

Profile mathematikbezogener motivationaler Prädispositionen

Zusammenhänge zwischen Motivation, Interesse, Fähigkeitsselbstkonzepten und Schulleistungsentwicklung in verschiedenen Lernumgebungen

von

Sebastian Kuntze und Kristina Reiss, München¹

Kurzfassung: Motivationale Dispositionen von Schülerinnen und Schülern gelten als bedeutsame individuelle Eingangsvoraussetzungen für Lernprozesse. Ausgehend von empirischen Befunden insbesondere zur mathematikbezogenen Motivation, zum fachspezifischen Interesse und zu Fähigkeitsselbstkonzepten werden in einer teilweise explorativen Herangehensweise Anzeichen für ein komplexeres Zusammenwirken verschiedener motivationaler Variablen untersucht. Ergebnisse einer Clusteranalyse deuten für verschiedene motivationale Profile der Lernenden auf voneinander abweichende Zusammenhänge hin, die in einigen Punkten auch entsprechend zweier in einer quasi-experimentellen Feldstudie eingesetzter Lernumgebungen differieren.

Abstract: Motivational variables are considered as meaningful individual dispositions for learning processes. On the basis of empirical findings concerning motivation, interest and self concepts in mathematics of grade 8 students, we focus on interactions between different motivation-related variables. Results from a cluster-analysis of the quantitative data gained in a field study indicate that different motivational profiles might play particular roles for the development of motivational variables and proof competence, which seem not to be independent from specific learning environments.

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Motivation und Interesse als Einflussgrößen für Wissens- und Kompetenzaufbau

Für das Lernen von Mathematik werden Variablen aus dem Bereich von Interesse und Motivation verbreitet als bedeutsame Bedingungsfaktoren angesehen. Bei-

¹ Die Durchführung der Studie wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ unterstützt (RE 1247/4).

spielsweise sprechen Baumert und Köller (2000, S. 274; vgl. auch Baumert u. a., 2004) davon, dass verständnisvolles Lernen von motivationalen Dispositionen, d. h. individuellen Ausprägungen motivationsbezogener Variablen der Lernenden einerseits und von Wirkungen metakognitiver Steuermechanismen andererseits beeinflusst wird. Veranschaulicht werden kann dies etwa anhand des an Fend (1998) angelehnten Prozess-Mediations-Produkt-Modells des Mathematikunterrichts von Pekrun und Reiss (vgl. Reiss 2005), das in Abbildung 1 schematisch dargestellt ist.

Prozess-Mediations-Produkt-Modell des Mathematikunterrichts

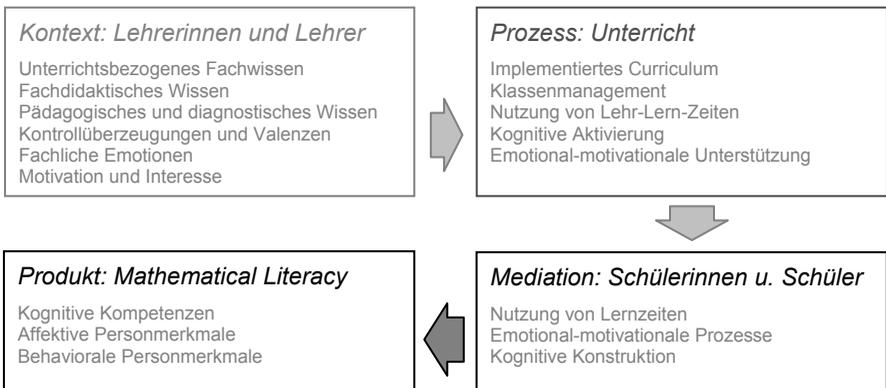


Abbildung 1: Prozess-Mediations-Produkt-Modell des Mathematikunterrichts (vgl. Reiss 2005)

In diesem Modell werden emotional-motivationale Wirkungen in einem Mediationsprozess berücksichtigt, der sich auch darin äußert, dass die Nutzung von Lernangeboten zum Wissensaufbau durch die Individuen von deren motivationalen Dispositionen mitbestimmt wird. Als Produkt der Lernprozesse werden nicht nur Kompetenzen angesehen, die der Mathematical Literacy zugeordnet werden können, sondern auch affektive Merkmale der Lernenden. Aus diesem Grund dürfte prinzipiell von einem Mechanismus der Rückkopplung zwischen Leistungs- und Motivationsentwicklung auszugehen sein (vgl. auch Krapp 1998). Das Fördern motivationaler und affektiver Dispositionen der Schülerinnen und Schüler erscheint damit auch im Sinne einer „multikriterialen Sicht der Ziele“ des Unterrichts (Pekrun/Zirngibl 2004) und der Förderung des subsequenten Kompetenzaufbaus, d. h. des Kompetenzaufbaus in nachfolgenden Lernsituationen, als Unterrichtsziel bedeutsam (vgl. Pekrun u. a. 2004). Es wird also davon ausgegangen, dass motivationale Dispositionen zu Beginn eines Unterrichtsabschnitts, die im Folgenden als *Prädispositionen* bezeichnet seien, gleichsam als Eingangsvariablen für schuli-

ches Lernen anzusehen sind, das wiederum auf mathematische Kompetenz und auch auf motivationale Variablen Auswirkungen haben kann.

Aufgrund ihrer Bedeutung für die Schulleistungsentwicklung wurden motivationale Dispositionen auch in Leistungsvergleichsstudien wie TIMSS und PISA (Bauert u. a. 1997; Pekrun/Zirngibl 2004; Deutsches PISA-Konsortium 2001; 2004) und in einer Reihe von Evaluationsstudien von Mathematikunterricht (vgl. etwa Pekrun/vom Hofe 2001; Heinze/Reiss 2004) untersucht. Am theoretischen Hintergrund dieser Studien ist auch die hier vorgestellte Untersuchung ausgerichtet. Es seien kurz die zwei zentralen theoretischen Modellierungen für die Konstrukte „Motivation“ und „Interesse“ angesprochen:

- Die *Person-Gegenstands-Theorie* von Schiefele, Krapp und Prenzel (vgl. Prenzel 1988; Krapp 1992) betont Motivation als Bezug zwischen Individuen und Objekten, der durch situative Bedingungen und situationsübergreifendes Interesse beeinflusst wird. Dementsprechend können motivationale Merkmale der Lernenden mathematikbezogene Kompetenz- und Wissensaufbauprozesse unterstützen, sofern im situativen Kontext und im Bereich intrapersonaler Merkmale günstige Bedingungen vorliegen.
- Die *Selbstbestimmungstheorie* von Deci und Ryan (1993) fokussiert demgegenüber auf das Spannungsfeld zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation. Das Individuum, das sich als autonomes Handlungszentrum erleben will und positives Kompetenzerleben in der Bewältigung von Anforderungen anstrebt, verfügt im Rahmen seiner sozialen Eingebundenheit über die Fähigkeit, Werte und Handlungsziele zu übernehmen und so nicht nur interessenbestimmt (intrinsisch motiviert) zu handeln, sondern Handlungen auch (extrinsisch motiviert) mit dem Zweck des Erlangens angestrebter Konsequenzen zu initiieren. Motivationsunterstützung im Mathematikunterricht würde nach diesem Modell insbesondere bedeuten, dass die Lernenden im Sinne einer Autonomieunterstützung und des Ermöglichens von Kompetenzerleben darin gefördert werden, Werte und Handlungsziele aufzubauen, die positiv auf Mediations- und Lernprozesse rückwirken.

Für den Kontext schulischen Unterrichts und für mathematikbezogenen Wissens- und Kompetenzaufbau können beide Ansätze beschreiben, dass das Lernhandeln von Schülerinnen und Schülern in Lernsituationen von Bedingungsfaktoren aus dem Bereich von Motivation und Interesse mit beeinflusst wird. In diesem Zusammenhang scheint insbesondere die Lernmotivation, die aus beiden der vorgestellten Ansätze abgeleitet werden kann, eine zentrale Rolle zu spielen. Daher wird im Folgenden auf Konstrukte im Umfeld von Lernmotivation eingegangen.

1.2 Lernmotivation

Lernmotivation bezeichnet „den Wunsch bzw. die Absicht, bestimmte Inhalte oder Fähigkeiten zu erlernen“ (Krapp/Weidenmann 2001, S. 218; vgl. Krapp 1993; Schiefele/Köller 1998; Rheinberg 1997). Zur Lernmotivation gehören die Aspekte des Interesses bzw. der intrinsischen Motivation, der extrinsischen Motivation sowie der Leistungsmotivation. Während Interesse und intrinsische Motivation als auf einen Gegenstand oder eine Handlung selbst bezogene Motivation beschrieben werden können (Pekrun 1983), bezieht sich die Leistungsmotivation eher auf das Ziel, Kompetenzen zu erwerben. Leistungsmotivation kann also auch näher an extrinsischen Komponenten der Motivation liegen, bei denen Ziele des Lernhandelns von den lernenden Individuen übernommen werden.

