koeffizienten kleiner als 0,4 bzw. nicht signifikante Korrelationen wurden in Hinblick auf Übersichtlichkeit nicht ausgewiesen.

Die stärkste Korrelation besteht mit 0,833 zwischen TA und KE. D. h. Schüler/innen, die durch die computerunterstützte Lernumgebung zum Lernen und explorativen Arbeiten angeregt werden und meinen, dass die Lernprogramme den Unterrichtsstoff interessanter machen, meinen auch, dass sie mit Hilfe der Lernprogramme selbstständiger und auf eigenen Lernwegen arbeiten können, dass sie Aufgaben lösen können, bei denen man wirklich nachdenken muss und dass sie die Inhalte dann besser verstehen. Umgekehrt geben Schüler/innen, die die Lernumgebung als Kompetenzunterstützung erleben, an, dass die Lernprogramme selbst interessant sind, den Unterrichtsstoff interessanter machen und sie durch die Rückmeldungen des Computers zu neuen Fragen angeregt werden.

Ebenfalls sehr starke Korrelationen bestehen zwischen Autonomieunterstützung und Tätigkeitsanreizen, Autonomieunterstützung und Kompetenzerleben und Kompetenzerleben und Anstrengung & Ausdauer.

Die Qualität der Lernmotivation (QM) korreliert in Übereinstimmung mit der Theorie stark bis mittelstark mit allen Variablen, die die Erfolgserwartung und den subjektiven Aufgabenwert konstituieren. Ebenfalls stark korreliert die Qualität der Lernmotivation mit den Variablen, die aus den Potenzialen der neuen Medien zur Unterstützung von Lernprozessen abgeleitet werden können, wie Autonomieunterstützung, Kompetenzerleben, Tätigkeitsanreize sowie Erfolgsguschreibung. Schüler/innen mit hohen Einschätzungen zur Qualität der Lernmotivation meinen, dass sie die Lernprogramme beim Lernen und Verstehen gut weitergebracht haben, dass es mit deren Hilfe leichter möglich war, bei der Sache zu bleiben und dass sie mit den Lernprogrammen sehr viel dazu gelernt haben.

5.1.1 Rekonstruktion motivationaler und kognitiver Prozesse

Hypothese H1: Schüler/innen mit höherem Fähigkeitsselbstbild und höherer Einschätzung der Selbstregulation beim Lernen berichten im Vergleich zu Lernenden mit geringeren Voraussetzungen vermehrt über höhere Lernmotivation und tiefer gehende Lernprozesse. Sie schreiben ihren Lernerfolg eher ihren eigenen Anstrengungen und ihren Fähigkeiten zu als den verwendeten Lernprogrammen.

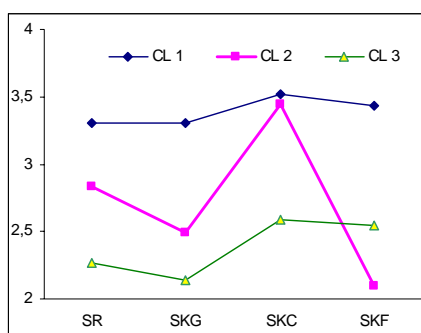


Abbildung 1: Personale Voraussetzungen

Aus dem Datenmaterial lassen sich mit Hilfe einer Clusteranalyse die Schüler/innen in Bezug auf die Personenmerkmale (SR, SKG, SKC und SKF) zu drei Gruppen zusammenfassen (vgl. Abb. 1).

In CL 1 befinden sich 29,6% der Schüler/innen. Sie setzen sich beim Lernen eigene Ziele, schätzen ihre schulische Leistungsfähigkeit eher hoch ein und sind sowohl mit einem überdurchschnittlichen fachspezifischen als auch computerspezifischen Selbstkonzept ausgestattet. 28,6% aller Burschen und 30,8% aller Mädchen befinden sich in dieser Gruppe. Die Gruppe CL 1 enthält 24,3% aller Schüler/innen mit nichtdeutscher Muttersprache und 34,7% aller Schüler/innen mit deutscher Muttersprache.

36,4% der Schüler/innen (32,3% aller Burschen und 41,4% aller Mädchen; 38,9% aller Schüler/innen mit nichtdeutscher Muttersprache und 34% aller Schüler/innen mit deutscher Muttersprache), die CL 2 bilden, weisen in Bezug auf das selbst regulierte Lernen noch überdurchschnittliche Einschätzungen auf, fühlen sich aber im Fach Physik überfordert und haben auch nur durchschnittliche Einschätzungen in Bezug auf ihr generelles schulisches Selbstkonzept. In Bezug auf den Umgang mit dem Computer haben sie eine sehr hohe Einschätzung ihrer Kompetenzen.

In der Gruppe CL 3 befinden sich 34% der Schüler/innen (39,1% aller Burschen und 27,8% aller Mädchen, 36,8% aller Schüler/innen mit nichtdeutscher Muttersprache und 31,3% aller Schüler/innen mit deutscher Muttersprache). Sie weisen bei den Dimensionen Selbstregulation und generelles Fähigkeitsselbstkonzept unterdurchschnittliche Einschätzungen auf. Ihre computerspezifischen Kompetenzen schätzen sie nur durchschnittlich ein und unterscheiden sich damit deutlich von den Gruppen CL1 und CL2. Mit der Einschätzungen ihrer fachspezifischen Fähigkeiten liegen sie deutlich über CL2, aber noch weit unter CL1.

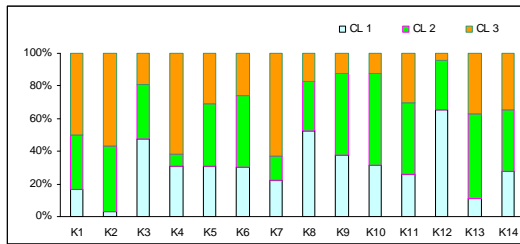


Abbildung 2: Unterschiede zwischen den Klassen

Die Clusterzuordnung hängt erwartungsgemäß weitgehend von der Physiknote ab, obwohl 14% aller Schüler/innen mit der Note „Sehr gut“ in CL3 und 8% der Schüler/innen mit der Note „Nicht genügend“ in CL 1 zu finden sind. Eine Analyse der Clusterzuordnung in Abhängigkeit von der Klassenzugehörigkeit zeigt, dass große Unterschiede auftreten (vgl. Abb. 2). So gibt es drei Klassen, in denen der Anteil an Schülern/innen in der Gruppe CL3 deutlich höher als 50% ist und auch drei Klassen, wo dieser Anteil deutlich weniger als 20% ist.

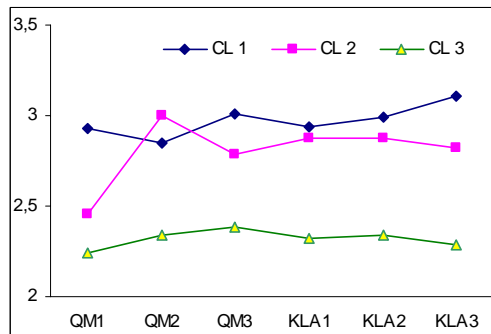


Abbildung 3: Motivationale und kognitive Dispositionen

In Abb. 3 sind die Einschätzungen der Schüler/innen in Bezug auf die Qualität ihrer Lernmotivation und ihrer kognitiven Lernaktivitäten in Abhängigkeit von der Clusterzuordnung nach ihrem Fähigkeitsselbstkonzept und ihrer Selbstregulation dargestellt.

Schüler/innen aus der Gruppe CL1 erleben sich motiviert und berichten auch über tiefer gehende Lernprozesse, wobei bei der Lernmotivation die Dimension „Kompetitives Lernen“ und bei den Lernaktivitäten die Dimension „Nachvollziehende Lernaktivitäten“ etwas höher eingeschätzt werden als Sachinteresse und intrinsische Motivation bzw. tiefer gehende und organisierende Lernprozesse.

Bei den Schülern/innen aus Gruppe CL3 liegen alle Einschätzungen deutlich unter dem Mittelwert. Die Schüler/innen aus Gruppe CL2, die ein sehr hohes computerspezifisches Selbstkonzept aufweisen, haben beim Sachinteresse nur durchschnittliche Werte, berichten aber, dass sie in der computerunterstützten Lernumgebung mehr und konzentrierter lernen, dass sie sich mehr anstrengen und dass ihnen das Lernen von Physik leichter fällt. Es geht ihnen weniger als ihren Mitschülern/innen aus Gruppe CL1 darum, zu den Besten zu gehören, aber sie schätzen ihre vertiefenden und organisierenden Lernprozesse etwas höher ein, als das reine Nachvollziehen.

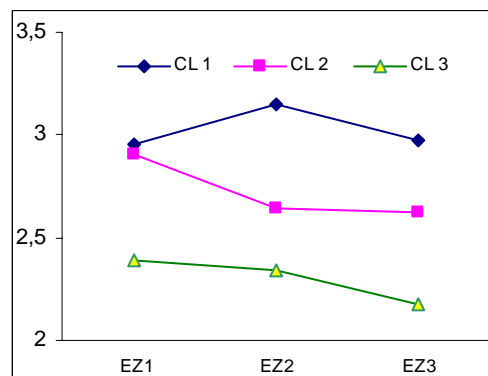


Abbildung 4: Erfolgszuschreibung

Schüler/innen aus der Gruppe CL1 schreiben ihren Lernerfolg mehr ihrer eigenen Anstrengung als ihren Fähigkeiten und den Lernprogrammen zu (vgl. Abb. 4), während ihre Mitschüler/innen aus Gruppe CL2 berichten, dass sie mit den Lernprogrammen mehr dazu gelernt haben als durch ihre Anstrengung oder ihre Voraussetzungen.

Auch die Schüler/innen aus Gruppe CL3, die insgesamt sehr niedrige Werte bei allen Dimensionen der Erfolgsmessung aufweisen, meinen noch am ehesten, dass sie die Lernprogramme beim Lernen und Verstehen mehr weitergebracht haben und es ihnen leichter fiel, bei der Sache zu bleiben, als die eigene Anstrengung und Konzentration bei den Lernaufgaben.

Tests der Zwischensubjekteffekte							
Quelle	Abh. Variable	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	QM	85,393 ^a	102	,837	3,656	,000	,674
	KLA	80,477 ^b	102	,789	3,065	,000	,635
Konstanter Term	QM	24,635	1	24,635	107,587	,000	,374
	KLA	22,331	1	22,331	86,740	,000	,325
SKC	QM	,804	1	,804	3,512	,063	,019
	KLA	1,285	1	1,285	4,993	,027	,027
SKF	QM	2,189	1	2,189	9,561	,002	,050
	KLA	1,419	1	1,419	5,510	,020	,030
SR	QM	15,547	14	1,111	4,850	,000	,274
	KLA	11,323	14	,809	3,142	,000	,196
SKG	QM	14,992	15	,999	4,365	,000	,267
	KLA	9,642	15	,643	2,497	,002	,172
SR * SKG	QM	33,187	71	,467	2,041	,000	,446
	KLA	32,710	71	,461	1,790	,001	,414

a. R-Quadrat = ,674 (korrigiertes R-Quadrat = ,490)

b. R-Quadrat = ,635 (korrigiertes R-Quadrat = ,428)

Tabelle 9: Multivariate Varianzanalyse für QM und KLA / individuelle Voraussetzungen

Die ausgewiesenen Ergebnisse der Varianzanalyse für die Qualität der Lernmotivation (QM) und die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten (KLA) mit den Faktoren SR und SKG und den Kovariaten SKF und SKC in Tab. 9 zeigen, dass dieses Modell einen Varianzerklärungsanteil von 67,4% für das Konstrukt QM und 63,5% für das Konstrukt KLA hat. Teilweise nicht signifikant bzw. mit einem sehr geringen Erklärungsanteil von 2 bis 5% werden die Variablen SKF und SKC angezeigt. Den größten Erklärungsanteil bringt die Interaktionsvariable SR*SKG, d.h. die Interaktion zwischen Selbstregulationsfähigkeit und Fähigkeitsselbstkonzept. Bei dem Konstrukt Lernmotivation bleibt in diesem Modell etwas weniger als ein Drittel und beim Konstrukt KLA bleibt deutlich mehr als ein Drittel der Varianz unerklärt.

Hypothese H2: Es gibt keine deutlichen Unterschiede bei den Einschätzungen der motivationalen Dispositionen und kognitiven Lernaktivitäten zwischen Schülern/innen mit deutscher und nichtdeutscher Muttersprache.

In Abb. 5 sind die Mittelwerte der Einschätzungen zu den angeführten Skalen gruppiert nach Schülern/innen mit Muttersprache Deutsch und mit einer anderen Muttersprache dargestellt. Die ausgewiesenen 95%-Konfidenzintervalle in Tab. 10 deuten darauf hin, dass die Mittelwerte beider Gruppen in der Grundgesamtheit verschieden sind, da sie sich kaum bis gar nicht überschneiden.

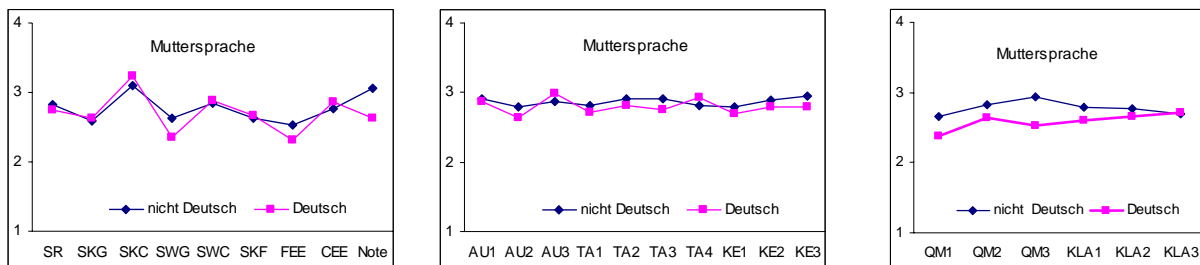


Abbildung 5: Mittelwertunterschiede zwischen Schülern/innen differenziert nach „Muttersprache Deutsch“

In Tab. 11 sind jene Skalen ausgewiesen, bei denen sich die Einschätzungen von Schülern/innen mit deutscher und nichtdeutscher Muttersprache signifikant unterscheiden. Die „Quadratsummen-Werte“ zeigen an, dass die Streuung innerhalb der Gruppen wesentlich größer ist als zwischen den Gruppen.