Lernmotivation weist auch Bezüge zu den Konstrukten Selbstwirksamkeit, Selbstkonzept, Kontrollüberzeugungen, Lern- oder Aufgabenorientierung, Selbstregulation und zu Emotionen im Umfeld von Lernprozessen auf. Helmke und Weinert (1997) weisen auf den Umstand hin, dass eine breite Palette an Konstrukten geprägt und untersucht wurde, die mögliche individuelle motivationale und affektive Einflussgrößen auf Schulleistung beschreiben. Dabei stellen sie fest, dass die Bedeutung verschiedener motivationaler Determinanten für die Schulleistungsentwicklung in der Forschung recht unterschiedlich beurteilt wurde. In diesem Beitrag wird daher auf für die Schulleistungsentwicklung besonders aussagekräftige motivationale Dispositionen fokussiert.

So stellen das Fähigkeitsselbstbild bzw. das akademische Selbstkonzept (vgl. Pekrun 1983) und die Selbstwirksamkeitserwartung („self efficacy expectations“) der Lernenden offenbar Merkmale mit wesentlicher Bedeutung dar. Mit dem Begriff des Fähigkeitsselbstkonzepts wird beschrieben, wie hoch Lernende ihre domänenspezifischen Fähigkeiten bzw. ihr Leistungsvermögen selbst einschätzen (vgl. Pekrun/Zirngibl 2004). Bei Selbstwirksamkeitserwartungen geht es um Überzeugungen, spezifische Handlungen in einem Bereich erfolgreich ausführen zu können (Bandura 1977).

Das Fähigkeitsselbstbild bzw. das akademische Selbstkonzept (Pekrun 1983) und die Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler gehören nach Helmke und Weinert (1997) zu den stärksten Prädiktoren für Schulleistung. Dies liegt daran, dass ein hohes Fähigkeitsselbstbild bzw. eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung Voraussetzung für das Aufnehmen von Leistungshandlungen durch die Lernenden ist und diese gegenüber Schwierigkeiten abschirmt. Eine niedrige Selbstwirksamkeitserwartung führt im Sinne ungünstiger Attributionsstile (vgl. Dweck 1986) dazu, dass kritische, das Selbstwertgefühl bedrohende Lernsituationen vermieden werden und die Individuen intrapsychische Vermeidungsstrategien von Misserfolg entwickeln, die wiederum Lernprozesse behindern können. Auch in PISA hat sich die Bedeutung von Fähigkeitsselbstkonzept bzw. Selbstwirksam-

keitserwartung im Fach Mathematik für mathematische Grundbildung gezeigt (Deutsches PISA-Konsortium 2001).

Die positiven Zusammenhänge zwischen dem Fähigkeitsselbstbild einerseits und dem Lernverhalten, dem kognitiven Engagement und der Schulleistung auf der anderen Seite nehmen mit dem Alter der Schülerinnen und Schüler und ihrem Fähigkeitsniveau zu. Weiter führen Helmke und Weinert (1997) aus, dass diese Zusammenhänge noch stärker ausfallen, wenn ein fachspezifisches Fähigkeitsselbstbild erhoben wird.

Auch die zu Beginn dieses Abschnitts genannten Komponenten der Lernmotivation werden oft fachbezogen erfragt. Aus diesem Grunde wird für den theoretischen Hintergrund der hier vorgestellten Untersuchung im Folgenden auf fachspezifische motivationale Dispositionen fokussiert.

1.3 Fachspezifische und inhaltsbereichsbezogene motivationale Dispositionen

Motivationale Dispositionen von Lernenden können domänenspezifisch ausdifferenziert sein. Aus diesem Grunde interessieren nicht nur fachunspezifische Fähigkeitsselbstkonzepte, sondern auch schulfachbezogene Komponenten von Lernmotivation.

Pekrun u. a. (2002; 2003) betrachteten etwa neben dem akademischen Selbstkonzept unter anderem die folgenden, jeweils auf das Fach Mathematik bezogenen Teildispositionen (vgl. auch Jacob 1996; Götz 2004):

- Unter *Sachinteresse* in Mathematik, *Fachinteresse* und *intrinsischer Motivation* für das Fach Mathematik werden drei motivationale Facetten verstanden, die mit einer Anstrengungs- und Lernbereitschaft von Schülerinnen und Schülern aus persönlichem Interesse an der Mathematik oder am Mathematikunterricht einhergehen. Nach Helmke und Weinert (1997) nimmt die Bedeutung des Interesses für die Schulleistungsentwicklung im Lauf der Schulzeit zu und ist bei Schülern stärker ausgeprägt als bei Schülerinnen.
- Demgegenüber betonen *Leistungsmotivation* und *Kompetenzmotivation* im Fach Mathematik einen Bereich von Motivation, in dem Anstrengungen für Mathematik mit der Absicht in Verbindung gebracht werden, Erfolge zu erzielen und Misserfolge zu vermeiden (Heckhausen 1989). So kann es darum gehen, gute Noten zu erzielen bzw. „besser als andere Schülerinnen und Schüler zu sein“ („performance approach“), oder darum, schlechte Noten zu vermeiden bzw. sich nicht „vor anderen zu blamieren“ („performance avoidance“). Bei der Kompetenzmotivation steht das eigene Können und Beherrschen von Mathematik als Beweggrund für Anstrengungen im Mathematikunterricht im Vordergrund.

- Die *instrumentell-zukunftsorientierte Motivation* für das Fach Mathematik steht für eine motivationale Disposition, bei der Anstrengungen für Mathematik mit zukünftigen, außerschulischen Beweggründen wie etwa besseren Berufschancen begründet werden.

Die Überlegung, dass fachbezogene motivationale Dispositionen für das Lernen von Mathematik von noch größerer Bedeutung sein könnten als nicht domänenspezifisch erhobene Aspekte von Lernmotivation, lässt sich prinzipiell auch auf einzelne Inhaltsbereiche übertragen. So untersuchten etwa Zirngibl u. a. (2005) aufgabenbezogene Emotionen von Schülerinnen und Schülern. Dabei zeigte sich, dass im Zusammenhang mit unterschiedlichen Aufgaben unterschiedliche emotional-motivationale Einschätzungen der Lernenden vorhanden waren.

Auch bezogen auf spezielle schulleistungsbezogene Variablen wie die Beweis- und Argumentationskompetenz (Reiss 2002; Reiss/Hellmich/Thomas 2002; im Folgenden auch kurz als „Beweiskompetenz“ bezeichnet) können inhaltsbereichsspezifische motivationale Dispositionen erhoben werden, wie dies ausblicksartig von Rudolph und Reiss (2005) angeregt wurde. Vor dem Hintergrund der Feststellungen von Helmke und Weinert (1997) zu Zusammenhängen zwischen Schulleistungsentwicklung und Fähigkeitsselbstkonzepten bietet es sich beispielsweise an, speziell auf das Beweisen und Argumentieren bezogene Selbstkonzepte der Lernenden zu untersuchen (vgl. Kuntze 2006). Da Beweis- und Argumentationskompetenz auch Metawissen über das mathematische Beweisen erfordert (vgl. Healy/Hoyles 1998; Reiss/Hellmich/Thomas 2002), kommen etwa die beiden folgenden inhaltsbereichsspezifischen Komponenten des Selbstkonzepts für den Wissensaufbau zum Beweisen und Argumentieren in Frage:

- *Kognitionsselbst „Beweisen und Argumentieren“*: Hier geht es um Wahrnehmungen der Lernenden, als wie tragfähig und einsetzbar sie ihr Wissen über den Themenbereich „Beweisen und Argumentieren“ einschätzen, wenn sie etwa beschreiben sollen, was einen mathematischen Beweis ausmacht oder zu welchem Zweck in der Mathematik bewiesen wird. Mit dem beweisbezogenen Kognitionsselbst verknüpft gesehen wird ein individuelles Kompetenzgefühl für Meta-Wissen zum mathematischen Beweisen und Argumentieren. Beim themenbezogenen Kognitionsselbst handelt es sich also gewissermaßen um ein Fähigkeitsselbstkonzept, das sich auf Wissen über das Beweisen und Argumentieren bezieht.
- *Fähigkeitsselbst „Beweisen und Argumentieren“*: Hier sind Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler von Interesse, die die individuelle Zuversicht betreffen, im konkreten Umgang mit Beweisaufgaben und Beweisen erfolgreich zu sein. Das inhaltsbereichsbezogene Fähigkeitsselbst ist also eine Form des Fähigkeitsselbstkonzepts bzw. der Selbstwirksamkeitserwartung, die sich direkt auf beweispezifische Anforderungen des Unterrichts oder auch möglicher un-

terrichtsüblicher Prüfungen erstreckt – ähnlich, wie das akademische Selbstkonzept im Fach Mathematik als domänenspezifisches Fähigkeitsselbstkonzept das Fach Mathematik insgesamt betrifft.