ONEWAY deskriptive Statistiken									
	Deutsch	N	Mittelwert	σ	Fehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert			
						Untergrenze	Obergrenze	Min.	Max.
SWG	nein	140	2,6244	,69553	,05878	2,5082	2,7406	1,00	4,00
	ja	152	2,3487	,71881	,05830	2,2335	2,4639	1,00	4,00
FEE	nein	144	2,5245	,51879	,04323	2,4390	2,6099	1,00	3,86
	ja	153	2,3130	,43659	,03530	2,2433	2,3827	1,00	4,00
QM1	nein	139	2,6619	,85596	,07260	2,5183	2,8054	1,00	4,00
	ja	148	2,3818	,88518	,07276	2,2380	2,5256	1,00	4,00
QM3	nein	145	2,9310	,81829	,06796	2,7967	3,0654	1,00	4,00
	ja	151	2,5331	,85722	,06976	2,3953	2,6710	1,00	4,00
AA2	nein	142	2,8239	,94193	,07904	2,6677	2,9802	1,00	4,00
	ja	149	2,4664	,84563	,06928	2,3295	2,6033	1,00	4,00
FZW1	nein	140	2,6548	,84669	,07156	2,5133	2,7962	1,00	4,00
	ja	148	2,3818	,88838	,07302	2,2374	2,5261	1,00	4,00
KLA1	nein	138	2,7935	,74930	,06379	2,6673	2,9196	1,00	4,00
	ja	144	2,6019	,72424	,06035	2,4826	2,7212	1,00	4,00

Tabelle 10: Deskriptive Statistiken (Muttersprache Deutsch)

		Q-Summe	F	Signifikanz
SWG	zG ¹⁰	5,540	11,060	,001
	iG	145,263		
FEE	zG	3,317	14,505	,000
	iG	67,461		
QM1	zG	5,624	7,411	,007
	iG	216,289		
QM3	zG	11,712	16,664	,000
	iG	206,645		
AA2	zG	9,293	11,629	,001
	iG	230,931		
FZW1	zG	5,362	7,111	,008
	iG	215,661		
KLA1	zG	2,588	4,769	,030
	iG	151,926		

Tabelle 11: ANOVA (Muttersprache Deutsch)

Weitere Varianzanalysen zeigen allerdings, dass die Erklärungsanteile der einzelnen unabhängigen Variablen nicht über 5% liegen, womit die Hypothese H2 bestätigt werden kann.

¹⁰ zG = zwischen den Gruppen / iG = innerhalb der Gruppen

Hypothese H3: Die berichtete Qualität der Lernmotivation und die Einschätzungen zur Ausprägung der Lernaktivitäten können aus der Erfolgserwartung der Schüler/innen vorhergesagt werden.

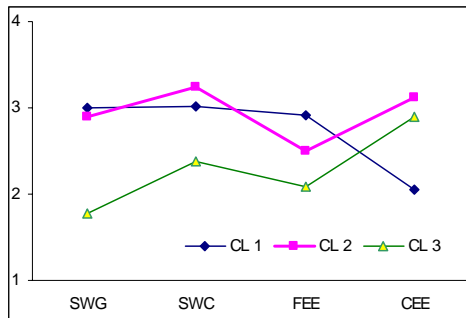


Abbildung 6: Clusteranalyse Erfolgserwartung

Aus dem Datenmaterial lassen sich die Schüler/innen in Bezug auf die Erfolgserwartung (SWG, SWC, FEE und CEE) zu drei Gruppen zusammenfassen.

In CL 1 (18,7%) befinden sich Schüler/innen, die sich auch die Lösung schwieriger physikalischer Aufgaben zutrauen, die bei Ergebniserwartung und beim der computerspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung überdurchschnittliche Werte aufweisen, die aber eher Bedenken beim erfolgreichen Umgang mit dem Computer haben.

Die Schüler/innen aus CL 2 (42,2%) sind von ihrer generellen Selbstwirksamkeit und noch stärker von ihrer computerspezifischen Selbstwirksamkeit überzeugt und meinen auch, dass sie mit dem Computer gute Ergebnisse erzielen können. Ihre Erfolgsaussichten im Physikunterricht schätzen sie eher nur durchschnittlich ein.

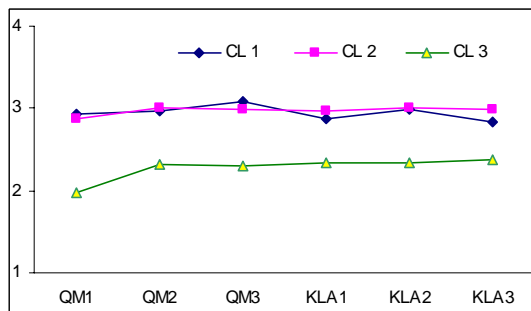


Abbildung 7: Motivationale und kognitive Aktivitäten

Etwa 39% der Schüler/innen gehören der Gruppe CL 3 an. Ihre Einschätzung zur generellen Selbstwirksamkeit und zur erfolgreichen Bewältigung der Physikaufgaben liegt weit unter dem Durchschnittswert. Sie gehen aber davon aus, dass sie mit neuen Lernprogrammen gut arbeiten können und meinen, dass sie bei der Arbeit mit dem Computer keine technischen Probleme haben werden.

Schüler/innen mit höher eingeschätzter Selbstwirksamkeitserwartung und höherer fachspezifischer Ergebniserwartung berichten trotz teilweise niedrigerer computerspezifischer Ergebniserwartung über höhere Qualitäten der Lernmotivation und stärkere Ausprägung kognitiver Lernprozesse (vgl. Abb.7).

Tests der Zwischensubjekteffekte							
Quelle	Abh. Var.	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	QM	88,512 ^a	112	,790	3,992	,000	,736
	KLA	82,214 ^b	112	,734	3,406	,000	,705
Konstanter Term	QM	7,241	1	7,241	36,573	,000	,186
	KLA	9,082	1	9,082	42,144	,000	,208
CEE	QM	,029	1	,029	,144	,705	,001
	KLA	,001	1	,001	,004	,951	,000
SWC	QM	4,096	1	4,096	20,688	,000	,114
	KLA	3,254	1	3,254	15,102	,000	,086
SWG	QM	6,990	14	,499	2,522	,003	,181
	KLA	8,198	14	,586	2,717	,001	,192
FEE	QM	8,805	26	,339	1,711	,024	,218
	KLA	8,137	26	,313	1,452	,085	,191
SWG * FEE	QM	22,202	70	,317	1,602	,008	,412
	KLA	22,550	70	,322	1,495	,020	,395

a. R-Quadrat = ,736 (korrigiertes R-Quadrat = ,552)
b. R-Quadrat = ,705 (korrigiertes R-Quadrat = ,498)

Tabelle 12: Varianzanalyse QM&KLA mit den Faktoren Selbstwirksamkeits- und Erfolgserwartung

Die Ergebnisse der Varianzanalyse für die abhängigen Variablen Lernmotivation und Lernaktivitäten und die unabhängigen Variablen Selbstwirksamkeits- und Erfolgserwartung ergeben einen Erklärungsanteil von 73,6% für das Konstrukt Lernmotivation und 70,5% für das Konstrukt Lernaktivitäten (vgl. Tab. 12).

Hypothese H4: Die berichtete Qualität der Lernmotivation und die Einschätzungen zur Ausprägung der Lernaktivitäten können aus dem eingeschätzten subjektiven Aufgabenwert der Schüler/innen vorhergesagt werden.

Aus dem Datenmaterial lassen sich die Schüler/innen in Bezug auf die Erfolgserwartung (SWG, SWC, FEE und CEE) zu drei Gruppen zusammenfassen (vgl. Abb.8). In CL 1 (41,4%) befinden sich Schüler/innen, die bei allen Eigenschaften zur Gruppenbildung weit über dem Durchschnitt liegende Werte aufweisen. Die Einschätzungen der Lernenden aus CL3 (25%) liegen in allen Bereichen deutlich unterhalb der Einschätzungen der Gruppe CL 1. Die Schüler/innen der Gruppe CL 3 haben einen deutlich niedrigeren Zielerreichungswert, fühlen sich durch die Lernaufgaben in der computerunterstützten Lernumgebung auch wenig herausgefordert und strengen sich auch nur mäßig an.

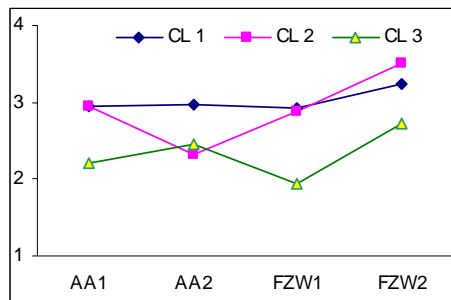


Abbildung 8: Subjektiver Aufgabenwert

Die Einschätzungen der übrigen 33,6% der Lernenden (CL 2) unterscheiden sich charakteristisch von den beiden anderen Gruppen. Schüler/innen dieser Gruppe haben einen etwa gleich hohen Zielerreichungswert wie die Schüler/innen aus CL 1, was die Freude und das Interesse am Fach betrifft, übertreffen aber alle übrigen Schüler/innen bei den Einschätzungen zu FZW2, wo es um die Zufriedenheit mit den eigenen Leistungen geht. Die Schüler/innen aus Gruppe CL 2 fühlen sich auch etwa gleich stark wie ihre Mitschüler/innen aus Gruppe CL 1 durch die Lernaufgaben herausgefordert, konzentrieren sich aber ähnlich wie die Lernenden aus Gruppe CL 3 nur mäßig auf die Bearbeitung der Aufgaben.

Die Mittelwerte zu den Einschätzungen der Lernmotivation und der Lernaktivitäten zeigen für die Lernenden aus den Gruppen CL 1 und CL 3 einen ähnlichen Verlauf, wobei die Einschätzungen der Lernenden aus Gruppe 3 jeweils etwa um den Wert 1 niedriger sind. Die intensive Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben in der computerunterstützten Lernumgebung wird im Gegensatz zu den Lernenden aus Gruppe CL 1 von den Schülern/innen in CL 2 etwas höher eingeschätzt als die auf Sachinteresse basierende intrinsische Motivation und das kompetitive Lernen.

Bei den Einschätzungen zu den Lernaktivitäten schätzen die Schüler/innen aus den Gruppen CL 1 und CL 2 die Komponenten nachvollziehende, elaborierende und organisierende Lernprozesse innerhalb der Gruppe etwa gleich stark ein, während die Lernenden aus Gruppe CL 3 berichten, dass sie relativ gesehen weniger nachvollziehende als vertiefte Lernprozesse durchführen.

Tests der Zwischensubjekteffekte							
Quelle	Abh. Var.	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	QM	121,388 ^a	219	,554	5,288	,000	,945
	KLA	123,150 ^b	219	,562	5,344	,000	,945
Konstanter Term	QM	856,394	1	856,394	8169,639	,000	,992
	KLA	898,911	1	898,911	8542,692	,000	,992
FZW	QM	27,998	66	,424	4,047	,000	,797
	KLA	22,360	66	,339	3,220	,000	,758
AA	QM	8,477	37	,229	2,185	,003	,543
	KLA	16,240	37	,439	4,171	,000	,694
FZW * AA	QM	14,809	114	,130	1,239	,169	,675
	KLA	23,925	114	,210	1,994	,001	,770

a. R-Quadrat = ,945 (korrigiertes R-Quadrat = ,766)
b. R-Quadrat = ,945 (korrigiertes R-Quadrat = ,768)

Tabelle 13: Varianzanalyse für QM & KLA mit den Faktoren zum Konstrukt „Subjektiver Aufgabenwert“

Die Ergebnisse einer Varianzanalyse (vgl. Tab. 13) zeigen, dass mit den Faktoren „Fachspezifischer Zielerreichungswert und „Anstrengungsbereitschaft“ jeweils 94,5% der Varianz der Konstrukte Lernmotivation und Lernaktivitäten erklärt werden können. Dabei ist der Varianzerklärungsanteil der Variable FZW in beiden Fällen deutlich größer als jener der Variable AA. Für das Konstrukt KLA kann der Interaktionsfaktor FZW*AA alleine 77% der Varianz aufklären.

5.1.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Hypothese H5: In den untersuchten Unterrichtsklassen gibt es keine deutlichen geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der Einschätzung zur Lernmotivation und den kognitiven Lernaktivitäten in der computerunterstützten Lernumgebung. Wenn es Unterschiede gibt, so sind diese eher auf individuelle Voraussetzungen zurückzuführen als auf die unterschiedliche Wahrnehmung der computerunterstützten Lernumgebung.

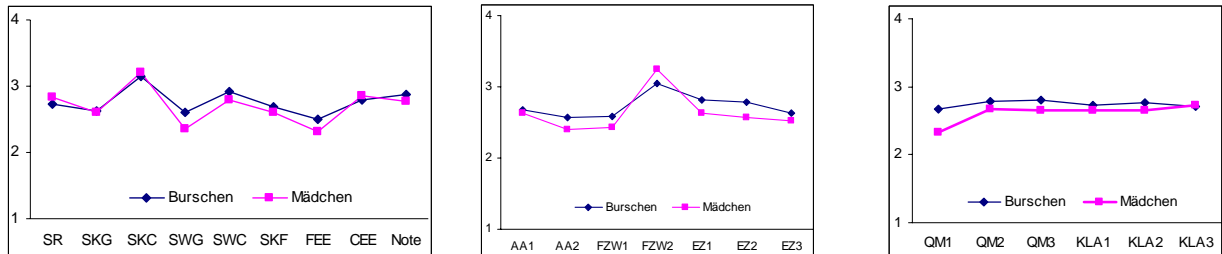


Abbildung 9: Unterschiede zwischen Burschen und Mädchen bei den Einschätzungen zu ausgewählten Konstrukten

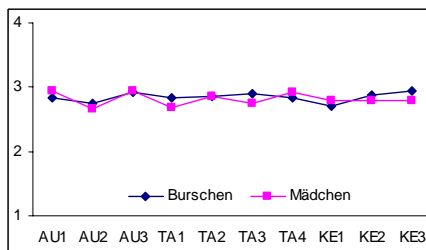


Abbildung 10: Einschätzung der Lernumgebung

In Abb.9 und in Abb.10 zeigen sich Unterschiede zwischen Burschen und Mädchen in Bezug auf die Mittelwerte der Einschätzungen zu den dargestellten Skalen. Meist liegen die Einschätzungen der Mädchen etwas unterhalb jener der Burschen; nur in wenigen Fällen liegen sie etwas darüber. Mädchen lernen in Physik, weil sie eher mehr auf ihre Leistungen stolz sein wollen, sehen wollen, was sie schaffen können und sich selbst beweisen wollen, dass sie es können. Sie nutzen die Lernprogramme auch etwas mehr dazu, ihre Lernergebnisse zu überprüfen, lösen aber im Vergleich zu Burschen deutlich weniger gerne Physikaufgaben.

Mit Hilfe einer einfaktoriellen ANOVA sollte die Hypothese H5 überprüft werden, der zufolge es keine deutlichen geschlechtsspezifischen Unterschiede beim computerunterstützten Lernen von Physik gibt. Tab. 14 gibt einige deskriptive Maßzahlen für fünf ausgewählte Variable (SWG, FEE, EZ2, FZW2 und QM1) für die zwei miteinander verglichenen Fallgruppen (Burschen und Mädchen) wieder. Die Tatsache, dass sich die ausgewiesenen 95%-Konfidenzintervalle bei drei der fünf ausgewählten Variablen nicht überschneiden, deutet an, dass die Mittelwerte der beiden Gruppen mit gewisser Wahrscheinlichkeit auch in der Grundgesamtheit voneinander verschieden sind.