Beispielitems für diese beiden inhaltsbereichsspezifischen Komponenten des Fähigkeitsselbstkonzepts finden sich in Tabelle 1 in Abschnitt 3.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass motivationale Dispositionen der Lernenden in Form eines Spektrums verschiedener bedeutsamer Variablen den Aufbau von Beweis- und Argumentationskompetenz als schulleistungsbezogener Größe mit beeinflussen können. Zur Erklärung von Beweis- und Argumentationskompetenz kommen insbesondere auf das Fach Mathematik bezogene motivationale Variablen wie das akademische Selbstkonzept, Komponenten des Interesses und der Leistungsmotivation in Betracht. Für die Selbstwirksamkeitserwartung erscheint es zusätzlich von Interesse, inhaltsbereichsspezifisch auf das Beweisen und Argumentieren ausgerichtete Fähigkeitsselbstkonzepte zu untersuchen. Aus diesem Grunde wurden dieser Studie die in diesem Abschnitt vorgestellten fachspezifischen und inhaltsbereichsbezogenen Variablen zugrunde gelegt.

1.4 Bedeutung von Profilen motivationaler Dispositionen für die Schulleistungsentwicklung am Beispiel des geometrischen Beweisen

Um einen ersten Aufschluss über die Bedeutung auf das Beweisen und Argumentieren bezogener inhaltsbereichsspezifischer motivationaler Dispositionen zu gewinnen, ist es von Interesse, zu untersuchen, inwiefern motivationale Dispositionen mit der Beweis- und Argumentationskompetenz als schulleistungsbezogener Variable und deren Entwicklung zusammenhängen.

Rudolph und Reiss (2005) finden Anzeichen für komplexere Bedingungsgefüge zwischen Profilen motivationaler Prädispositionen und der Schulleistungsentwicklung. Diese Befunde werfen die Frage auf, inwiefern unterschiedliche Profile motivationaler Dispositionen mit verschiedenen Wirkungszusammenhängen zu assoziieren sein könnten. Beispielsweise zeigte sich in der Studie von Rudolph und Reiss (2005), dass ein geringeres Interesse bei der Entwicklung von Beweis- und Argumentationskompetenz durch eine höhere Leistungsmotivation kompensiert werden kann, was im Rahmen von Mediationsprozessen bei der Nutzung von Lerngelegenheiten (vgl. Abb. 1) plausibel erklärt werden könnte.

Im Zusammenhang mit der Nutzung von Lernangeboten stellt sich auch die Frage, inwiefern sich motivationale Dispositionen und die Zusammenhänge mit der Beweis- und Argumentationskompetenz in unterschiedlichen Lernumgebungen unterschiedlich entwickeln könnten. Beispielsweise könnten sich Lernumgebungen nach dem Grad ihrer Autonomieunterstützung oder der möglichen Förderung des Sach- und Fachinteresses für Mathematik unterscheiden.

Um den Einfluss einzelner Lehrpersonen zu begrenzen, wurden dieser Untersuchung Evaluationsdaten zu zwei schülerzentrierten Lernumgebungen zugrunde gelegt, die im Folgenden kurz charakterisiert werden:

- Bei der ersten untersuchten Lernumgebung handelte es sich um das so genannte „Lernen mit heuristischen Lösungsbeispielen“, wie es von Reiss und Renkl (2002) konzipiert und von Groß (2003) ausgearbeitet wurde. In dieser Lernumgebung vollziehen die Schülerinnen und Schüler den Generierungsprozess verschiedener Beweisbeispiele nach und werden zum eigenen Durchführen entsprechender Arbeitsschritte angeleitet. Basierend auf Erkenntnissen zum Lernen an Lösungsbeispielen im algorithmischen Bereich (z. B. Renkl 1997; 2001) sollen – am Modell von Boero (1999) orientiert – insbesondere explorative Techniken und Strategien der Beweisgenerierung trainiert werden (vgl. auch Kuntze 2005b).
- Die zweite untersuchte Lernumgebung war die so genannte Themenstudienarbeit (Kuntze 2003; 2005a; 2005c). Hier wurden die Schülerinnen und Schüler mit einer Zusammenstellung von heterogenen Materialien aus verschiedenen Kontexten konfrontiert, die unterschiedliche Perspektiven auf das Beweisen und Argumentieren betreffen. Auf der Basis einer weitgehend selbstgesteuerten Auseinandersetzung mit diesen Materialien erarbeiteten die Lernenden eine schriftliche Darstellung ihrer Lernergebnisse.

Vereinfachend kann die erste Lernumgebung als eher „instruktional-aufgabenorientiert“ gesehen werden, während die zweite Lernumgebung in einer eher „offen-reflektiven“ Herangehensweise auf Metawissen zum Beweisen und Argumentieren gerichtet ist. Das Lernen mit heuristischen Lösungsbeispielen ist also gewissermaßen stärker auf beweisaufgabenspezifische Fähigkeiten entsprechend des oben beschriebenen beweisbezogenen Fähigkeitsselbsts gerichtet, während die Themenstudienarbeit eher auf die Förderung beweispezifischen Metawissens entsprechend des Kognitionsselbsts zum Beweisen und Argumentieren abzielt. Prinzipiell könnte die Unterschiedlichkeit der beiden Lernumgebungen also zu Abweichungen bei der Entwicklung von motivationalen Dispositionen führen, wenn es auch kaum möglich sein dürfte, eventuelle Unterschiede monokausal einzelnen Konzeptionsmerkmalen der Lernumgebungen zuzuschreiben.

2 Untersuchungsinteresse der Studie

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

- (i) Welche Zusammenhänge bestehen unabhängig von den Lernumgebungen zwischen Interesse, Motivation, Fähigkeitsselbstkonzepten und Schulleistung?

Welche Profile motivationalen Prädispositionen können unterschieden werden?

- (ii) Welche Zusammenhänge zwischen motivationalen Prädispositionen und der Motivations- und Schulleistungsentwicklung bis zum Zeitpunkt nach dem Durchlaufen der Lernumgebungen sind festzustellen? Gibt es für verschiedene Profile motivationaler Dispositionen Anzeichen für Unterschiede in der Förderung motivationaler und schulleistungsbezogener Merkmale? Sind solche Zusammenhänge unabhängig von der verwendeten Lernumgebung oder zeigen sich Anzeichen für unterschiedliche Wirkweisen verschiedener Lernumgebungen?

3 Untersuchungsdesign

Die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Daten zu motivationalen Dispositionen sowie zur Beweis- und Argumentationskompetenz wurden in einem Vor- und Nachtest-Design mit Paper-and-Pencil-Tests bzw. mit Fragebögen im Rahmen des BIQUA-Projekts „Begründen und Beweisen in der Geometrie – Bedingungen des Wissensaufbaus bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe“ erhoben (vgl. Abb. 2). In die Untersuchung wurden Schülerinnen und Schüler der 8. Jahrgangsstufe einbezogen, für die Vor- und Nachtestdaten vorlagen ($N = 215$, davon 109 Schülerinnen und 106 Schüler). Diese Schülerinnen und Schüler verteilten sich auf elf Klassen. Fünf dieser Klassen lernten mit heuristischen Lösungsbeispielen ($N_1 = 100$, davon 51 Schülerinnen), in sechs Klassen wurden Themenstudien erarbeitet ($N_2 = 115$, davon 58 Schülerinnen). Die Zuordnung der Klassen zu den Lernumgebungen war nach Schulleistungsergebnissen im Vortest, nach Schulumfeld und Gymnasialzweigen (Sprachenfolge) so weit wie möglich parallelisiert worden.

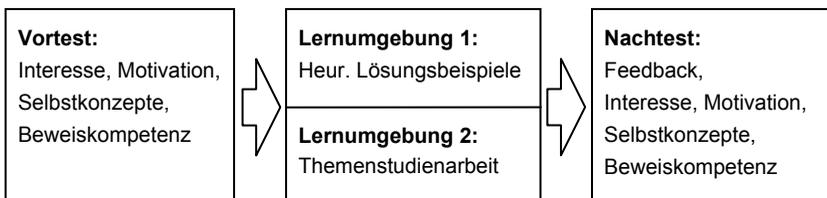


Abbildung 2: Untersuchungsdesign (Übersicht über den zeitlichen Ablauf)

Die Fragebögen für Vor- und Nachtest zu Interesse, Motivation und beweispezifischer Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler waren identisch und basierten auf Instrumenten, die auch in der PALMA-Studie eingesetzt wurden

(Pekrun u. a. 2002; 2003). Bei allen Items des Multiple-Choice-Fragebogens konnten die Probanden auf einer fünfstufigen Likert-Skala („stimmt genau“, „stimmt weitgehend“, „stimmt etwas“, „stimmt kaum“, „stimmt gar nicht“) Zustimmung bzw. Ablehnung signalisieren. Die im Fragebogen enthaltenen Skalen konnten wie in Tabelle 1 dargestellt zu Faktoren zusammengefasst werden.

Skalen (an Faktorenanalyse orientiert)	Anzahl der Items	Vortest α (Cronbach)	Nachtest α (Cronbach)
Faktor 1: Akademisches Selbstkonzept in Mathematik („ <i>Es fällt mir leicht, in Mathematik etwas zu verstehen.</i> “)	6	.92	.92
Faktor 2: Sach- und Fachinteresse, intrinsische und Kompetenzmotivation („ <i>In Mathe strenge ich mich an, weil mich das Fach interessiert.</i> “)	10	.93	.94
Faktor 3: „Fremdbewertungsbezogene“ Leistungsmotivation („ <i>In Mathematik tue ich etwas, weil ich gute Noten bekommen möchte.</i> “)	3	.74	.77
Faktor 4: „Sozial vergleichende“ Leistungsmotivation („ <i>Ich tue etwas für Mathe, weil ich zeigen möchte, dass ich intelligenter bin als andere.</i> “)	5	.82	.85
Faktor 5: Instrumentell-zukunftsorientierte Motivation in Mathematik („ <i>Für Mathe lerne ich, um später eine gute Arbeitsstelle zu bekommen.</i> “)	3	.88	.91
Faktor 6: Themenbezogenes Fähigkeits- und Kognitionsselbst „Beweisen und Argumentieren“	8	.87	.87
Kognitionsselbst „Beweisen und Argumentieren“ („ <i>Ich könnte Auskunft geben darüber, warum Mathematiker nach Beweisen suchen.</i> “)	4	.78	.78
Fähigkeitsselbst „Beweisen und Argumentieren“ („ <i>Beweisaufgaben kann ich lösen.</i> “)	4	.81	.79

Tabelle 1: Reliabilitätsanalysen in Vor- und Nachtest

Diese faktorenanalytischen Befunde wurden von Rudolph und Reiss (2005) mit einer von der vorliegenden Untersuchung verschiedenen Stichprobe weitgehend repliziert. Innerhalb des Faktors 6 „Themenbezogenes Fähigkeits- und Kognitionsselbst „Beweisen und Argumentieren““ wurde zwischen den beiden hier enthaltenen Teilskalen differenziert, da Items der Teilskala „Beweisspezifisches Fähigkeitsselbst“ im Vortest zusätzlich noch auf dem Faktor 1 „Akademisches Selbstkonzept in Mathematik“ luden und erst im Nachtest von diesem Faktor faktorenanalytisch abgetrennt vorlagen. Demgegenüber trennte die Teilskala „Beweisspezi-

fisches Kognitionsselbst“ in beiden Tests gut vom akademischen Selbstkonzept ab. Dieses unterschiedliche Verhalten der Teilskalen kann als Hinweis darauf interpretiert werden, dass die beiden Teilskalen aus der Sicht der Lernenden voneinander unterschiedliche Sinneinheiten abbildeten.

4 Ergebnisse

4.1 Motivationale Dispositionen und Beweis- und Argumentationskompetenz

Die mittleren Absolutwerte für die betrachteten Skalen motivationaler Dispositionen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Hinsichtlich der motivationalen Prädispositionen (Vortest) gibt es zwischen den beiden Gruppen von Lernenden nur beim „Sach- und Fachinteresse Mathematik“ einen signifikanten Unterschied. Der Wert ist bei der Gruppe der Lernenden, die sich mit den heuristischen Lösungsbeispielen beschäftigten, geringfügig stärker negativ ausgeprägt als bei der Gruppe der Schülerinnen und Schüler, die Themenstudien erarbeiteten. Dieser Unterschied bleibt zum Nachtest hin eher stabil. Die Werte der Standardabweichungen bewegen sich in der Größenordnung der von Rudolph und Reiss (2005) gefundenen Daten. Punktuelle Abweichungen hinsichtlich der gemessenen mittleren Skalenwerte könnten auf den von dieser Studie abweichenden Testzeitpunkt bei der Untersuchung von Rudolph und Reiss (7. Jahrgangsstufe) oder auf mögliche Unterschiede in Kontextfaktoren der Stichproben zurückzuführen sein.

Die einzelnen motivationalen Prädispositionen der Schülerinnen und Schüler weisen meist positive korrelative Zusammenhänge untereinander auf. Um angesichts der vielen mehr oder weniger starken Korrelationen einen besseren Überblick über die Struktur des Zusammenhangs zu geben, wurden aus den Skalenwerten für beide Lernumgebungen getrennt zwei Hauptkomponenten extrahiert. In entsprechenden Ladungsdiagrammen zeichnet sich ab, dass Fähigkeitsselbstkonzepte und intrinsische Motivation einerseits und leistungs- sowie zukunftsorientierte Motivation andererseits jeweils nahe zusammenzuliegen und gewissermaßen zwei Hauptfaktoren innerhalb der betrachteten motivationalen Dispositionen zu bilden scheinen (für Einzelheiten hierzu vgl. Kuntze 2006).

Vom Vortest zum Nachtest ergaben sich für das beweisbezogene Kognitionsselbst und im Falle der ersten Lernumgebung für das akademische Selbstkonzept Mathematik teils hoch signifikante Steigerungen, während die „fremdbewertungsbezogene Leistungsmotivation“ in beiden Gruppen signifikant abnahm (für Einzelheiten vgl. Kuntze 2006).

	Lernen mit heur. Lösungsbeispielen (N ₁ = 100)				Themenstudienarbeit (N ₂ = 115)			
	Vortest*		Nachttest*		Vortest*		Nachttest*	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Akademisches Selbstkonzept in Mathematik	3,02	1,01	3,15	0,94	3,05	0,92	3,08	0,90
Sach- und Fachinteresse, intrinsische Motivation	2,23	0,77	2,26	0,85	2,48	0,89	2,49	0,92
„Fremdbewertungsbez.“ Leistungsmotivation	3,67	0,88	3,47	0,98	3,83	0,79	3,70	0,89
„Sozial vergleichende“ Leistungsmotivation	2,33	0,90	2,44	0,99	2,37	0,98	2,30	0,91
Instr.-zukunftsorientierte Motivation Mathematik	2,81	1,09	2,84	1,11	2,96	1,09	3,04	1,17
Kognitionsselbst „Beweisen und Argumentieren“	2,71	0,91	2,90	0,91	2,89	0,95	3,13	1,00
Fähigkeitsselbst „Beweisen und Argumentieren“	3,32	0,90	3,39	0,89	3,38	0,92	3,44	0,88
Fähigkeitsselbstkonzept zum „Beweisen“ (Faktor)	3,02	0,82	3,14	0,82	3,14	0,88	3,28	0,88

* Werte von 1 („stimmt gar nicht“) bis 5 („stimmt genau“)

Tabelle 2: Durchschnittswerte motivationaler Dispositionen in Vor- und Nachttest

		Sach- und Fachinteresse	„Sozial vergleichende“ Leistungsmotivation	„Fremdbewertungsbezogene“ Leistungsmotivation	Instrum.-zukunftsorientierte Motivation	Akademisches Selbstkonzept	Kognitionsselbst „Beweisen“	Fähigkeitsselbst „Beweisen“
Vortest	Heurist. Lösgbsp.	,24*	,06	,00	,26**	,30**	,36**	,32**
	Themenstudie	,23*	,04	-,15	-,15	,37**	,16	,28**
Nachttest	Heurist. Lösgbsp.	,31**	,18	,08	,28**	,41**	,42**	,30**
	Themenstudie	,38**	,32**	,23*	,15	,59**	,37**	,56**

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

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

Tabelle 3: Korrelationen zwischen motivationalen Dispositionen und Beweis- und Argumentationskompetenz

Korrelationen zwischen motivationalen Dispositionen und der Beweis- und Argumentationskompetenz (Reiss/Hellmich/Thomas 2002) als schulleistungsbezogener Variable sind für die beiden Lernumgebungen in Tabelle 3 dargestellt. Die Zusammenhänge in Tabelle 3 bewegen sich in etwa in einer auch aus anderen Studien bekannten Größenordnung (Schiefele/Krapp/Schreyer 1993). Für den Nachtest fallen einige Korrelationen noch etwas stärker aus als im Vortest.

4.2 Profile motivationaler Prädispositionen

Um Aufschluss über vorkommende Profile motivationaler Prädispositionen zu erhalten, wurde eine hierarchische Clusteranalyse (Ward-Methode) auf der Basis der Vortestdaten zu Interesse, Motivation und Fähigkeitsselbstkonzepten der Lernenden durchgeführt. Fünf Cluster ergaben sich, die die in Abbildung 3 dargestellten Profile motivationaler Dispositionen aufwiesen.