ONEWAY deskriptive Statistiken									
		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
						Untergrenze	Obergrenze		
SWG	Burschen	159	2,5954	,71832	,05697	2,4829	2,7079	1,00	4,00
	Mädchen	133	2,3440	,70011	,06071	2,2239	2,4641	1,00	4,00
FEE	Burschen	164	2,4985	,51473	,04019	2,4191	2,5778	1,00	4,00
	Mädchen	133	2,3133	,43583	,03779	2,2385	2,3880	1,00	4,00
EZ2	Burschen	161	2,7826	,81736	,06442	2,6554	2,9098	1,00	4,00
	Mädchen	128	2,5703	,84587	,07476	2,4224	2,7183	1,00	4,00
QM1	Burschen	158	2,6646	,88412	,07034	2,5256	2,8035	1,00	4,00
	Mädchen	129	2,3372	,84586	,07447	2,1899	2,4846	1,00	4,00
FZW2	Burschen	163	3,0394	,83299	,06524	2,9105	3,1682	1,00	4,00
	Mädchen	133	3,2425	,74807	,06487	3,1142	3,3708	1,00	4,00

Tabelle 14: Deskriptive Maßzahlen für eine einfaktorielle ANOVA mit dem Faktor „Geschlecht“

Eine Varianzanalyse (vgl. Tab. 15) zeigt, dass sich z. B. die gesamte Streuung der Variable QM1 (221,913) in der vorliegenden Stichprobe aufteilen lässt in die Streuung innerhalb der beiden Geschlechtergruppen (214,303) und die Streuung zwischen den Gruppen (7,610). Da die Streuungen innerhalb der beiden Gruppen im Vergleich zur Streuung der Gruppenmittelwerte relativ groß sind, ist zu vermuten, dass sich die Mittelwerte in der Grundgesamtheit nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Die Signifikanz ist für QM1 mit 0,002 ausgewiesen, d.h. die Nullhypothese, der zufolge kein Unterschied

zwischen Burschen und Mädchen bei der Einschätzung der intrinsischen Lernmotivation im computerunterstützten Physikunterricht besteht, kann zurückgewiesen werden. Ebenso zeigt Tab. 15, dass auch die Unterschiede der Mittelwerte zu den Konstrukten SWG, FEE, EZ2 und FZW2 signifikant sind.

ONEWAY ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
SWG	Zwischen den Gruppen	4,577	1	4,577	9,078	,003
	Innerhalb der Gruppen	146,226	290	,504		
FEE	Zwischen den Gruppen	2,518	1	2,518	10,884	,001
	Innerhalb der Gruppen	68,260	295	,231		
EZ2	Zwischen den Gruppen	3,214	1	3,214	4,664	,032
	Innerhalb der Gruppen	197,758	287	,689		
QM1	Zwischen den Gruppen	7,610	1	7,610	10,120	,002
	Innerhalb der Gruppen	214,303	285	,752		
FZW2	Zwischen den Gruppen	3,022	1	3,022	4,769	,030
	Innerhalb der Gruppen	186,275	294	,634		

Tabelle 15: Ergebnisse einer einfaktoriellem ANOVA mit dem Faktor „Geschlecht“

5.1.3 Überprüfung von Kausalitäten

Nach dem erweiterten kognitiven Motivationsmodell von Eccles (vgl. Kap. 2.2.1) ergibt sich die Lernmotivation aus Erfolgserwartung und subjektivem Aufgabenwert. Abb. 11 zeigt das Pfaddiagramm zu einem Strukturgleichungsmodell mit der exogenen, latenten Variable „Merkmale der Person“ und den beiden endogenen latenten Variablen „Qualität der Lernmotivation“ und „Kognitive Lernaktivitäten“ mit den Messmodellen der latenten Variablen. Als Indikatorvariablen (Messvariablen) dienen folgende manifeste Variable: SR, SKG, SWG, FZW bestimmen die Merkmale der Person; QM1, QM2, QM3 legen die Qualität der Lernmotivation fest und KLA1, KLA2 und KLA3 bestimmen die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten. Die im Modell unterstellten kausalen Beziehungen zwischen den latenten Variablen sind durch Pfeile dargestellt. Aus den Merkmalen der Person können die Qualität der Lernmotivation und die Ausprägungen der kognitiven Lernaktivitäten vorhergesagt werden und die Qualität der Lernmotivation bestimmt die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten.

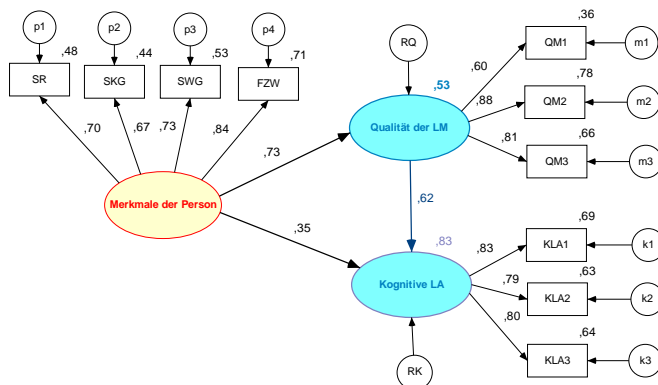


Abbildung 11: Modellierung von QLM und KLA aus Personenmerkmalen

Das Modell erfüllt die Anforderungen globaler Gütemaße bei weitem nicht. Das Verhältnis aus Chi-Quadrat-Wert und Freiheitsgraden beträgt 9,55¹¹ und der CFI (Comparative Fit Index) beträgt nur 0,823¹². Der Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) beträgt 0,169¹³. Auf Basis des theoretisch fundierten Hypothesensystems ergibt die Überprüfung des Modells (PM → QLM & KLA) mit Hilfe der Kausalanalyse¹⁴, dass die theoretisch aufgestellten Beziehungen mit dem Datenmaterial nicht übereinstimmen.

¹¹ Von einem guten Modellfit kann ausgegangen werden, wenn das Verhältnis CMIN/DF $\leq 2,5$ ist.

¹² Bei einem guten Modellfit ist der Wert für den CFI $\geq 0,9$.

¹³ Werte für den RMSEA werden folgendermaßen interpretiert: RMSEA $\leq 0,05$: guter Modellfit; RMSEA $\leq 0,08$: akzeptabler Modellfit; RMSEA $\geq 0,10$: inakzeptabler Modellfit.

¹⁴ Zur Lösung der Strukturgleichungsmodelle wurde die Software AMOS verwendet.

5.2 Einfluss der computerunterstützten Lernumgebung

5.2.1 Profile unterschiedlicher Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung

Hypothese H6: In den untersuchten Unterrichtsklassen lassen sich Gruppen von Schülerinnen und Schülern identifizieren, die sich hinsichtlich ihres Ausmaßes an berichteten Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung unterscheiden.

Zur Überprüfung von Hypothese H6 wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Zur Gruppenbildung wurden die Skalen des Konstrukts „Wahrnehmung der Lernumgebung“ (Autonomieunterstützung, Tätigkeitsanreize und Kompetenzerleben) herangezogen. Es lassen sich drei Gruppen (CL1, CL2 und CL3) finden, zwischen denen in Bezug auf die herangezogenen Eigenschaften zur Gruppenbildung so gut wie keine Ähnlichkeiten bestehen.

		Quadratsumme	Signifikanz
AU1	zG ¹⁵	44,714	,000
	iG	100,098	
AU2	zG	42,918	,000
	iG	128,060	
AU3	zG	48,184	,000
	iG	145,203	
TA1	zG	43,624	,000
	iG	158,024	
TA2	zG	35,531	,000
	iG	118,597	
TA3	zG	39,999	,000
	iG	154,110	
TA4	zG	67,543	,000
	iG	166,000	
KE1	zG	91,809	,000
	iG	119,827	
KE2	zG	43,078	,000
	iG	129,316	
KE3	zG	57,077	,000
	iG	110,048	

Tabelle 17: ANOVA für LU / Cluster

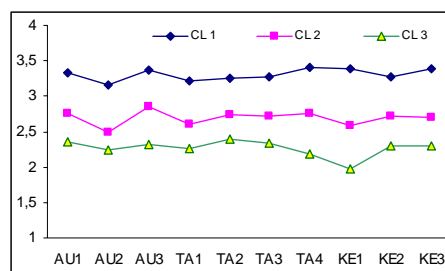


Abbildung 12: Cluster-Mittelwerte

Die Einschätzungen der Schüler/innen in CL2 zeigen, dass sie die motivierenden Elemente der Lernumgebung wahrnehmen, aber die Faktoren Abwechslung und Auswahl höher bewerten als die Möglichkeiten der mental aktiven Beteiligung am Lernprozess.

In CL 1 befinden sich 44,9% aller Mädchen und 39,0% aller Burschen. 33,8% der Burschen und 33,1% der Mädchen bilden die Gruppe CL 2; 27,2% der Burschen und 28,0% der Mädchen sind in CL 3. Die Schüler/innen mit nichtdeutscher Muttersprache verteilen sich in folgender Weise auf die Cluster: CL 1: 47,1%, CL 2: 29,0% und CL 3: 23,9%. In CL 1 sind 36,4%, in CL 2 sind 37,8% und in CL 3 sind 25,9% aller Schüler/innen mit deutscher Muttersprache.

		Bericht									
Ward Method		AU1	AU2	AU3	TA1	TA2	TA3	TA4	KE1	KE2	KE3
1	Mittelwert	3,33	3,16	3,36	3,21	3,26	3,27	3,41	3,38	3,28	3,38
	σ	,496	,632	,658	,750	,575	,623	,650	,529	,576	,502
2	Mittelwert	2,76	2,50	2,85	2,60	2,73	2,72	2,75	2,58	2,72	2,70
	σ	,692	,711	,747	,785	,625	,709	,874	,733	,724	,644
3	Mittelwert	2,35	2,24	2,32	2,26	2,40	2,34	2,19	1,97	2,31	2,29
	σ	,625	,725	,799	,741	,798	,966	,832	,737	,800	,782

Tabelle 16: Skalenmittelwerte in Abhängigkeit der Clusterzuordnung

Tab. 16 zeigt die Cluster-Mittelwerte für die Komponenten Autonomieerleben (AU), Tätigkeitsanreize (TA) und Kompetenzunterstützung (KE). Die Einschätzungen der Schüler/innen in Cluster 1 (117 Schüler/innen = 39,1%) liegen deutlich über dem Skalenmittelwert, während 88 Schüler/innen (29,4%), die Cluster 3 bilden, ihre Wahrnehmungen in der Lernumgebung deutlich unter den Skalenmittelwerten einschätzen. Die Einschätzungen der Schüler/innen aus Cluster 2 (94 Schüler/innen = 31,5%) liegen bei allen Skalen zwischen den Einschätzungen der beiden anderen Gruppen (vgl. Abb. 12). Tab. 17 zeigt, dass die Nullhypothese, der zufolge kein Unterschied zwischen den Mittelwerten besteht, zurückgewiesen werden kann, aber auch, dass die Streuung innerhalb der Gruppen größer ist als

Die Schüler/innen in CL1 schätzen das selbstständige Lernen, werden durch die computerunterstützte Lernumgebung zur Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben angeregt und berichten, dass komplizierte Zusammenhänge verständlicher werden, da diese selbst entdeckt, erforscht und verstanden wurden.

Die Schüler/innen in CL3 werden durch die Lernumgebung nur wenig zum selbstständigen Probieren, Nachvollziehen von Zusammenhängen, aktivem Denken und Lernen und individuellem Bewerten angeregt.

¹⁵ zG = zwischen den Gruppen / iG = innerhalb der Gruppen

Hypothese H7: Die berichteten Unterschiede bei der Wahrnehmung zur computerunterstützten Lernumgebung korrelieren eher mit dem Fähigkeitsselbstkonzept, der Selbstwirksamkeitserwartung und der Erfolgsmotivierung als mit anderen personalen Merkmalen (Geschlecht, Note) und organisatorischen Rahmenbedingungen (Schultyp, Klasse, Art des Computereinsatzes).

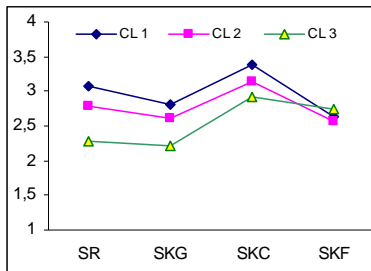


Abbildung 13: Personenmerkmale

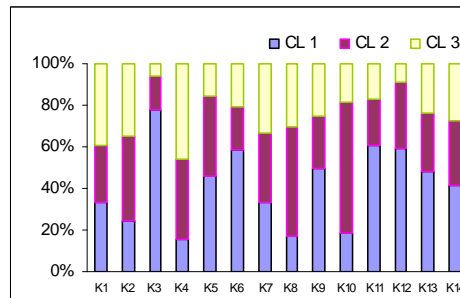


Abbildung 14: Cluster / Klasse

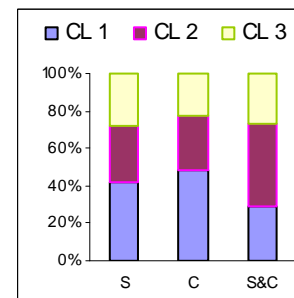


Abbildung 15: Cluster/ LU

SR		Quadratsumme	Signifikanz
SR	zG	27,893	,000
	iG	89,285	
SKG	zG	15,782	,000
	iG	113,192	
SKC	zG	9,997	,000
	iG	97,255	
SKF	zG	1,175	,367
	iG	159,747	

Tabelle 18: ANOVA für SR & SK

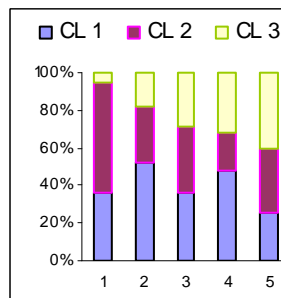


Abbildung 16: Cluster / Note

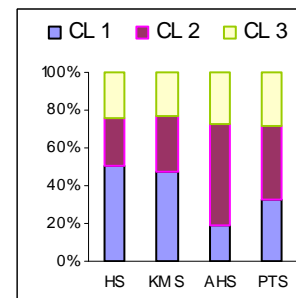


Abbildung 17: Cluster / Schultyp

Vergleicht man basierend auf der oben definierten Clusterbildung die Mittelwerte der individuellen personalen Merkmale Selbstregulation und Fähigkeitsselbstkonzept, so fallen Gemeinsamkeiten auf (vgl. Abb. 13):

- (1) Für die Skalen SR, SKG und SKC ergibt eine höhere Einschätzung der Wahrnehmung der Lernumgebung auch einen höheren Wert.
- (2) Bei allen drei Gruppen stellen die Einschätzungen des computerspezifischen Selbstkonzepts die höchsten Werte dar.
- (3) Alle drei Gruppen machen zu ihrem fachspezifischen Selbstkonzept etwa die gleichen Angaben. Aus Tab. 18 entnimmt man auch, dass die Unterschiede zu den Einschätzungen beim SKF nicht signifikant sind.