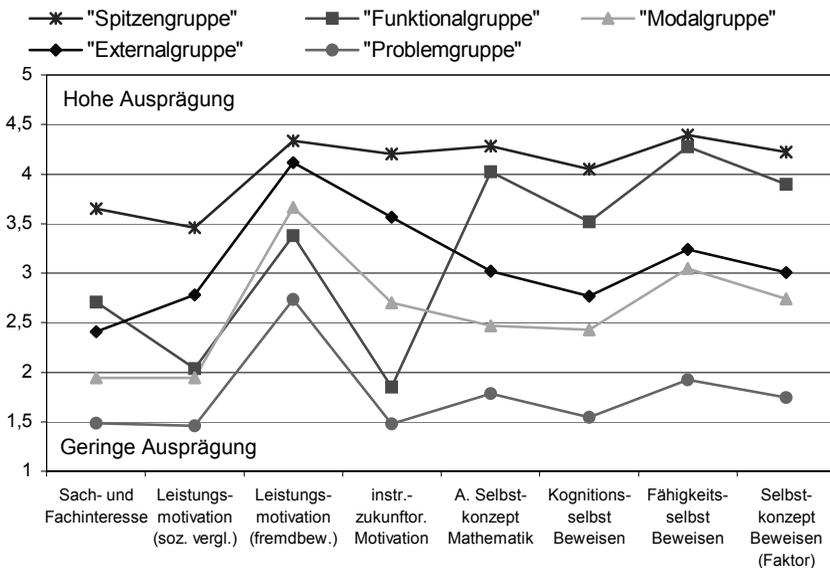


Abbildung 3: Ergebnisse der Clusteranalyse (Profile motivationaler Prädispositionen)

Die fünf Cluster lassen sich in etwa folgendermaßen charakterisieren (vgl. Abb. 3):

- „Spitzengruppe“ (N = 26): Die Schülerinnen und Schüler dieses Clusters weisen im Mittel über alle erhobenen motivationalen Merkmale hinweg vergleichsweise hohe Werte auf.

- „Problemgruppe“ ($N = 21$): In etwa parallel zur „Spitzengruppe“ verläuft das Profil der motivationalen Dispositionen einer anderen Gruppe von Lernenden, die nahezu in allen Variablen mit Ausnahme des durchschnittlichen Wertes bei der fremdbewertungsbezogenen Leistungsmotivation negative Einschätzungen zeigen. Im Hinblick auf motivationale Eingangsbedingungen für Lernprozesse scheint diese Schülergruppe über eine besonders ungünstige Ausgangslage zu verfügen.
- „Funktionalgruppe“ ($N = 33$): Die Lernenden, die diesem Cluster zugeordnet wurden, verfügen im Mittel über deutlich positiv ausgeprägte Fähigkeitsselbstbilder, während ein eher moderates mathematikbezogenes Fachinteresse festzustellen ist. Die fremdbewertungsbezogene Leistungsmotivation ist ebenfalls durchschnittlich, die sozial vergleichende Leistungsmotivation vergleichsweise niedrig. Einen Nutzen eigener Anstrengungen im Fach Mathematik für die außerschulische Zukunft versprechen sich die Lernenden dieses Clusters im Mittel nicht.
- „Externalgruppe“ ($N = 64$): Lediglich durchschnittliche Werte des Fähigkeitsselbstbildes und leicht negative Werte des Fachinteresses weist diese Gruppe auf. Es herrschen jedoch überdurchschnittliche Werte der beiden Komponenten von Leistungsmotivation und bei der instrumentell-zukunftsorientierten Motivation vor.
- „Modalgruppe“ ($N = 71$): Die Lernenden dieses Clusters zeigen im Mittel ein leicht unterdurchschnittliches Fachinteresse und ein ebenfalls leicht unterdurchschnittliches Fähigkeitsselbstkonzept sowie einen höheren, jedoch insgesamt durchschnittlichen Wert bei der fremdbewertungsbezogenen Leistungsmotivation. Diese Gruppe liegt mit ihrem Profil motivationaler Dispositionen in der Regel auf einem eher unauffälligen mittleren oder unteren Rangplatz zwischen den Profilen der anderen vier Cluster.

Im Sinne einer groben Orientierung können diese fünf Gruppen wie in Tabelle 4 verschiedenen motivationalen Merkmalsausprägungen zugeordnet werden.

Teilt man die Lernenden entsprechend der beiden später von ihnen bearbeiteten Lernumgebungen auf, so ergeben sich zwischen den beiden Teilstichproben für alle Cluster vergleichbare Profile. Nur für den Wert des akademischen Selbstkonzepts der „Funktionalgruppe“ konnte eine signifikante Abweichung in den Eingangsvoraussetzungen zwischen den beiden Teilgruppen festgestellt werden.

	Sozial vergleichende Leistungsmotivation/ zukunftsorientierte Motivation	
	Eher höher	Eher geringer
Höheres Fähigkeitsselbstkonzept	„Spitzengruppe“ (+)	„Funktionalgruppe“ (○)
Mittleres Fähigkeitsselbstkonzept	„Externalgruppe“ (○)	„Modalgruppe“ (-)
Niedrigeres Fähigkeitsselbstkonzept		„Problemgruppe“ (-)

Sach- und Fachinteresse: (+): höher (○): mittel (-): geringer

Tabelle 4: Zusammenfassender Überblick über Ausprägungen motivationaler Merkmale der verschiedenen Cluster

4.3 Profile motivationaler Prädispositionen und Entwicklungen motivationaler und schulleistungsbezogener Variablen

Um zu erkunden, welche Veränderungen sich in den Profilen motivationaler Dispositionen zwischen Vor- und Nachtest ergaben, wurden in Abbildung 4 und 5 jeweils für die erhobenen motivationalen Merkmale die mittleren Differenzwerte zwischen Vor- und Nachtest dargestellt.

In Abbildung 4 und 5 zeigen sich einige Anzeichen, dass sich die motivationalen Profile verschiedener Cluster zwischen den beiden untersuchten Lernumgebungen abweichend entwickelt haben könnten. Trotz der geringen Stichprobenlängen werden einige Veränderungen zwischen Vor- und Nachtest für einzelne Cluster signifikant. Auffällig ist beispielsweise die hoch signifikante Zunahme im Bereich des beweisbezogenen Kognitionsselbsts insgesamt bei den Lernenden der „Problemgruppe“, die Themenstudien erarbeitet hatten ($T = 3,8$; $df = 10$; $p < 0,01$).

Auch beim Faktor „Fähigkeitsselbst Beweisen“ ist in dieser Gruppe von Lernenden ein hoch signifikanter Anstieg zu beobachten ($T = 4,0$; $df = 10$; $p < 0,01$), bei den heuristischen Lösungsbeispielen ist der Zunahmewert signifikant von Null verschieden. Während bei der Themenstudienarbeit in der „Spitzengruppe“ die Leistungsmotivation abnahm, waren beim Lernen mit heuristischen Lösungsbeispielen vielmehr die auf das Beweisen bezogenen Fähigkeitsselbst-Werte dieser Gruppe rückläufig. Auch bei anderen Clustern deuten sich zwischen den Lernumgebungen unterschiedliche Entwicklungen an.

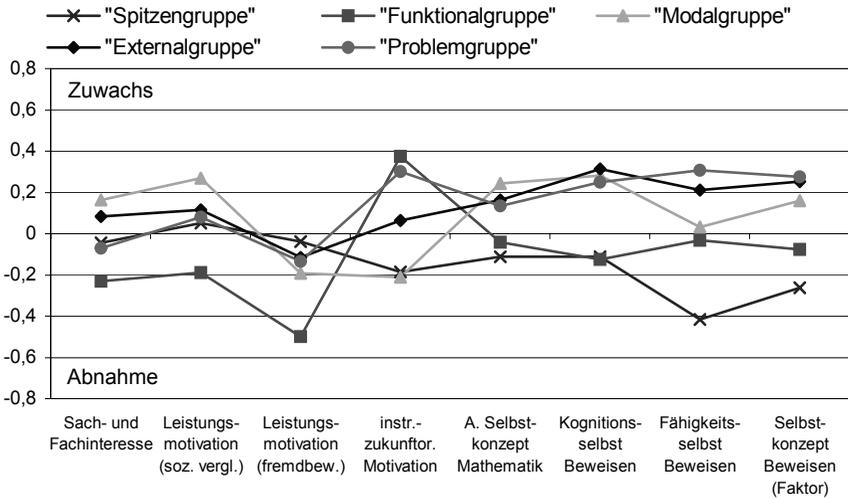


Abbildung 4: Veränderungen motivationaler Dispositionen zum Nachtest hin (Lernen mit heuristischen Lösungsbeispielen)