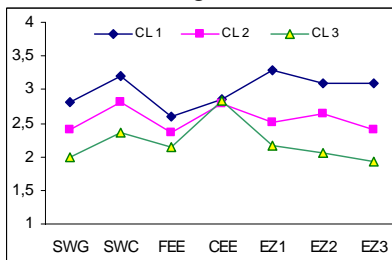


Abbildung 18: Erfolgserwartung (EW) und Erfolgsmotivierung (EZ)

SWG		Quadratsumme	Signifikanz
SWG	zG	29,740	,000
	iG	110,509	
SWC	zG	30,741	,000
	iG	78,430	
FEE	zG	9,180	,000
	iG	56,063	
CEE	zG	,218	,714
	iG	88,722	
EZ1	zG	62,823	,000
	iG	118,233	
EZ2	zG	47,036	,000
	iG	149,503	
EZ3	zG	64,085	,000
	iG	145,520	

Tabelle 19: ANOVA für EW & EZ

Die Abbildungen 14 bis 17 zeigen, dass wahrscheinlich die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse den größten Einfluss auf die Zuordnung zu einem Cluster hat.

Auffallend ist, dass weniger als 20% die Schüler/innen der Oberstufe (AHS) in CL 1 zu finden sind, während der Anteil bei den Schülern/innen der HS und der KMS zwischen 40 und 50% liegt.

In Bezug auf die Art des Computereinsatzes (Sensoren/S, Computerprogramme/C, Sensoren&Computerprogramme/S&C) ist ersichtlich, dass der Prozentsatz der Schüler/innen, die Sensoren und Computerprogramme verwendet haben, in der Gruppe CL 1 deutlich geringer ist als für Schüler/innen die nur mit Sensoren oder nur mit Computerprogrammen gearbeitet haben.

Aus Abb. 8 und Tab. 19 ergeben sich mit Ausnahme CEE signifikante Unterschiede bei den Einschätzungen Erfolgserwartung und Erfolgsmotivierung. In allen drei Gruppen ist die computerspezifische Selbstwirksamkeitserwartung (SWC) deutlich höher als die fachspezifische Selbstwirksamkeitserwartung (SWG). Schüler/innen aus den Gruppen CL 1 und CL3 schreiben ihren Lernerfolg eher den Computerprogrammen als ihrer eigenen Anstrengung und ihren Fähigkeiten zu, während Schüler/innen aus CL 2 berichten, dass der Lernerfolg stärker auf ihre eigene Anstrengung zurückzuführen ist.

Hypothese H8: Schüler/innen die sich in ihrer Selbstbestimmung und Kompetenz in der computerunterstützten Lernumgebung unterstützt und zu eigenständigem Lernen angeregt fühlen, sind diejenigen, die über hohe Lernmotivation und tiefer gehende kognitive Lernaktivitäten berichten. Dabei sind die Einschätzungen der Schüler/innen weitgehend unabhängig von der spezifischen Art des Computereinsatzes.

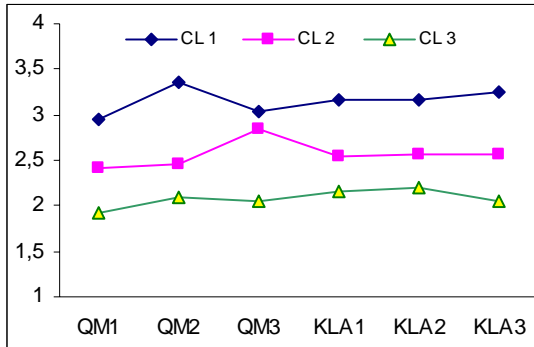


Abbildung 19: QM & KLA

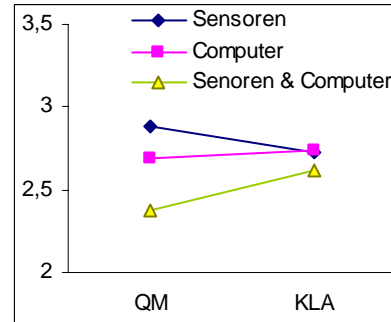


Abbildung 20: Spezifischer Computereinsatz

Skala	Gruppe	Quadratsumme	Signifikanz
QM1	zG	46,170	,000
	iG	168,536	
QM2	zG	80,080	,000
	iG	105,654	
QM3	zG	44,343	,000
	iG	161,674	
KLA1	zG	46,166	,000
	iG	103,013	
KLA2	zG	43,883	,000
	iG	118,347	
KLA3	zG	65,519	,000
	iG	112,076	

Tabelle 20: ANOVA für QM & KLA

Schüler/innen aus den Gruppen CL 1 und CL2 (vgl. Abb. 12), also jene mit durchschnittlichen und überdurchschnittlichen Einschätzungen zur Wahrnehmung der Lernumgebung berichten über höhere Lernmotivation und tiefer gehende Lernaktivitäten als Lernende aus Gruppe CL 3 (vgl. Abb. 19).

Dabei berichten die Lernenden aus Gruppe CL 1, dass sie mehr durch die intensive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten zum Lernen angeregt werden, als durch Sachinteresse oder kompetitives Verhalten.

Insgesamt sind die Unterschiede für alle sechs betrachteten Skalen QM1, QM2, QM3, KLA1, KLA2 und KLA3 (vgl. Tab. 20) hochsignifikant.

In Bezug auf den spezifischen Computereinsatz (vgl. Abb. 20) zeigen sich unterschiedliche Einschätzungen vor allem bei der Lernmotivation. Schüler/innen, die nur mit Sensoren arbeiten, berichten über eine höhere Lernmotivation als Schüler/innen, die neben den Sensoren auch Computerprogramme verwenden. Lernende, die mit Sensoren und Computerprogrammen arbeiten, berichten über niedrigere Lernaktivitäten als Lernende, die nur Sensoren oder nur Computerprogramme verwendet haben. Eine ANOVA zeigt, dass die Unterschiede zwischen den drei Gruppen hochsignifikant sind; die Gesamtstreuung von 135,307 teilt sich in die Streuung 9,780 zwischen den Gruppen und 125,526 innerhalb der Gruppen auf. Eine Varianzanalyse mit dem Faktor Technologie gibt zwar einen hochsignifikanten Einfluss auf die Lernmotivation und die Lernaktivitäten, allerdings beträgt der Erklärungsanteil in beiden Fällen weniger als 10%. Damit kann angenommen werden, dass in der vorliegenden Stichprobe die Einschätzungen der Schüler/innen in Bezug auf ihre Lernmotivation und ihre kognitiven Lernaktivitäten weitgehend unabhängig von der spezifischen Art des Computereinsatzes sind.

5.2.2 Modellierung motivationaler und kognitiver Prozesse

Hypothese H9: Die berichteten Unterschiede bei der Einschätzung der Qualität der Lernmotivation und der Ausprägung der Lernaktivitäten können aus der Wahrnehmung der computerunterstützten Lernumgebung vorhergesagt werden.

Ausgehend vom Modell in Kapitel 5.1.3 werden nun Erweiterungen und Präzisierungen vorgenommen:

- Modellvariante 1 bezieht die Wahrnehmung der computerunterstützten Lernumgebung als weitere latente endogene Variable ein.

- b. Modellvariante 2 geht davon aus, dass die Qualität der Lernmotivation und die Ausprägung der Lernaktivitäten alleine aus der Wahrnehmung der computergestützten Lernumgebung vorhergesagt werden können.
- c. Bei Modellvariante 3 ist das Konstrukt Wahrnehmung der Lernumgebung in Anlehnung an Gagné (vgl. Kapitel 2.2.1) in die beiden Konstrukte „Anregung zum Lernen“ und „Selbsttätigkeit“ aufgespalten.
- d. Modellvariante 4 ist am theoretischen Hintergrund der Selbstbestimmungstheorie und pädagogischen Interessenstheorie ausgerichtet, und berücksichtigt Befunde aus der Forschung zum computerunterstützten Lernen. Wenn sich Lernende in ihren Kompetenzen herausgefordert und unterstützt fühlen, werden sie die vorhandenen Tätigkeitsanreize wahrnehmen und nutzen und selbst bestimmt lernen.

In Tab. 21 sind die Gütemaße für die vier berechneten Modelle zusammengefasst. Es zeigt sich, dass der Modellfit besser wird, wenn die Merkmale der Person nicht als exogene Variable in das Modell eingehen. Da die Werte für CMIN/DF über dem Grenzwert liegen, muss auf Basis dieses Indikators auf eine nicht ganz optimale Modellanpassung (vor allem bei den Varianten 1 und 2) geschlossen werden. Der Wert für den CFI liegt bei allen vier Modellen deutlich über 0,9 und weist daher auf einen sehr guten Modellfit hin. Bei den Modellvarianten 1 bis 3 zeigt sich, dass die Lernmotivation einen direkten positiven kausalen Effekt auf die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten von etwa 0,9 hat. Auf diesen Aspekt wird daher im Folgenden nicht eingegangen.

Modellvariante	CMIN/DF	CFI	RMSEA
1	3,69	0,915	0,086
2	3,42	0,922	0,081
3	3,01	0,931	0,078
4	2,96	0,934	0,062

Tabelle 21: Beurteilung der Gesamtstruktur der einzelnen Modellvarianten

Auf Basis von zwei Gütemaßen (CFI und RMSEA) kann für Modellvariante 4 davon ausgegangen werden, dass die Modellschätzungen die empirischen Daten gut abgebildet haben. Auch der CMIN/DF-Wert ist deutlich niedriger als bei den Varianten 1 bis 3.

Modellvariante 1: Personenmerkmale und Lernumgebung bestimmen die Lernmotivation

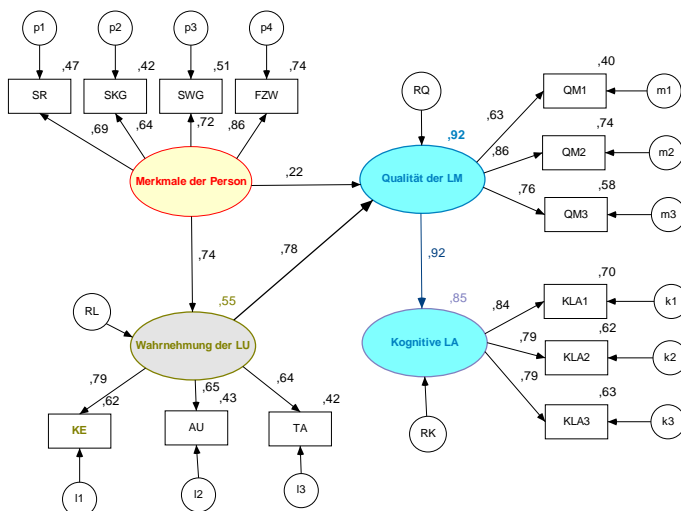


Abbildung 21: Modellerweiterung durch Einbeziehung der Lernumgebung

In Abb. 21 geben die standardisierten Regressionskoeffizienten (direkt bei den Pfeilen) Auskunft darüber, wie stark die Indikatorvariablen mit den hypothetischen exogenen und endogenen Konstrukten korrelieren. So gilt z.B. für FZW: $FZW = 0,86 * X_{\text{Merkmale der Person}} + p_4$. Die quadrierten Faktorladungen ergeben die Indikatorreliabilität, d.h. den erklärten Varianzanteil einer manifesten Variablen. Sie werden im Pfaddiagramm der standardisierten Lösung jeweils rechts über den manifesten Variablen angezeigt. So erklärt z.B. das Konstrukt „Merkmale der Person“ $0,86^2 = 0,74$ der Varianz der Variablen FZW (fachspezifischer Zielerreichungswert). Folglich bleibt der Varianzanteil $1 - 0,74 = 0,26$ ungeklärt. D.h. 26% der Einheitsvarianz der Variablen FZW sind auf Messfehler und eventuell nicht berücksichtigte Effekte zurückzuführen.

In der standardisierten Lösung werden auch die Beziehungen zwischen der latent exogenen und den latent endogenen Variablen ausgewiesen. Die direkten Effekte, die vom exogenen Konstrukt „Merkmale der Person“ und von der endogenen Variable „Wahrnehmung der Lernumgebung“ auf das endogene Konstrukt „Qualität der Lernmotivation“ wirken, lassen sich direkt an den entsprechenden Kausalpfeilen im Pfaddiagramm ablesen.

Die Qualität der Lernmotivation wird von der Wahrnehmung der Lernumgebung durch die Lernenden viel stärker beeinflusst als durch die Merkmale der Person. Wenn sich der Wert für „Merkmale der Person“ um 1 erhöht,

steigen der Wert für Qualität der Lernmotivation um 0,22 und der Wert für Wahrnehmung der Lernumgebung um 0,74. Eine Erhöhung der „Wahrnehmung der Lernumgebung“ um den Zahlenwert 1 verursacht ein Ansteigen der Einschätzung für die Lernmotivation um 0,78. Der totale Effekt „Merkmale der Person“ Qualität der Lernmotivation ergibt sich als Summe aus direktem kausalem Effekt (0,22) und indirekt kausalem Effekt ($0,98 * 0,73^{16} = 0,72$) zu 0,94. Eine Erhöhung der Qualität der Lernmotivation um 1 bewirkt ein Ansteigen des Wertes für die kognitiven Lernaktivitäten um 0,92. Es zeigt sich also, dass die Qualität der Lernmotivation auf dem Umweg über die Wahrnehmung der Lernumgebung (=indirekter kausaler Effekt) mehr als dreimal so stark beeinflusst wird, wie auf direktem Weg durch die Merkmale der Person, wie schulisches Selbstkonzept, Selbstregulation des Lernens, generelle Selbstwirksamkeitserwartung und fachspezifischer Zielerreichungswert. In Abb. 21 kann auch abgelesen werden, dass die latenten Variablen zusammen 92% der Varianz des Konstrukts „Qualität der Lernmotivation“ und 85% der Varianz des Konstrukts „Kognitive Lernaktivitäten“ erklären können.

Modellvariante 2: Die Parameter der Lernumgebung bestimmen Lernmotivation und Lernaktivitäten

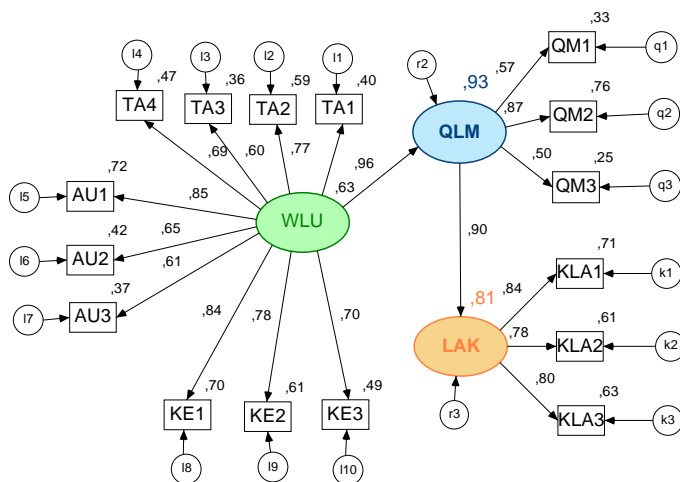


Abbildung 22: Die WLU als Prädiktor für QLM & LAK

Abb. 22 zeigt ein Modell, mit dem die Qualität der Lernmotivation QLM aus den Wahrnehmungen der Lernumgebung WLU erklärt werden. Aus den Simulationen musste gefolgert werden, dass sich die Lernaktivitäten LAK nicht direkt aus der Wahrnehmung der Lernumgebung ableiten lassen. Darüber hinaus sind die Varianzerklärungsanteile der latenten exogenen Variable „Wahrnehmung der Lernumgebung“ vor allem bei TA1, TA3, AU2 und AU3 eher niedrig.