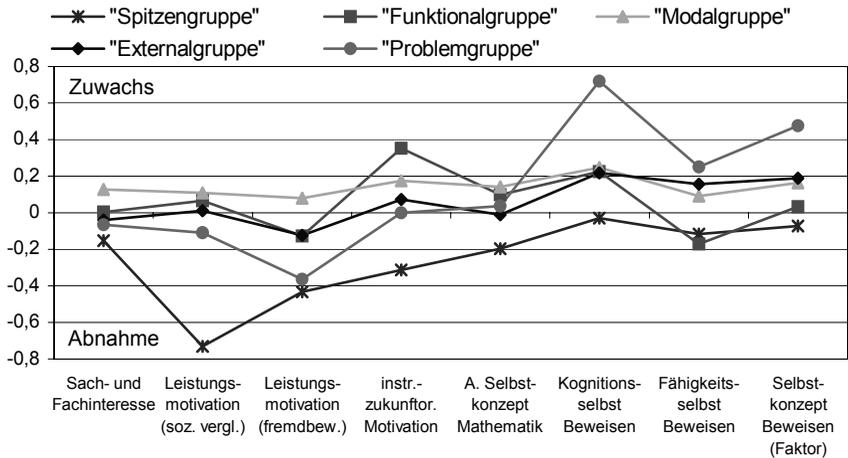


Abbildung 5: Veränderungen motivationaler Dispositionen zum Nachtest hin (Themenstudienarbeit)

Daten zur Entwicklung der Beweis- und Argumentationskompetenz für die Gruppen zeigt Abbildung 6. Aufgetragen wurden die jeweils z-transformierten mittleren Testwerte der Lernenden nach Clustern (bei der z-Transformation wird zur Normierung von den Testwerten deren arithmetisches Mittel subtrahiert und durch die Standardabweichung dividiert, so dass die neue Verteilung das arithmetische Mittel 0 und die Standardabweichung 1 hat).

In Abbildung 6 zeigen sich bezogen auf die beiden Lernumgebungen Anzeichen für Unterschiede in der Leistungsentwicklung zwischen den einzelnen Gruppen. In beiden Lernumgebungen entwickelte sich die Beweis- und Argumentationskompetenz der motivationalen „Problemgruppe“ tendenziell unterdurchschnittlich, während die „Spitzengruppe“ geringe tendenzielle Steigerungen aufwies. Ein Unterschied zwischen den Lernumgebungen besteht darin, dass für die motivationale Problemgruppe die unterdurchschnittliche Schulleistungsentwicklung bei der Themenstudienarbeit weitaus stärker ausfällt und im Gegensatz zum Lernen mit heuristischen Lösungsbeispielen hochsignifikant ist ($T = 4,4$; $df = 10$; $p < 0,01$; $d = 1,25$). Die BeweisKompetenz der „Externalgruppe“ entwickelte sich bei den heuristischen Lösungsbeispielen tendenziell stabil, während sich bei der Themenstudienarbeit eine signifikante Steigerung ergab ($T = 2,44$; $df = 32$; $p < 0,05$; $d = 0,41$). Die Leistungsdaten der „Modalgruppe“ wiesen demgegenüber bezogen auf den Durchschnitt wenig Veränderungen auf.

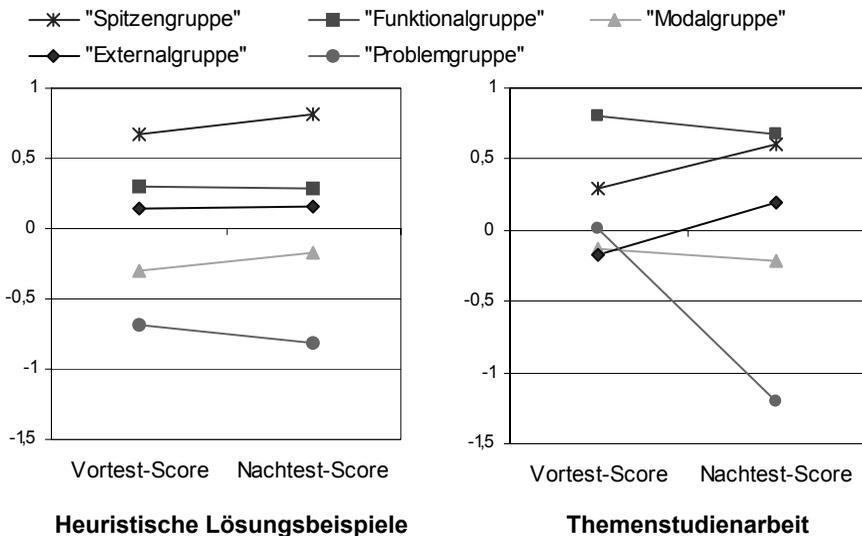


Abbildung 6: Beweis- und Argumentationskompetenz in Vor- und Nachtest

Im Sinne eines explorativen Vorgehens können mögliche Hinweise darauf, warum es zu den Anzeichen für unterschiedliche Verläufe zwischen den Lernumgebungen gekommen sein könnte, aus den in Abbildung 7 und 8 dargestellten Feedback-Daten der Lernenden gewonnen werden. Um Unterschiede zwischen den Lernumgebungen aufzufinden, wurden die (gemeinsam) z-transformierten mittleren Einschätzungen aufgetragen, die die Schülerinnen und Schüler zu den beiden Unterrichtssequenzen im Feedback-Fragebogen äußerten.

In Abbildung 7 und 8 deuten sich einige Unterschiede zwischen den untersuchten Lernumgebungen an. So schätzten Schülerinnen und Schüler der „Spitzen-“ und „Funktionalgruppe“, die ja bei den motivationalen Eingangsprofilen über höhere Fähigkeitsselbstkonzepte verfügten, das Anforderungsniveau der heuristischen Lösungsbeispiele als vergleichsweise geringer ein. Die Themenstudienarbeit wurde über die meisten Gruppen hinweg im Mittel als etwas anspruchsvoller gesehen. Während „Spitzen-“ und „Funktionalgruppe“ bei den heuristischen Lösungsbeispielen im Mittel angaben, etwas weniger motiviert und konzentriert gearbeitet zu haben, äußerten bei der Themenstudienarbeit in diesen Items eher die eingangs geringer motivierten Lernenden der „Problemgruppe“ negative Einschätzungen. Insbesondere ergab sich für diese Lernenden-Gruppe mit den ungünstigsten motivationalen Voraussetzungen im Mittel die tendenzielle Einschätzung einer gewissen Ziel-Unklarheit des Arbeitens.

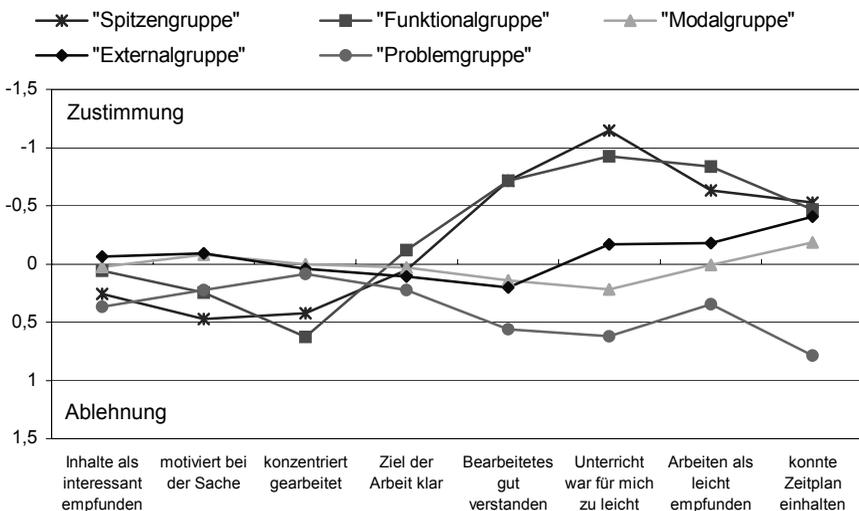


Abbildung 7: Äußerungen der Lernenden im Feedback-Fragebogen (Heuristische Lösungsbeispiele)

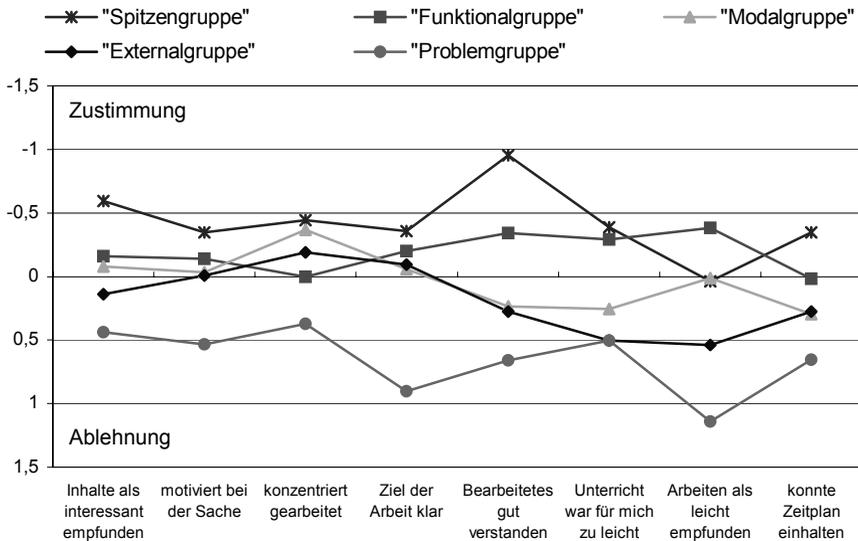


Abbildung 8: Äußerungen der Lernenden im Feedback-Fragebogen (Themenstudienarbeit)

5 Diskussion

Im Folgenden werden in 5.1 zunächst die im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Ergebnisse besprochen und interpretiert. In 5.2 werden mögliche Implikationen der Befunde und Anschlussfragen diskutiert.