Die Tatsache, dass der Modellfit besser als bei Variante 1 ist, lässt es sinnvoll erscheinen, mit diesem Modell als Grundstruktur weitere Adaptionen vorzunehmen und das Konstrukt WLU weiter zu differenzieren.

Modellvariante 3: Anreize & Möglichkeiten zur Selbsttätigkeit bestimmen die Qualität der Lernmotivation

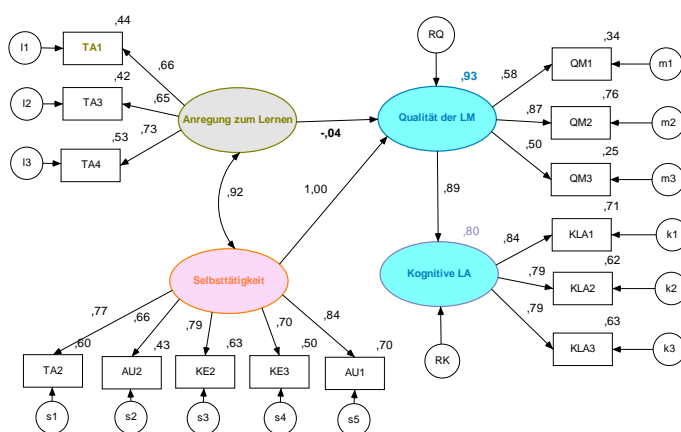


Abbildung 23: Anreize & Möglichkeiten zur Selbsttätigkeit bestimmen die Qualität der Lernmotivation

Annahmen aus der pädagogischen Psychologie und Befunde aus der mediendidaktischen Forschung legen eine Aufspaltung des Konstrukts WLU in die beiden Aspekte „Anregung zum Lernen“ und „Selbsttätigkeit“ nahe. Beide Variable werden als latente exogene Variable über die Indikatorvariablen TA1, TA3 und TA4 bzw. TA2, AU1, AU2, KE2 und KE3 definiert. Es ergeben sich etwas bessere Varianzerklärungsanteile; vor allem verbessert sich der Modellfit weiter. In Abb. 23 ist zu sehen, dass die Anregung zum Lernen alleine noch keinen Effekt auf die Qualität der Lernmotivation hat. Aus dem Umstand, dass Schüler/innen die Lernprogramme interessant finden und meinen, dass damit der Unterricht interessanter wird, resultiert nicht unbedingt schon eine erhöhte Lernmotivation.

¹⁶ Zur Bestimmung der indirekten kausalen Effekte wird die unstandardisierte Lösung der Modellschätzung herangezogen.

Modellvariante 4: Kausale Beziehungen im Konstrukt WLU bestimmen die Qualität der Lernmotivation

Bei Modellvariante 4 (vgl. Abb. 24) wurden zur Erklärung der Lernmotivation aus den Aspekten der Lernumgebung auch kausale Beziehungen zwischen den Komponenten innerhalb des Konstrukts Wahrnehmung der Lernumgebung angenommen.

Es wurde untersucht, ob und in welcher Ausprägung (1) aus der Interessantheit der Lernumgebung selbst bestimmtes Lernen resultiert, das sich positiv auf die Entwicklung der Lernmotivation auswirkt, (2) ob sich die wahrgenommene Kompetenzunterstützung direkt auf das Autonomieerleben, die Lernmotivation und die Lernaktivitäten auswirkt, (3) ob die Interessantheit der Lernumgebung schon positive Auswirkungen auf Lernmotivation und Lernaktivitäten hat, und (4) wie die Interessantheit der Lernumgebung mit den beiden anderen Komponenten KE und AU des Konstrukts Lernumgebung zusammenhängt. Dieses Modell zeigt den besten Modellfit und es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Modellschätzungen die empirischen Daten gut abbilden.

Die Komponenten „Interessantheit der Lernumgebung“ und „Kompetenzunterstützung“ korrelieren sehr stark; es ergibt sich allerdings kein gerichteter Zusammenhang. Wenn aber Schüler/innen die Lernumgebung interessant finden, wirkt sich das positiv auf ihre Selbstbestimmtheit beim Lernen aus. Noch stärker wird das selbst bestimmte Lernen durch wahrgenommene Kompetenzunterstützung beeinflusst; selbst bestimmtes Lernen wirkt sich wiederum positiv auf die Lernmotivation aus.

Die Lernmotivation wird aber auch direkt von der wahrgenommenen Kompetenzunterstützung beeinflusst; praktisch nicht beeinflusst wird sie direkt durch die Interessantheit der Lernumgebung. Die Interessantheit der Lernumgebung hat aber über das Autonomieerleben einen indirekten kausalen Effekt auf die Lernmotivation. Anders als bei den Modellvarianten 1 bis 3 wird bei diesem Modell die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten nicht nur durch die Qualität der Lernmotivation, sondern in viel stärkerem Maße durch die wahrgenommene Kompetenzunterstützung auf direktem Weg und indirekt auch über die Lernmotivation beeinflusst.

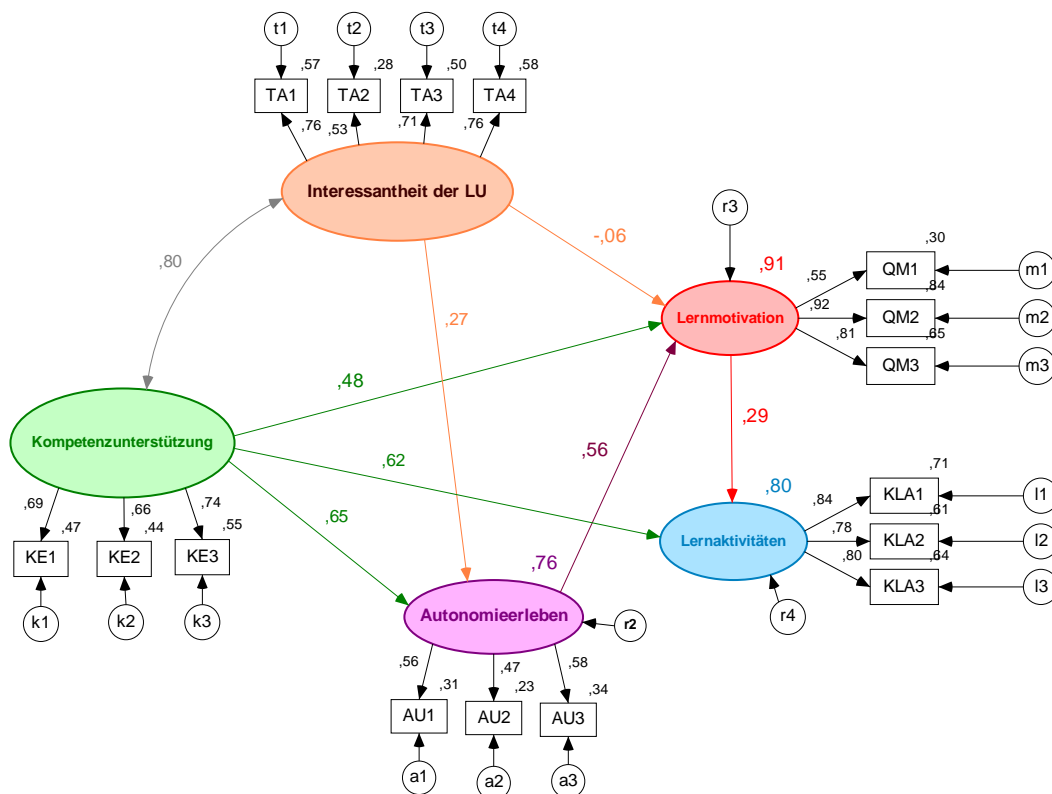


Abbildung 24: Kompetenzunterstützendes und selbst bestimmtes Lernen fördert die Lernmotivation

Mit den vom Programm berechneten Parameterwerten für $r_2 = 0,079$, $r_3 = 0,020$ und $r_4 = 0,77$ lauten die Gleichungen zur Berechnung des Autonomieerlebens, der Lernmotivation und der Lernaktivitäten:

- (1) Autonomieerleben $AU = 0,079 + 0,65 * \text{Kompetenzunterstützung} + 0,27 * \text{Interessantheit der Lernumgebung}$
- (2) Lernmotivation $= 0,02 + 0,56 * \text{Autonomieerleben} + 0,48 * \text{Kompetenzunterstützung} - 0,06 * \text{Interessantheit der Lernumgebung}$
- (3) Lernaktivitäten $= 0,77 + 0,29 * \text{Lernmotivation} + 0,62 * \text{Kompetenzunterstützung}$

Für einen Schüler / eine Schülerin mit den Einschätzungen $KE = 2,5$ und $TA = 4$ ergibt sich für das Autonomieerleben $AU = 2,78$ und daraus für die Lernmotivation $QM = 2,78$ und daraus wieder für die Lernaktivitäten $KLA = 3,13$.

Die Güte des in Variante 4 vorgestellten Rechenmodells wird auch durch die Ergebnisse durchgeführter univariater Varianzanalysen für die Konstrukte QM , KLA und AU gestützt.

Tests der Zwischensubjekteffekte						
Abhängige Variable: QM						
Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	125,098 ^a	224	,558	3,996	,000	,925
Konstanter Term	3,069	1	3,069	21,956	,000	,231
TA	,056	1	,056	,404	,527	,006
AU	10,872	47	,231	1,655	,026	,516
KE	17,346	50	,347	2,482	,000	,630
AU * KE	25,156	122	,206	1,475	,036	,711
Fehler	10,203	73	,140			
Gesamt	2239,121	298				
Korrigierte Gesamtvariation	135,301	297				

a. R-Quadrat = ,925 (korrigiertes R-Quadrat = ,693)

Tabelle 22: Varianzanalyse für QM mit den Faktoren KE und AU und der Kovariate TA

Wie aus Tab. 22 entnommen werden kann, klären die beiden Faktoren KE und AU zusammen mit der Kovariate TA 92,5% der Varianz des Konstrukts QM auf. Der Einfluss der Variable KE auf die abhängige Variable QM ist hochsignifikant und klärt alleine schon 63% der Varianz. Den höchsten Varianzerklärungsteil hat mit 71,1% der Interaktionsfaktor AU*KE aus den Faktoren AU und KE. Der Faktor AU kann noch 51,6% der Varianz aufklären, während der Einfluss des Faktors TA nicht signifikant ist.

Tests der Zwischensubjekteffekte						
Abhängige Variable: KLA						
Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	128,245 ^a	254	,505	8,086	,000	,984
Konstanter Term	3,466	1	3,466	55,506	,000	,627
TA	,080	1	,080	1,274	,267	,037
AU	,124	1	,124	1,988	,168	,057
QM	26,873	134	,201	3,212	,000	,929
KE	14,155	50	,283	4,534	,000	,873
QM * KE	14,072	64	,220	3,522	,000	,872
Fehler	2,060	33	,062			
Gesamt	2239,196	288				
Korrigierte Gesamtvariation	130,306	287				

a. R-Quadrat = ,984 (korrigiertes R-Quadrat = ,862)

Tabelle 23: Varianzanalyse für KLA mit den Faktoren KE und QM und der Kovariate TA

Die Ergebnisse einer zweifaktoriellen univariaten Varianzanalyse für die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten (KLA) mit den Faktoren QM und KE und den Kovariaten TA und AU zeigen, dass in diesem Modell die Varianz der abhängigen Variable KLA zu 98,4% aufgeklärt werden kann (vgl. Tab. 23). Die Erklärungsanteile der beiden Faktoren QM und KE sowie des Interaktionsfaktors QM*KE liegen zwischen 87,2 und 92,9%; ihre Einflüsse sind hochsignifikant. Nicht signifikant sind die Einflüsse der beiden Kovariaten AU und TA.

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: AU

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	105,268 ^a	193	,545	6,852	,000	,927
Konstanter Term	853,067	1	853,067	10716,115	,000	,990
KE	12,804	53	,242	3,035	,000	,607
TA	8,538	28	,305	3,831	,000	,508
KE * TA	12,805	111	,115	1,449	,028	,607
Fehler	8,279	104	,080			
Gesamt	2522,066	298				
Korrigierte Gesamtvariation	113,547	297				

a. R-Quadrat = ,927 (korrigiertes R-Quadrat = ,792)

Tabelle 24: Varianzanalyse für AU mit den Faktoren KE und TA

Im Modell (Variante 4) wird angenommen, dass sich das Autonomieerleben aus den beiden Faktoren KE und TA erklären lässt. Die Ergebnisse einer entsprechenden zweifaktoriellen Varianzanalyse für AU mit den Faktoren KE und TA ergibt eine Varianzerklärung von 92,7% und einen hochsignifikanten Einfluss der Faktoren TA und KE auf die abhängige Variable AU mit Einzel-Erklärungsanteilen von 50,8 und 60,7%. Der Interaktionsfaktor KE*TA ist noch immer signifikant (mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,8%) und klärt alleine 60,7% der Varianz auf (vgl. Tab. 24).

5.3 Motivationale Dispositionen und Erfolgzuschreibung

Hypothese H10: Schüler/innen mit niedrigen Einschätzungen der eigenen Lernmotivation und kognitiven Lernaktivitäten schreiben im Vergleich zu Lernenden, die über höhere Lernmotivation und tiefer gehende kognitive Lernprozesse berichten, ihren Lernerfolg im Vergleich zu Lernenden, die über eine höhere Lernmotivation und tiefer gehende Lernprozesse berichten, eher den Lernprogrammen als ihren eigenen Fähigkeiten zu.

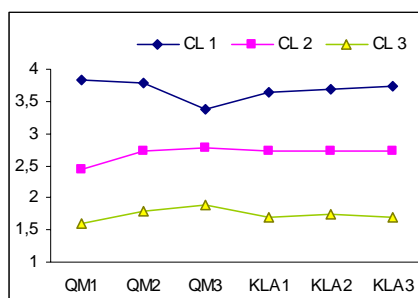


Abbildung 25: Cluster „Motivationale Dispositionen“

Aus dem Datenmaterial lassen sich die Schüler/innen in Bezug auf die motivationalen und kognitiven Merkmale (QM1, QM2, QM3, KLA1, KLA2 und KLA3) zu drei Gruppen zusammenfassen (vgl. Abb. 25).

In CL 1 befinden sich 14,3% der Schüler/innen (31 Burschen und 12 Mädchen). Sie weisen bei allen Dimensionen der Lernmotivation und der Lernaktivitäten sehr hohe Einschätzungen auf. Die niedrigste Einschätzung erreichen sie beim kompetitiven Lernen QM3. Den Lernerfolg schreiben die Schüler/innen dieser Gruppe etwa in gleichem Maße den Lernprogrammen EZ1, ihrer eigenen Anstrengung EZ2 und ihren eigenen Fähigkeiten EZ3 zu (vgl. Abb. 26).