5.1 Besprechung und Interpretation der Ergebnisse

5.1.1 Zusammenhänge zwischen motivationalen Dispositionen und Schulleistung

Die allgemeinen Zusammenhänge zwischen Prädispositionen im Bereich von Interesse, Leistungsmotivation, akademischem Fähigkeitsselbstkonzept und der Beweis- und Argumentationskompetenz als schulleistungsbezogener Variable bewegen sich insgesamt in der Größenordnung der in anderen Untersuchungen gefundenen Korrelationen (vgl. Helmke/Weinert 1997; Schiefele/Krapp/Schreyer 1993; auch Heinze/Reiss 2004).

5.1.2 Komplexere Zusammenhänge

Hinter solchen oft zwischen motivationalen Variablen und der Schulleistung nachgewiesenen globalen Zusammenhängen könnten sich, ähnlich wie auch von Ru-

dolph und Reiss (2005) vermutet, komplexere Zusammenhänge verbergen: Zunächst weisen die fünf in der Clusteranalyse gefundenen Gruppen von Lernenden offenbar verschiedenartige Profile motivationaler Dispositionen auf (vgl. Abb. 3 und Tab. 4). Betrachtet man beispielsweise die Vortestergebnisse für die „Spitzengruppe“ und die „Funktionalgruppe“, so zeichnet sich etwa ab, dass vergleichbar gute Leistungen und Fähigkeitsselbstkonzepte einerseits mit hohen, andererseits aber auch mit recht geringen Leistungsmotivations- und mittelmäßigen Interessenswerten einhergehen können. Die Leistungsentwicklung der „Externalgruppe“ legt die Vermutung nahe, dass höhere Werte in der Leistungsmotivation und der instrumentell-zukunftsorientierten Motivation trotz niedrigerer Werte bei intrinsischer Motivation, Fachinteresse und Fähigkeitsselbstkonzepten unter bestimmten Lernbedingungen überdurchschnittliche Entwicklungen der Beweis- und Argumentationskompetenz begünstigen könnten. Anzeichen für einen entsprechenden Zusammenhang wurden auch von Rudolph und Reiss (2005) beobachtet.

Insgesamt müssen die vorliegenden Ergebnisse jedoch mit großer Vorsicht interpretiert werden, weshalb es wünschenswert erscheint, eine entsprechende Untersuchung mit einer größeren Stichprobe zu wiederholen und auf diese Weise die Befunde zu prüfen.

5.1.3 Entwicklungen zwischen Vor- und Nachtest

Für die verschiedenen, nach Profilen motivationaler Prädispositionen gebildeten hierarchischen Cluster zeigen sich zum Nachtest hin einige Anzeichen für Entwicklungen bei Interesse, Motivation, Fähigkeitsselbstkonzepten und der Beweiskompetenz, die bei beiden Lernumgebungen ähnlich sind. Trotz der geringen Stichprobenlängen werden einzelne Befunde signifikant. So entwickelte sich die „Problemgruppe“ mit ihren ungünstigen motivationalen Eingangsbedingungen bei der Beweiskompetenz insgesamt tendenziell unterdurchschnittlich, wobei dies bei der Themenstudienarbeit in Form einer hoch signifikanten Abweichung vom Mittel stärker ausgeprägt war. Die motivationale „Spitzengruppe“ weist eine geringfügig überdurchschnittliche Schulleistungsentwicklung auf, während die „Modalgruppe“ einen im Wesentlichen in Bezug auf den Durchschnitt stagnierenden Verlauf verzeichnete.

Bei den beobachteten Entwicklungen im motivationalen Bereich könnten sich Effekte der Regression zur Mitte niedergeschlagen haben. Aufgrund von Unterschieden zwischen den beiden Lernumgebungen gibt es jedoch auch einige Anzeichen dafür, dass tatsächlich lernumgebungsspezifische Entwicklungen beobachtet werden konnten.

5.1.4 Anzeichen für Unterschiede zwischen den Lernumgebungen

So zeigten die Schülerinnen und Schüler der „Spitzengruppe“ bei den heuristischen Lösungsbeispielen eher Abnahmen im Bereich des beweispezifischen Fähigkeits-

selbstkonzepts, während bei der Themenstudie die instrumentell-zukunftsorientierte Motivation und die Leistungsmotivation abnahmen. Ein anderes Beispiel dafür, dass vermutlich nicht nur Regressionseffekte zu beobachten waren, ist darin zu sehen, dass die „Problemgruppe“ bei der Themenstudienarbeit zwar kaum eine Veränderung ihres mathematikbezogenen akademischen Selbstkonzepts zeigte, für das Beweisen und Argumentieren aber hoch signifikante Steigerungen der inhaltsbereichsspezifischen Selbstkonzepts eintraten. Dies bedeutet, dass Lernende dieser Gruppe mehr oder weniger isoliert für das Beweisen und Argumentieren positivere Einschätzungen der eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten gewannen. Diese Steigerungen gingen jedoch offenbar nicht mit einer überdurchschnittlichen Beweiskompetenzsteigerung einher. Zur Frage, inwiefern hier eine Art „Kompetenzillusion“ vorlag, besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Bezieht man die Rückmeldungen der Lernenden in den Feedback-Fragebögen mit ein, so ergeben sich Hinweise, dass die Lernangebote der Themenstudienarbeit von Schülerinnen und Schülern mit ungünstigen motivationalen Eingangsbedingungen vergleichsweise weniger gut genutzt worden sein könnten.

Demgegenüber scheinen bei den heuristischen Lösungsbeispielen eingangs motiviertere Lernende weniger Konzentration und Motivation bei der Arbeit aufgewendet zu haben. Dies könnte damit zusammenhängen, dass diese Lernenden die Lernumgebung häufig als „zu leicht“ empfunden haben könnten und sich so für die „Spitzen-“ und die „Funktionalgruppe“ eine nicht vollends optimale Passung im Anforderungsniveau der Lernumgebung ergeben haben könnten.

Es sei in diesem Zusammenhang angemerkt, dass es das Ziel dieser Untersuchung war, mögliche Unterschiede zwischen der Motivations- und Schulleistungsentwicklung für Lernende mit unterschiedlichen Profilen motivationaler Prädispositionen zu identifizieren und erste Anzeichen für mögliche Wirkmechanismen zu finden. Eine darüber hinausgehende Analyse, wie die einzelnen Befunde vor dem Hintergrund der Konzeption und der spezifischen Zielsetzungen der beiden Lernumgebungen zu bewerten sind, kann und soll an dieser Stelle nicht geleistet werden und erfordert vertiefende Auswertungen auch zusätzlicher Daten. Auf der Basis der hier vorgestellten Ergebnisse kann die zweite Untersuchungsfrage insofern beantwortet werden, als sich Anzeichen für unterschiedliche Wirkweisen verschiedener Lernumgebungen ergeben haben.

5.2 Diskussion möglicher Implikationen und Anschlussfragen

Über die bereits angesprochenen Anknüpfungspunkte für Folgeuntersuchungen hinaus werfen die vorgestellten Befunde die weiterführende Frage auf, inwiefern die festgestellten Profile motivationaler Dispositionen in weiteren Studien repliziert werden können. Auf dieser Basis könnten dann auch vertiefende Untersuchungen zu Wechselwirkungen und komplexeren Zusammenhängen verschiedener fach- und inhaltsbereichsbezogener motivationaler Komponenten mit schulleis-

tungsbezogenen Variablen angestellt werden. Erste Anzeichen für derartige, beispielsweise kompensatorische Wechselwirkungen zeichnen sich bereits in den hier vorgestellten Daten ab.

Dies bedeutet zum Ersten, dass es beispielsweise für Evaluationsuntersuchungen, die Motivation und Interesse in die Betrachtung einschließen, erforderlich wird, einer Mehrdimensionalität motivationaler Dispositionen Rechnung zu tragen. Eine Reduktion nur auf einzelne Indikatoren könnte zu Verzerrungen und mangelnder Aussagekraft von Ergebnissen führen.