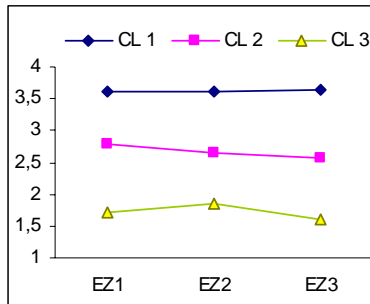


Abbildung 26: Erfolgsszuschreibung

108 Burschen und 102 Mädchen (= 70,3 % aller Schüler/innen) befinden sich in Gruppe CL 2. Sie weisen deutlich niedrigere Werte bei allen Skalen auf. Ihren Lernerfolg schreiben diese Schüler/innen eher den Lernprogrammen als ihrer eigenen Anstrengung sowie ihren eigenen Fähigkeiten zu. In Gruppe CL 3 befinden sich 26 Burschen und 20 Mädchen; das sind 15,4% aller Schüler/innen. Sie weisen sehr niedrige Werte bei der Einschätzung ihrer motivationalen Dispositionen und kognitiven Aktivitäten auf, wobei ihre Lernmotivation noch am stärksten auf dem kompetitiven Lernen beruht. Sie schreiben ihren Lernerfolg auch eher ihrer eigenen Anstrengung als den Lernprogrammen und ihren eigenen Fähigkeiten zu.

Tests der Zwischensubjekteffekte							
Quelle	Abh. Var.	Quadratsumme vom Typ	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	EZ1	74,025 ^a	2	37,013	95,136	,000	,410
	EZ2	65,052 ^b	2	32,526	69,203	,000	,336
	EZ3	87,577 ^c	2	43,788	100,876	,000	,424
Konstanter Term	EZ1	1220,449	1	1220,449	3137,004	,000	,920
	EZ2	1225,965	1	1225,965	2608,425	,000	,905
	EZ3	1125,003	1	1125,003	2591,697	,000	,904
CLU3_5	EZ1	74,025	2	37,013	95,136	,000	,410
	EZ2	65,052	2	32,526	69,203	,000	,336
	EZ3	87,577	2	43,788	100,876	,000	,424

a. R-Quadrat = ,410 (korrigiertes R-Quadrat = ,406)
b. R-Quadrat = ,336 (korrigiertes R-Quadrat = ,331)
c. R-Quadrat = ,424 (korrigiertes R-Quadrat = ,420)

Tabelle 25: Multivariate Varianzanalyse EZ / Cluster

Eine Varianzanalyse (vgl. Tab. 25) zeigt, dass die Mittelwertsunterschiede für die Skalen EZ1, EZ2 und EZ3 in Bezug auf die drei Cluster alle hochsignifikant sind, aber nur einen sehr geringen Anteil der Varianz (EZ1: 41%, EZ2: 33,6% und EZ3: 42,4%) erklären können. Die unabhängige Variable CLU3_5 ist durchaus geeignet einen Teil der Unterschiede in der Selbsteinstufung der Erfolgsszuschreibung vorherzusagen, ein erheblicher Teil der beobachteten Unterschiede bleibt aber im vorliegenden Modell unerklärt.

Auch mit Einbeziehung weiterer Kovariaten (Selbstregulation, Selbstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartung) lässt sich der Erklärungsanteil kaum über 50% anheben. Die Hypothese H10 kann daher nicht bestätigt werden.

Um die Wirkung der Einschätzungen zur Lernmotivation und zu den Lernaktivitäten auf die Erfolgsszuschreibung zu untersuchen, wurde jeweils eine univariate Varianzanalyse mit den abhängigen Variablen EZ1, EZ2 und EZ3, mit den festen Faktoren QM und KLA und mit den Kovariaten TA, AU und KE durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 26 bis 28 dargestellt.

Tests der Zwischensubjekteffekte						
Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadr.	F	Signif.	Partielles Eta-Quadrat
Korr. Modell	184,932 ^a	246	,752	34,015	,000	,995
Konstanter Term	1,320	1	1,320	59,736	,000	,599
AU	,047	1	,047	2,126	,153	,050
TA	,009	1	,009	,420	,521	,010
KE	,100	1	,100	4,534	,039	,102
QM	51,815	131	,396	17,897	,000	,983
KLA	22,477	40	,562	25,425	,000	,962
QM * KLA	18,285	65	,281	12,729	,000	,954

a. R-Quadrat = ,995 (korrigiertes R-Quadrat = ,966)

Tabelle 26: ALM für EZ1 / QM&KLA (TA, KE, AU)

Wie die Ergebnisse in Tab. 26 zeigen, ist der Einfluss der erklärenden Variablen QM und KLA sowie deren Interaktionseffekt hochsignifikant für die Erfolgseinschätzung EZ1. D.h. Schüler/innen, die sich motiviert erleben und die ihre kognitiven Lernaktivitäten hoch einschätzen, geben an, dass die Lernprogramme sie beim Verstehen gut weitergebracht haben und dass sie mit den Lernprogrammen viel dazu gelernt haben. Insgesamt können 99,5% der Varianz der Variable EZ1 durch dieses Modell erklärt werden. Die Erklärungsanteile der festen Faktoren sind mit Werten zwischen 0,95 und 0,98 ebenfalls sehr hoch. Noch immer signifikant ist auch die Kovariate KE mit einem Erklärungsanteil von 10,2%, d.h. Schüler/innen, die sich beim Lernen in der computerunterstützten Lernumgebung in ihrer Kompetenz unterstützt fühlen, schreiben ihren Lernerfolg eher den Lernprogrammen zu.

Tests der Zwischensubjekteffekte						
Abh. Var.: EZ2						
Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadr.	F	Signif.	Partielles Eta ²
Korr. Modell	195,425 ^a	245	,798	8,812	,000	,982
Konstanter Term	2,192	1	2,192	24,215	,000	,377
TA	,946	1	,946	10,452	,002	,207
AU	,345	1	,345	3,814	,058	,087
KE	1,522	1	1,522	16,814	,000	,296
QM	53,902	131	,411	4,545	,000	,937
KLA	24,992	40	,625	6,902	,000	,873
QM * KLA	28,858	64	,451	4,981	,000	,889
Fehler	3,621	40	,091			
Gesamt	2256,000	286				
Korr.	199,045	285				

a. R-Quadrat = ,982 (korrigiertes R-Quadrat = ,870)

Tabelle 27: ALM für EZ2 / QM&KLA (TA, KE, AU)

Tests der Zwischensubjekteffekte						
Abh.Var.: EZ3						
Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadr.	F	Signif.	Partielles Eta ²
Korr. Modell	211,343 ^a	247	,856	10,367	,000	,985
Konst. Term	1,774	1	1,774	21,494	,000	,350
TA	,118	1	,118	1,433	,238	,035
AU	,024	1	,024	,285	,596	,007
KE	,550	1	,550	6,663	,014	,143
QM	61,729	131	,471	5,709	,000	,949
KLA	14,335	40	,358	4,342	,000	,813
QM * KLA	26,826	66	,406	4,924	,000	,890
Fehler	3,302	40	,083			
Gesamt	2123,750	288				
Korr.	214,645	287				

a. R-Quadrat = ,985 (korrigiertes R-Quadrat = ,890)

Tabelle 28: ALM für EZ3 / QM&KLA (TA, KE, AU)

Für Schüler/innen, die ihren Lernerfolg eher auf ihre eigene Anstrengung zurückführen, gewinnen die Einschätzungen der Tätigkeitsanreize und die Kompetenzunterstützung durch die neuen Technologien und digitalen Medien an Bedeutung. Die Schüler/innen sind mit ihren Lernergebnissen zufrieden oder es fielen ihnen die Aufgaben leicht, da sie sich angestrengt haben und durch die Lernumgebung zu explorierenden Tätigkeiten angeregt bzw. in ihrer Kompetenz unterstützt wurden. Die Einflüsse der Variablen TA und KE sind hochsignifikant und haben zusammen einen Erklärungsanteil von mehr als 50%. Insgesamt werden durch das Modell 98,2% der Varianz der abhängigen Variable EZ2 erklärt. Den höchsten Erklärungsanteil haben aber noch immer die Einschätzung der Lernmotivation und der Lernaktivitäten sowie deren Interaktionseffekt.

Für Schüler/innen, die ihre Lernerfolge auf ihre eigenen Fähigkeiten zurückführen, verlieren die Einflüsse der Lernumgebung an Bedeutung. Schüler/innen, die ihren Lernerfolg ihren eigenen Fähigkeiten zuschreiben, berichten, dass sie die Aufgaben leicht bewältigt haben, da sie das einfach können und dass sie sich nicht anstrengen mussten, da die Aufgaben leicht waren.

Weiterhin bleiben die Einflüsse ihrer Einschätzung von Lernmotivation und Lernaktivitäten auf die Zuschreibung des Lernerfolgs mit Erklärungsanteilen von 81% bis etwa 95% bedeutend und hochsignifikant.

6. Diskussion

Die inhaltliche, theoretische und methodische Diskussion der Ergebnisse der vorliegenden Studie geschieht nach folgender Gliederung: Zuerst werden im Kapitel 6.1 die zentralen Befunde dieser Arbeit vor dem theoretischen Hintergrund inhaltlich zusammengefasst und diskutiert. Im Anschluss daran werden in Kapitel 6.2 offene Fragen zusammengefasst, Überlegungen zur Nutzung der Erkenntnisse für die pädagogische Praxis angestellt und Vorschläge für weitere Forschungsvorhaben dargelegt.

6.1 *Besprechung und Interpretation der Ergebnisse*

Die hier vorgestellte Studie stellt eine Begleitforschung zu ausgewählten IMST Projekten zum Lehren und Lernen von Physik mit neuen Medien dar. Mit dieser Arbeit wurden differenzierte Fragebogenverfahren und Systemmodellierungen entwickelt, erprobt und angewandt. Es wird der Einfluss von computerunterstützten Lernumgebungen auf die Qualität der Lernmotivation und die Entwicklung verstehensorientierter Lernprozesse untersucht. Die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten werden aus der Sicht der Schüler/innen erfasst, d.h. der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Perspektive der Schüler/innen und die Untersuchung bezieht sich a) auf die Einschätzung individueller Lernvoraussetzungen, b) auf Einschätzungen unterrichtlicher Lernbedingungen, sowie c) auf erlebte kognitive und motivationale Prozesse beim Lernen.

Der Einfluss der computerunterstützten Lernumgebung wird dann als förderlich betrachtet, wenn sich auf der empirischen Datenbasis ein positiver Zusammenhang zwischen den berichteten individuellen Wahrnehmungen der Lernumgebungen und den aus den Einschätzungen der Schüler/innen rekonstruierten motivationalen und kognitiven Lernprozessen herstellen lässt. Bei der Erfassung der Lernmotivation werden hauptsächlich Aspekte der Entwicklung von Sachinteresse und Hinweise für eine intrinsisch bedingte intensive Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben sowie auch Aktivitäten zum kompetitiven Lernen im Sinne von „sozial-vergleichender“ Leistungsmotivation berücksichtigt.

Zur Beantwortung der Fragestellungen und der Überprüfung der Hypothesen H1 bis H10 wurden mit SPSS verschiedene Clusteranalysen, entsprechende Varianzanalysen und mit AMOS verschiedene Kausalanalysen durchgeführt.

6.1.1 **Rekonstruktion motivationaler und kognitiver Prozesse aus individuellen Merkmalen**

Insgesamt wurden in Kap. 5.1 drei Fragestellungen verfolgt:

- Lassen sich Unterschiede zwischen den Lernenden im Hinblick auf die berichteten motivationalen und kognitiven Lernaktivitäten beim Lernen von Physik in einer computerunterstützten Lernumgebung rekonstruieren und welche Rolle spielen individuelle Voraussetzungen für die im Unterrichtsprozess aktualisierten motivationalen und kognitiven Prozesse?
- Können die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten aus den Komponenten Selbstregulation, Fähigkeitsselbstkonzept, subjektiver Aufgabenwert und Erfolgserwartung vorhergesagt werden?
- Inwieweit unterscheiden sich die Einschätzungen der Lernenden in Bezug auf ihr Geschlecht und die Muttersprache?

Zusammenfassung: Es lassen sich Unterschiede zwischen den Lernenden im Hinblick auf die berichteten motivationalen und kognitiven Lernaktivitäten beim Lernen von Physik in einer computerunterstützten Lernumgebung rekonstruieren. Selbstregulation, Fähigkeitsselbstkonzept, Erfolgserwartung und subjektiver Aufgabenwert der Lernenden beeinflussen die im Unterrichtsprozess aktualisierten motivationalen und kognitiven Prozesse. Dabei können eine hohe computerspezifische Selbstwirksamkeitserwartung und ein hohes computerspezifisches Selbstkonzept niedrigere Ausprägungen der fachspezifischen Ergebniserwartung und des fachspezifischen Selbstkonzepts kompensieren. Die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten können allerdings alleine aus den Komponenten Selbstregulation, Fähigkeitsselbstkonzept, subjektiver Aufgabenwert und Erfolgserwartung für die betrachtete Stichprobe nicht vorhergesagt werden. Signifikante aber sehr kleine und daher für die Varianzerklärung und das Gesamtmodell wenig relevante Unterschiede zwischen Mädchen und Burschen sowie zwischen Schülern/innen mit deutscher und nichtdeutscher Muttersprache lassen sich eher auf individuelle Lernvoraussetzungen zurückführen als auf die unterschiedliche Wahrnehmung der computerunterstützten Lernumgebung.

Einfluss von Selbstregulation und Fähigkeitsselbstkonzept auf Lernprozesse

Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden im Bereich Selbstregulation und Fähigkeitsselbstkonzept drei Gruppen (29,6%, 36,4% und 34%) von Schülern/innen differenziert:

Gruppe 1: Lernende, die sich beim Lernen eigene Ziele setzen, die ihre schulische Leistungsfähigkeit selbst hoch einschätzen und die über ein sehr hohes fachspezifisches und computerspezifisches Selbstkonzept berichten, erleben sich in der computerunterstützten Lernumgebung überdurchschnittlich motiviert und berichten auch über hohe Ausprägungen ihrer Lernaktivitäten. Ihren Lernerfolg schreiben sie eher ihren eigenen Anstrengungen zu als ihren Fähigkeiten und den Lernprogrammen.

Gruppe 2: Lernende, die sich beim Lernen noch eher eigene Ziele setzen, die sich in Bezug auf ihr schulisches Selbstkonzept noch überdurchschnittlich einschätzen, die aber in Kontrast zu ihrem sehr niedrigen fachspezifischen Fähigkeitsselbstbild ein sehr hohes computerspezifisches Selbstkonzept aufweisen, berichten in höherem Maße als die erste Gruppe, dass sie in der computerunterstützten Lernumgebung dazu angeregt werden, mehr und konzentrierter zu lernen, sich mehr anzustrengen und dass ihnen das Lernen von Physik leichter fällt. Sie schätzen auch ihre vertiefenden Lernaktivitäten etwas höher ein als das reine Nachvollziehen. Ihren Lernerfolg schreiben sie in erster Linie den Lernprogrammen zu.

Gruppe 3: Lernende, die bei den einzelnen Dimensionen überwiegend unterdurchschnittliche Einschätzungen aufweisen, berichten über sehr niedrige und ebenfalls durchgehend unterdurchschnittliche Ausprägungen bei der Lernmotivation und den Lernaktivitäten, schreiben aber den Lernerfolg noch am ehesten den Lernprogrammen zu.

Einfluss der Erfolgserwartung auf Lernprozesse

Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden im Bereich Erfolgserwartung (Selbstwirksamkeitserwartung und Ergebniserwartung) drei Gruppen (18,7%, 42,2% und 39,1%) von Schülern/innen differenziert:

Gruppe 1: Lernende, die sich auch die Lösung schwieriger physikalischer Aufgaben zutrauen, und die sowohl bei der computerspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung wie auch bei der fachspezifischen Ergebniserwartung hohe Werte aufweisen, die aber nicht davon überzeugt sind, dass sie mit dem Computer gute Ergebnisse erzielen werden, weisen bei allen Einschätzungen zur Lernmotivation und zu den Lernaktivitäten hohe Werte auf.

Gruppe 2: Schüler/innen, die von ihrer fachspezifischen Selbstwirksamkeit und noch mehr von ihrer computerspezifischen Selbstwirksamkeit überzeugt sind, die eine sehr hohe computerspezifische Ergebniserwartung aber eine etwas unterdurchschnittliche fachspezifische Ergebniserwartung aufweisen, berichten in etwa in gleichem Ausmaß, wie die Lernenden aus Gruppe 1 über Lernmotivation und Lernaktivitäten.

Gruppe 3: Lernende, deren Einschätzungen zur computerspezifischen und mehr noch zur fachspezifischen Selbstwirksamkeit wie auch zur fachspezifischen Ergebniserwartung deutlich unterdurchschnittlich sind, die aber über eine hohe computerspezifische Ergebniserwartung verfügen, berichten über sehr niedrige und ebenfalls durchgehend unterdurchschnittliche Ausprägungen bei der Lernmotivation und den Lernaktivitäten.

Einfluss des subjektiven Aufgabenwerts auf Lernprozesse

Basierend auf dem erweiterten kognitiven Motivationsmodell von Eccles wurde auch der Einfluss des subjektiven Aufgabenwerts auf die Ausprägung der Einschätzungen zu Lernmotivation und Lernaktivitäten untersucht. Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden im Bereich subjektiver Aufgabenwert (Fachspezifischer Zielerreichungswert und Anstrengung) drei Gruppen (41,4%, 25% und 33,6%) von Schülern/innen differenziert. Es zeigt sich, dass Schüler/innen, die durch die Lernaufgaben mehr herausgefordert werden, sich beim Lernen daher mehr anstrengen und die mit mehr Freude und zielorientierter Lernen, auch über höhere Ausprägungen der Lernmotivation und der Lernaktivitäten berichten.

Die Ergebnisse verschiedener durchgeführter Varianzanalysen zeigen, dass (1) die Qualität der Lernmotivation und die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten mit Hilfe der Faktoren Selbstregulation und Fähigkeitsselbstkonzept nur sehr bedingt vorausgesagt werden können und dass (2) in Übereinstimmung mit theoretischen Annahmen die Erfolgserwartung und der subjektive Aufgabenwert als wichtige Prädiktoren für die Entwicklung von Lernmotivation und kognitiven Lernaktivitäten zu berücksichtigen sind.

Die abschließende Überprüfung eines Strukturgleichungsmodells, das auf dem erweiterten kognitiven Motivationsmodell von Eccles basiert, zeigt allerdings, dass die auf Basis des theoretisch fundierten Hypothesensystems aufgestellten Beziehungen mit dem Datenmaterial nicht übereinstimmen. D.h., das aufgestellte Modell entspricht nicht den Anforderungen globaler Gütemaße. Das bedeutet, dass die Qualität der Lernmotivation und die Ausprägung der kognitiven Lernaktivitäten für die vorliegende Stichprobe nicht alleine aus den Merkmalen der Person vorhergesagt werden können.

6.1.2 Profile unterschiedlicher Wahrnehmungen der Lernumgebung

Insgesamt wurden in Kap. 5.2 zwei Fragestellungen verfolgt:

- Welche Rolle spielen individuelle Voraussetzungen der Schüler/innen für die Wahrnehmung der Lernsituation in der computerunterstützten Lernumgebung und welche Profile unterschiedlicher Wahrnehmungen lassen sich unterscheiden?
- Gibt es Anzeichen für einen positiven Einfluss der computerunterstützten Lernumgebung auf die Entwicklung motivationaler und kognitiver Lernprozesse bzw. Können die Ausprägungen der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten aus den postulierten lern- und motivationsförderlichen Einflussfaktoren der Lernumgebung (Kompetenzerleben, Tätigkeitsanreize und Autonomieunterstützung) abgeleitet werden?

Zusammenfassung: Es lassen sich in den untersuchten Unterrichtsklassen drei Gruppen von Schülern/innen finden, die sich hinsichtlich ihres Ausmaßes an berichteten Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung unterscheiden. Schüler/innen, die in hohem Maße berichten, dass sie in der computerunterstützten Lernumgebung selbstständiger und selbst bestimmter lernen können, dass sie zur Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben angeregt werden und dass sie in ihrer Kompetenz unterstützt werden, haben auch ein höheres Fähigkeitsselbstkonzept, eine höhere Erfolgserwartung, einen höheren Aufgabenwert und auch eine höhere Qualität der Lernmotivation und der Lernaktivitäten als Schüler/innen, die durch die computerunterstützte Lernumgebung nicht angeregt werden. Die Qualität der Lernprozesse wird in hohem Maße durch die Ermöglichung selbsttätigen Arbeitens in der Lernumgebung beeinflusst, d.h. Kompetenzerleben und Autonomieunterstützung begünstigen sowohl die Entwicklung der Lernmotivation als elaborierende und vertiefende Lernprozesse. Die Tätigkeitsanreize führen für sich alleine weder zu einer erhöhten Lernmotivation noch zu vertiefenden Lernprozessen.

Mit einer Clusteranalyse können in Bezug auf die Wahrnehmung der Lernumgebung (Tätigkeitsanreize, Autonomieunterstützung, Kompetenzerleben) drei Gruppen (39,1%, 31,5%, 29,4%) von Schülern/innen differenziert werden.

Die Schüler/innen aus Gruppe 1, die in hohem Maße (Mittelwerte 3 bis 3,5 auf einer Skala von 1 bis 4) berichten, dass sie sich (1) in der computerunterstützten Lernumgebung selbstständig Ziele setzen dürfen, dass sie (2) unter verschiedenen Lernwegen auswählen können, dass sie sich (3) in ihren Kompetenzen herausgefordert fühlen, dass (4) ihr Interesse geweckt und ihre Fantasie angeregt wird, dass sie (5) eigenen Fragen nachgehen können und dass sie (6) mit den Rückmeldungen des Computers ihre Lernergebnisse selbst überprüfen können, sind auch jene Schüler/innen, die sich beim Lernen eigene Ziele setzen, die mit einem hohen Fähigkeitsselbstkonzept ausgestattet sind, die eine hohe Erfolgserwartung und einen hohen subjektiven Aufgabenwert aufweisen und die über hohe Einschätzungen der Lernmotivation und der Lernaktivitäten berichten.

Schüler/innen aus Gruppe 3, die alle Komponenten der Lernumgebung als deutlich unterdurchschnittlich einschätzen, sind auch jene Schüler/innen, die sich beim Lernen von Physik keine eigenen Ziele setzen, deren schulisches Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung sowie subjektiver Aufgabenwert generell niedrig sind, und die im Endergebnis nur sehr unterdurchschnittliche Werte bei der Qualität der Lernmotivation und bei den Lernaktivitäten aufweisen.

Die Einschätzungen der Schüler/innen sind weitgehend unabhängig von der spezifischen Art des Computereinsatzes; d.h. ob Sensoren, Computerprogramme oder beides eingesetzt wurden, hat keinen signifikanten Einfluss auf die Einschätzung der Schüler/innen.

Mit Hilfe mehrerer Modellrechnungen zu Kausalanalysen konnte schrittweise gezeigt werden, dass die berichteten Unterschiede bei der Einschätzung der Qualität der Lernmotivation und der Ausprägung der Lernaktivitäten am besten alleine aus der Wahrnehmung der computerunterstützten Lernumgebung vorhergesagt werden können.

6.1.3 Motivationale Dispositionen und Erfolgzuschreibung

In Kap. 5.3 ging es um die beiden Fragen:

- Kann die Erfolgzuschreibung aus den Einschätzungen der motivationalen und kognitiven Lernprozesse vorhergesagt werden?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Wahrnehmungen der Lernumgebung, der Qualität der motivationalen und kognitiven Prozesse und der Erfolgzuschreibung?

Zusammenfassung: Die Erfolgzuschreibung kann alleine aus den Einschätzungen der motivationalen und kognitiven Lernprozesse und auch unter Einbeziehung der individuellen Lernvoraussetzungen nur unzureichend vorher gesagt werden. Erst die Einbeziehung der individuellen Wahrnehmungen der Lernumgebung ermöglicht die Konstruktion eines brauchbaren Modells zur Vorhersage der Erfolgzuschreibung.

Mit Hilfe einer Clusteranalyse lassen sich in Bezug auf die Qualität der Lernmotivation und der kognitiven Lernaktivitäten deutlich drei Gruppen von Schülern/innen differenzieren, die sich auch bei den Einschätzungen der Erfolgzuschreibung signifikant unterscheiden. Die Hypothese H10, der zufolge niedriger motivierte Lerner/innen ihren Erfolg eher den Lernprogrammen als ihren eigenen Fähigkeiten zuschreiben, kann aber nicht bestätigt werden, da eine Varianzanalyse zwar ausweist, dass die Mittelwertsunterschiede in Bezug auf die drei Gruppe für alle Dimensionen der Erfolgzuschreibung hochsignifikant sind, aber nur einen geringen Teil der Varianz (höchstens 42,6%) erklären können. Auch das Einbeziehen personaler Merkmale wie Selbstregulation, Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung) können den Erklärungsanteil kaum über 50% anheben.

Hingegen zeigt sich, dass sich, bei Einbeziehung der individuellen Wahrnehmungen der computerunterstützten Lernumgebung als Kovariate in der Varianzanalyse, die Erfolgzuschreibung dann in Abhängigkeit der beiden Faktoren Qualität der Lernumgebung und Lernaktivitäten mit einem hohen Varianzerklärungsteil von bis zu 99,5% vorher sagen lässt. Schüler/innen, die den Lernerfolg eher den Lernprogrammen zuschreiben, fühlen sich beim Lernen in der computerunterstützten Lernumgebung in ihrer Kompetenz unterstützt und berichten, dass sie die Lernprogramme beim Verstehen gut weitergebracht haben und dass sie mit den Lernprogrammen viel dazu gelernt haben. Für Schüler/innen, die ihren Lernerfolg eher auf ihre eigene Anstrengung zurückführen, gewinnen neben dem Kompetenzerleben auch die Tätigkeitsanreize an Bedeutung, d.h. ob und wie sie durch die neuen Technologien und digitalen Medien zu explorierenden Aktivitäten angeregt wurden. Wenn Schüler/innen ihre Lernerfolge auf ihre eigenen Fähigkeiten zurückführen, verlieren die Einflüsse der Lernumgebung an Bedeutung.

6.2 Diskussion möglicher Implikationen und Anschlussfragen

Aus den Befunden der Studie lässt sich ableiten, dass computerunterstützter Physikunterricht eher die Lernmotivation und kognitiven Lernaktivitäten jener Schüler/innen fördert, die von vornherein schon sehr gute Eingangsbedingungen aufweisen und dass Schüler/innen mit einem sehr niedrigeren Fähigkeitsselbstbild, einem geringeren subjektiven Aufgabenwert und sehr niedriger Erfolgserwartung die Lerngelegenheiten der computerunterstützten Lernumgebung nicht nutzen, ja vielleicht gar nicht erkennen. Es zeigt sich aber auch, dass Schüler/innen mit einem höchstens mittelmäßigen Fähigkeitsselbstbild, einem mittelmäßigen subjektiven Aufgabenwert, aber einer hohen computerspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung und einer hohen computerspezifischen Ergebniserwartung die Lernumgebung selbst als sehr förderlich wahrnehmen und über etwa gleich hohe Ausprägungen der Lernmotivation und Lernaktivitäten berichten, wie Schüler/innen mit generell höheren motivationalen Eingangsbedingungen. Diese Schüler/innen (ca. 37%) schreiben ihren Erfolg auch mehr den Lernprogrammen zu als ihren eigenen Fähigkeiten, d.h. das sind jene Schüler/innen, die durch die computerunterstützte Lernumgebung wahrscheinlich am meisten gefördert werden und die auch selbst davon überzeugt sind, dass sie das Lernen mit dem Computer weiterbringt, die also auch eine positive Einstellung gegenüber dem computerunterstützten Lernen haben. Es sind jene Schüler/innen, die in einer höheren Ausprägung als Schüler/innen mit den höchsten Eingangsvoraussetzungen berichten, dass sie sich selbst beweisen wollen, dass sie es können, dass sie sehen wollen, was sie schaffen können, dass sie auf ihre Leistungen stolz sein wollen, und die trotz sehr niedrigem fachspezifischen Selbstkonzept in gleich hoher Ausprägung wie Schüler/innen mit den höchsten Eingangsvoraussetzungen berichten, dass

sie beim Lernen mit dem Computer sogar mehr Freude und Interesse am Fach Physik haben, durch die Lernumgebung stärker zum Lernen herausgefordert werden und sich auch mehr anstrengen.

Immerhin 34% der Schüler/innen, das sind jene, die bei allen Eingangsvoraussetzungen mit Ausnahme des computerspezifischen Selbstkonzepts und der computerspezifischen Ergebniserwartung sehr niedrige Einschätzungen aufweisen, nehmen in der Lernumgebung auch nur die Tätigkeitsanreize wahr und berichten nur über sehr niedrige Ausprägungen der Lernmotivation und der Lernaktivitäten.

Für die pädagogische Praxis könnten aus den Befunden der Studie Empfehlungen zum motivations- und lernförderlichen Einsatz des Computers im Physikunterricht abgeleitet werden: Wenn Schüler/innen sich in ihrer Kompetenz und Autonomie unterstützt fühlen, steigt ihre Lernmotivation und die Qualität der Auseinandersetzung mit den Lerninhalten. Für Schüler/innen mit sehr niedrigen individuellen motivationalen Eingangsvoraussetzungen müssen wahrscheinlich zusätzlich zu den Tätigkeitsanreizen, die das Medium ohnehin schon liefert, Unterstützungs- und Orientierungsmaßnahmen geschaffen werden, damit sie selbstständig arbeiten können, sich kompetent und selbst bestimmt erleben können und zur intensiven Auseinandersetzung mit den Lerninhalten angeregt werden. Schüler/innen mit sehr hohen individuellen Eingangsvoraussetzungen könnten vielleicht durch anspruchsvolle und offene problemorientierte Lernaufgaben in der Lernumgebung auch noch mehr zum explorativen Arbeiten herausgefordert werden.