Zweitens erscheint es insbesondere für fachdidaktische Forschung von Interesse, weitere Erkenntnisse zu inhaltsbereichsspezifischen bis hin zu unterrichtssituationsbezogenen motivationalen Variablen zu gewinnen. Gerade für Wirkungen verschiedener Lernumgebungen könnten sich etwa inhaltsbereichsspezifische motivationale Prädispositionen als bedeutsam herausstellen. Die aufgabenbezogenen Untersuchungsansätze von Zirngibl u. a. (2005) könnten etwa in diese Richtung weiterentwickelt werden. Auch Untersuchungen zu Wirkungen solcher spezifischer motivationaler Prädispositionen sind von großem Interesse.

Drittens entspricht dieser differenzierenden Vorgehensweise auch eine feinere Unterscheidung verschiedener schulleistungsbezogener Variablen. So könnte es etwa sinnvoll sein, entsprechend der in dieser Studie vorgeschlagenen Unterscheidung zwischen beweisbezogenem Fähigkeitsselbst und Kognitionsselbst auch metawissensbezogene Variablen der Schulleistung zusätzlich verstärkt in den Blick zu nehmen.

Angesichts der größeren Komplexität der Betrachtungsweise und dem Ziel, besonders zentrale Indikatoren im Bereich von Motivation und Interesse zu identifizieren, wird viertens weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf Wechselwirkungen etwa zwischen inhaltsbereichsbezogenen motivationalen Dispositionen und Variablen der Schulleistung deutlich. Hier könnten zur Hypothesenbildung auch qualitative Untersuchungen herangezogen werden. Da bei der Untersuchung inhaltsbereichsspezifischer motivationaler Dispositionen die Struktur der jeweiligen Inhaltsbereiche eine wesentliche Rolle spielen dürfte, kann mathematikdidaktische Forschung in diesem Feld bedeutsame Beiträge liefern.

Literatur

- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review* 84, S. 191–215.
- Baumert, J./Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: Baumert, J./ Bos, W./Lehmann, R. (Hrsg.). TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Band 2. Opladen: Leske + Budrich. S. 271–316.

- Baumert, J./Kunter, M./Brunner, M./Krauss, S./Blum, W./Neubrand, M. (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, S. 314–354.
- Baumert, J./Lehmann, R. u. a. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich.
- Boero, P. (1999). Argumentation and mathematical proof: A complex, productive, unavoidable relationship in mathematics and mathematics education. In: International Newsletter on the Teaching and Learning of Mathematical Proof, S. 7–8.
- Deci, F./Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik 39, S. 223–238.
- Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske+Budrich.
- Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.) (2004). PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster: Waxmann.
- Dweck, C. (1986). Motivational Processes Affecting Learning. In: American Psychologist 41(10), S. 1040–1048.
- Fend, H. (1998). Qualität im Bildungswesen. Schulforschung zu Systembedingungen, Schulprofilen und Lehrerleistung. Weinheim: Juventa.
- Götz, T. (2004). Emotionales Erleben und selbstreguliertes Lernen bei Schülern im Fach Mathematik. München: Utz.
- Groß, C. (2003). Beweisen lernen mit heuristischen Lösungsbeispielen. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2003, S. 257–260.
- Healy, L./Hoyles, C. (1998). Justifying and Proving in School Mathematics. Technical Report on the Nationwide Survey. Mathematical Science. London: Institute of Education, University of London.
- Heckhausen, H. (1989). Motivation und Handeln. Berlin: Springer (2. Auflage).
- Heinze, A./Reiss, K. (2004). Mathematikleistung und Mathematikinteresse in differenzieller Perspektive. In: Doll, J./Prenzel, M. (Hrsg.). Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung. Münster: Waxmann, S. 234–249.
- 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.
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt. In Krapp, A./Prenzel, M. (Hrsg.). Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessensforschung. Münster: Aschendorff, S. 297–329.
- Krapp, A. (1993). Psychologie der Lernmotivation. In: Zeitschrift für Pädagogik 39, S. 187–206.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht 45, S. 186–203.
- Krapp, A./Weidenmann, B. (Hrsg.) (2001). Pädagogische Psychologie. Weinheim: Beltz.
- Kuntze, S. (2003). Themenstudienarbeit im Mathematikunterricht als Vorbereitung auf die Facharbeit. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 56(8), S. 490–495.

- Kuntze, S. (2005a). Schülerinnen und Schüler reflektieren, beurteilen und präsentieren mathematische Themen – Die Themenstudienmethode im gymnasialen Mathematikunterricht. In: Lengnink, K./Siebel, F. (Hrsg.). *Mathematik präsentieren, reflektieren, beurteilen*. Mühltal: Verlag Allgemeine Wissenschaft, S. 37–54.
- Kuntze, S. (2005b). Förderung von Wissensaufbau zu Problemlösetechniken und Beweisstrategien mit heuristischen Lösungsbeispielen. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2005*, S. 327–330.
- Kuntze, S. (2005c). Also ich meine dazu ... – Materialien und Lernumgebungen zum Nachdenken über Mathematik. In: *mathematik lehren* 132, S. 4–10.
- Kuntze, S. (2006). Themenstudienarbeit. Konzeption einer Lernumgebung für den gymnasialen Mathematikunterricht und Evaluation einer Themenstudienarbeit zum mathematischen Beweisen und Argumentieren. [Dissertation]. München: Dr. Hut.
- Jacob, B. (1996). Leistungsemotionen bei Schülern. [Unpublizierte Diplomarbeit]. Regensburg: Universität.
- Pekrun, R. (1983). *Schulische Persönlichkeitsentwicklung*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Pekrun, R./Götz, T./vom Hofe, R./Blum, W./Jullien, S./Zirngibl, A./Kleine, M./Wartha, S./Jordan, A. (2004). Emotionen und Leistung im Fach Mathematik: Ziele und erste Befunde aus dem „Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik“ (PALMA). In: Doll, J./Prenzel, M. (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 345–363.
- Pekrun, R./Götz, T./Jullien, S./Zirngibl, A./vom Hofe, R./Blum, W. (2002). *Skalenhandbuch PALMA: 1. Messzeitpunkt (5. Jahrgangsstufe)*. Universität München: Institut für Pädagogische Psychologie.
- Pekrun, R./Götz, T./Jullien, S./Zirngibl, A./vom Hofe, R./Blum, W. (2003). *Skalenhandbuch PALMA: 2. Messzeitpunkt (6. Jahrgangsstufe)*. Universität München: Institut für Pädagogische Psychologie.
- Pekrun, R./vom Hofe, R. (2001). PISA-Längsschnittstudie Mathematik: Entwicklungsverläufe, individuelle Voraussetzungen und Kontextbedingungen von Mathematikleistungen bei Schülern der Sekundarstufe I. [Interner Abschlußbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft zur ersten Projektphase]. <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/biqua.htm> [Zugriff am 09.02.2007].
- Pekrun, R./Zirngibl, A. (2004). Schülermerkmale im Fach Mathematik. In: *Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.). PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann, S. 191–210.
- Prenzel, M. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Reiss, K. (2002). Beweisen, Begründen, Argumentieren. Wege zu einem diskursiven Mathematikunterricht. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2002*, S. 39–46.
- Reiss, K. (2005). Die Bedeutung von Interesse und Motivation für das Mathematiklernen. [Vortrag an der Universität Kassel am 17.01.2005].
- Reiss, K./Hellmich, F./Thomas, J. (2002). Individuelle und schulische Bedingungsfaktoren für Argumentationen und Beweise im Mathematikunterricht. In: Prenzel, M./Doll, J. (Hrsg.). *45. Beiheft zur Zeitschrift für Pädagogik*. Weinheim: Beltz, S. 51–64.
- Reiss, K./Renkl, A. (2002). Learning to Prove: The Idea of Heuristic Examples. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 34(1), S. 29–35.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. In: *Cognitive Science* 21, S. 1–29.

- Renkl, A. (Hrsg.) (2001). Lernen aus Lösungsbeispielen. In: *Unterrichtswissenschaft* 29, S. 1–95.
- Rheinberg, F. (1997). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Rudolph, F./Reiss, K. (2005). Charakteristika von Schülergruppen mit verschiedenen mathematikbezogenen Interessenprofilen. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2005*, S. 493–496.
- Schiefele, U./Köller, O. (1998). Intrinsische und extrinsische Motivation. In: Rost, D. (Hrsg.). *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, S. 193–197.
- Schiefele, U./Krapp, A./Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 2, S. 120–148.
- Zirngibl, A./Götz, T./Pekrun, R./vom Hofe, R./Kleine, M. (2005). Aufgabenspezifische Erfassung von Mathematikemotionen. [Vortrag anlässlich der 66. Tagung der Arbeitsgruppe für Empirische Pädagogische Forschung (AEPF), Freie Universität Berlin, 17.03.2005].

Anschrift der Verfasser

Dr. Sebastian Kuntze und Prof. Dr. Kristina Reiss
Lehrstuhl für Didaktik der Mathematik
Mathematisches Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München
Theresienstr. 39
80333 München
kuntze@math.lmu.de

Eingang Manuskript: 19.12.2006 (überarbeitetes Manuskript: 16.02.2007)