Aus fachdidaktischer Perspektive erscheint es wichtig, dass sich Lehrer/innen mit dem jeweiligen möglichen pädagogischen Mehrwert des geplanten Medieneinsatzes auseinandersetzen, bevor der konkrete methodisch-didaktische Einsatz geplant wird und darauf basierend die Frage, wie Schüler/innen zum eigenständigen Arbeiten in der computerunterstützten Lernumgebung angeleitet werden und was sie überhaupt dort lernen sollen, in den Blick genommen wird.

Aus der Forschungsperspektive ergeben sich neben der Frage, inwiefern die vorgestellten Befunde in weiteren Studien repliziert werden können, weitere Anknüpfungspunkte für Folgeuntersuchungen, die z. B. entweder Wechselwirkungen und komplexere Zusammenhänge verschiedener motivationaler Komponenten mit schulleistungsbezogenen Variablen oder weitere Erkenntnisse zu fach- und inhaltsbereichsbezogenen bis hin zu unterrichtssituationsbezogenen motivationalen Variablen betreffen.

7. Verzeichnisse

7.1 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung	9
Tabelle 2: Skalen zur Erfassung der direkten Personenmerkmale.....	11
Tabelle 3: Skalen zur Erfassung der Qualität der Lernmotivation und der Lernaktivitäten.....	11
Tabelle 4: Skalen zur Wahrnehmung der Lernumgebung	12
Tabelle 5: Skalen zur Erfassung des subjektiven Aufgabenwerts und der Erfolg-zuschreibung.....	14
Tabelle 6: Werte aus der deskriptiven Analyse personenbezogener Variablen.....	15
Tabelle 7: Werte aus der deskriptiven Analyse von Variablen zur computerunterstützten Lernumgebung.....	15
Tabelle 8: Korrelationen zwischen ausgewählten Variablen	15
Tabelle 9: Multivariate Varianzanalyse für QM und KLA / individuelle Voraussetzungen.....	17
Tabelle 10: Deskriptive Statistiken (Muttersprache Deutsch)	18
Tabelle 11: ANOVA (Muttersprache Deutsch).....	18
Tabelle 12: Varianzanalyse QM&KLA mit den Faktoren Selbstwirksamkeits- und Erfolgserwartung.....	19
Tabelle 13: Varianzanalyse für QM & KLA mit den Faktoren zum Konstrukt „Subjektiver Aufgabenwert“.....	20
Tabelle 14: Deskriptive Maßzahlen für eine einfaktorielle ANOVA mit dem Faktor „Geschlecht“.....	21
Tabelle 15: Ergebnisse einer einfaktoriellen ANOVA mit dem Faktor „Geschlecht“.....	22
Tabelle 16: Skalenmittelwerte in Abhängigkeit der Clusterzuordnung.....	23
Tabelle 17: ANOVA für LU / Cluster.....	23
Tabelle 18: ANOVA für SR & SK.....	24
Tabelle 19: ANOVA für EW & EZ.....	24
Tabelle 20: ANOVA für QM & KLA.....	25
Tabelle 21: Beurteilung der Gesamtstruktur der einzelnen Modellvarianten.....	26
Tabelle 22: Varianzanalyse für QM mit den Faktoren KE und AU und der Kovariate TA.....	29
Tabelle 23: Varianzanalyse für KLA mit den Faktoren KE und QM und der Kovariate TA.....	29
Tabelle 24: Varianzanalyse für AU mit den Faktoren KE und TA.....	30
Tabelle 25: Multivariate Varianzanalyse EZ / Cluster.....	31
Tabelle 26: ALM für EZ1 / QM&KLA (TA, KE, AU).....	31
Tabelle 27: ALM für EZ2 / QM&KLA (TA, KE, AU).....	32
Tabelle 28: ALM für EZ3 / QM&KLA (TA, KE, AU).....	32

7.2 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Personale Voraussetzungen.....	16
Abbildung 2: Unterschiede zwischen den Klassen	17
Abbildung 3: Motivationale und kognitive Dispositionen.....	17
Abbildung 4: Erfolg-zuschreibung.....	17
Abbildung 5: Mittelwertunterschiede zwischen Schülern/innen differenziert nach „Muttersprache Deutsch“.....	18
Abbildung 6: Clusteranalyse Erfolgserwartung	19
Abbildung 7: Motivationale und kognitive Aktivitäten.....	19
Abbildung 8: Subjektiver Aufgabenwert.....	20
Abbildung 9: Unterschiede zwischen Burschen und Mädchen bei den Einschätzungen zu ausgewählten Konstrukten	21
Abbildung 10: Einschätzung der Lernumgebung.....	21
Abbildung 11: Modellierung von QLM und KLA aus Personenmerkmalen	22
Abbildung 12: Cluster-Mittelwerte	23
Abbildung 13: Personenmerkmale	24
Abbildung 14: Cluster / Klasse.....	24
Abbildung 15: Cluster/ LU.....	24
Abbildung 16: Cluster / Note.....	24
Abbildung 17: Cluster / Schultyp.....	24
Abbildung 18: Erfolgserwartung (EW) und Erfolg-zuschreibung (EZ).....	24
Abbildung 19: QM & KLA	25
Abbildung 20: Spezifischer Computereinsatz.....	25
Abbildung 21: Modellerweiterung durch Einbeziehung der Lernumgebung.....	26
Abbildung 22: Die WLU als Prädiktor für QLM & LAK	27
Abbildung 23: Anreize & Möglichkeiten zur Selbsttätigkeit bestimmen die Qualität der Lernmotivation	27
Abbildung 24: Kompetenzunterstützendes und selbst bestimmtes Lernen fördert die Lernmotivation	28
Abbildung 25: Cluster „Motivationale Dispositionen“.....	30
Abbildung 26: Erfolg-zuschreibung.....	31

8. Literatur

- BAUMERT, J. ET AL. (2004). Mathematikunterricht aus Sicht der PISA-Schülerinnen und Schüler und ihrer Lehrkräfte. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.). PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in DEUTSCHLAND – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster: Waxmann, 314-354.
- BAUMGARTNER, P. (2002). Pädagogische Anforderungen für die Bewertung und Auswahl von Lernsoftware. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 427-442.
- BLÖMECKE, S. (2003). Lehren und Lernen mit neuen Medien. In: Unterrichtswissenschaft (Weinheim) 31, 1, S. 57-82.
- BRUNER, J.S. (1973). Der Akt der Entdeckung. In: NEBER, H. (Hrsg.), Entdeckendes Lernen, 15-27. Weinheim: Beltz.
- CLARK, R. (1994). Media will never influence learning. Education technology research and development, Vol. 42, No. 2, S. 21-29
- COHEN, E.G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. Review of Educational Research, 64 (1), 1-35.
- DECI, E.L. & RYAN, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39, 223-238.
- DE CORTE, E.; VERSCHAFFEL, L.; EENTWISTLE, N. & VAN MERRIENBOER, J.(2003). Powerful Learning Environments: Unravelling Basic Components and Dimensions. Amsterdam: Pergamon.
- DE JONG, T. & VAN JOOLINGEN, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, 68, 179-201.
- DÖRR, G. & STRITTMATTER, P. (2002). Multimedia aus pädagogischer Sicht. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 29-42.
- EULER, D. (2002). From connectivity to community. Elektronische Medien als Katalysator einer Kultur des selbst organisierten Lernens im Team. Universität St. Gallen. <http://www.bwpat.de> – bwp@ Ausgabe Nr. 2; ISSN 1618-8543.
- FISCHER, F.; MANDL, H. (2002). Lehren und Lernen mit neuen Medien. In: Tippelt, R. (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. Opladen: Leske&Budrich, S. 623-637.
- HAACK, J. (2002). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 127-136.
- HANNOVER, B. (2008). Lernmotivation. In Zumbach, J. & Mandl, H. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis. Ein fallbasiertes Lehrbuch (S. 169-176). Hogrefe.
- HASEBROOK, J. (2006). Multi-Media. In Rost, D.-H. (Hrsg.). Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 516-522). Weinheim: Beltz
- HELMKE, A. & WEINERT, F. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In: Weinert, F. (Hrsg.). Enzyklopädie der Psychologie. Band 3.: Psychologie des Unterrichts und der Schule. Göttingen.: Hogrefe, S. 71-176.
- HERZIG, B. (1999). Neue Lehr- und Lernformen. Lernen zwischen Instruktion und Konstruktion. Vortrag zur Eröffnung des Modellversuchs SelMa am Landesinstitut für Schule und Weiterbildung in Soest am 10.3.1999.
- HOOPER, S. & RIEBER, L.P. (1995). Teaching with Technology, In: Ornstein, A.C. (Hrsg.), Teaching: Theory into practice, 154-170, Needham Heights, MA: Allyn&Bacon.
- JONASSEN, D.H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? Educational Technology Research and Development, 39, 5-14.
- JONASSEN, D.H.; CAMPBELL, J.P. & DAVIDSON, M.E. (1994). Learning with Media. Restructuring the debate. Educational Technology Research and Development, 42 (2), 31-39.
- JONASSEN, D.H. (1996). Computers in the classroom. Mindtools for critical thinking. Columbus, OH: Prentice Hall.
- KERRES, M. (2000). Medienentscheidungen in der Unterrichtsplanung. Zu Wirkungsargumenten und Begründungen des didaktischen Einsatzes digitaler Medien. In: Bildung und Erziehung 53, 19-39.
- KERRES, M. (2001). Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. 2. Auflage. Verlag Oldenbourg. Wien - München.
- KLIMSA, P. (2002). Multimediantzung aus psychologischer und didaktischer Sicht. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 5-17.
- KOZMA, R. (1991). Learning with Media. Review of Educational Research, 61, 179-212.
- KOZMA, R. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. Education technology research and development , Vol. 42, No. 2, S. 7-19.

- KRAPP, A. (1993). Die Psychologie der Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*. 39. Jg., Nr. 2, 187-206.
- KRAPP, A. (2006). Interesse. In Rost, D.-H. (Hrsg.). *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 280-290). Weinheim: Beltz
- KRAUSE, U.-M.; STARK, R.; MANDL, H. (2003). Förderung des computerbasierten Wissenserwerbs im Bereich empirischer Forschungsmethoden durch kooperatives Lernen und eine Feedback-Maßnahme. *LMU München. Forschungsbericht 160*. Department Psychologie. Institut für Pädagogische Psychologie.
- MANDL, H.; REINMANN-ROTHMEIER, G. (2000). Lernen mit neuen Medien. *Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik*. Universität München.
- MANDL, H.; GRUBER, H. & RENKL, A. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 139-148.
- MAYER, R.E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: University Press.
- PRENZEL, M.; KRAPP, A. & SCHIEFELE, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 163-173.
- PREUSSLER, A.; SCHULZ-ZANDER, R. (2004). Selbstreguliertes und kooperatives Lernen mit digitalen Medien. *Ergebnisse qualitativer und quantitativer Untersuchungen*. Institut für Schulentwicklungsforschung. Universität Dortmund.
- PREUSSLER, A. & BAUMGARTNER, P. (2006). Qualitätssicherung in mediengestützten Lernprozessen – sind theoretische Konstrukte messbar? In: Sindler, A. (Hrsg.) et al. *Münster. Waxmann. Medien in der Wissenschaft*: 36: 73-85.
- REINHOLD, P. (2004). Zur systematischen Einbeziehung neuer Medien in den Physikunterricht. *Didaktik der Physik*. Universität Paderborn.
- REINMANN, G. & MANDL, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 613-658). Weinheim: Beltz.
- RHEINBERG, F. (2004). *Motivation*. Stuttgart. Kohlhammer.
- RHEINBERG, F. (1980). *Leistungsbeurteilung und Lernmotivation*. Motivationsforschung. Band 8. Verlag für Psychologie. Hogrefe: Göttingen.
- REUSSER, K. (2003). „E-Learning“ als Katalysator und Werkzeug didaktischer Innovation. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 21 (2). S. 176-191.
- SCHANK, R.C. (1994). Active Learning through Multimedia. In *IEEE*, Spring 1994, 1 (1), 69-78.
- SCHIEFELE, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.
- SCHNOTZ, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. In: *Unterrichtswissenschaft*, 29, S. 292-318.
- SCHNOTZ, W. (2002). Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 65-81.
- SCHULMEISTER, R. (2002). Taxonomie der Interaktivität von Multimedia. Ein Beitrag zur aktuellen Metadaten-Diskussion. *it + ti 4/2002*. *Informationstechnik und Technische Informatik* 44 (2002) 4. Oldenburg Verlag.
- SCHULMEISTER, R. (2002B). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie – Didaktik – Design*. 3. Auflage. Oldenbourg: München-Wien.
- SEIDEL, T. (2003). Lehr-Lernskripts im Unterricht. In: Rost, D.H. (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie*. Band 35. Waxmann: Münster.
- STEINER, G. (2001). Lernen und Wissenserwerb. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz. 137-205.
- THISSEN, F. (1997). Das Lernen neu erfinden. Grundlagen einer konstruktivistischen Multimedia-Didaktik. In: Beck, U. & Sommer, W. (Hrsg.). *LearnTec97. Tagungsband*. Karlsruhe. S. 69-79.
- TULODZIECKI, G. & HERZIG, B. (2004). Allgemeine Didaktik und computerbasierte Medien. In Rinn, U., Meister, D-M. (Hrsg.) *Didaktik und neue Medien*. *Medien der Wissenschaft*. Band 21 (S. 50-71). Waxmann.
- URBAN-WOLDRON, H. (2008). Fachdidaktisch verwertbares Wissen aus der vergleichenden Analyse von Studien zum Lehren und Lernen mit neuen Medien. *IMST Fonds*. Universität Klagenfurt.
- URHAHNE, D. ET AL. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Jahrgang 6, 157-186.
- URHAHNE, D. (2002). Motivation und Verstehen. Studien zum computerunterstützten Lernen in den Naturwissenschaften. In: Rost, D.-H. (Hrsg.) *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie*. Waxmann: Münster
- URHAHNE, D. (2008). Sieben Arten der Lernmotivation. Ein Überblick über zentrale Forschungskonzepte. *Psychologische Rundschau*, 59(3), S. 150-166. Hogrefe: Göttingen
- WEBER, A. (2007). Problem-Based Learning. In Zumbach, J., Weber, A. & Olsowski, G. (Hrsg.). *Problembasiertes Lernen. Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. Bern: Hep Verlag.

WEIDENMANN, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing, L; Klimsa, P. (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Verlag Beltz, PVU. Weinheim. S. 45-62.

WEIDENMANN, B. (2006). Lernen mit Medien. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 423-476). Weinheim: Beltz.

WILD, E., HOFER, F. & PEKRUN, R. (2006). Psychologie des Lernalers. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 203-268). Weinheim: Beltz.

WILD, E. & KRAPP, A. (2006). Pädagogisch-psychologische Diagnostik. In Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 524-574). Weinheim: Beltz.

WILDE, D. (2002). Lehren und Lernen mit neuen Medien erfordert Kompetenzen und Konzepte. Berliner Landesinstitut für Schule und Medien.