

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/298836329>

Motivational influences on the acquisition and application of knowledge in a simulated system

Article in *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* · March 1998

CITATIONS

22

READS

144

2 authors:



[Regina Vollmeyer](#)

Goethe-Universität Frankfurt am Main

74 PUBLICATIONS 1,588 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Falko Rheinberg](#)

Universität Potsdam

175 PUBLICATIONS 2,228 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Preparing the 9th edition of F. Rheinberg & R. Vollmeyer of the book "Motivation" (2017, Stuttgart: Kohlhammer). [View project](#)



Preparing the 4th edition of Rheinberg, F. & Krug, S. (2017). Motivationsförderung im Schulalltag. Göttingen: Hogrefe. [View project](#)

Motivationale Einflüsse auf Erwerb und Anwendung von Wissen in einem computersimulierten System¹ (Regina Vollmeyer & Falko Rheinberg)

Motivational influences on the acquisition and application of knowledge in a simulated system

Summary

Forty-eight students participated in an experiment in which they had to learn the structure of a complex, computer-simulated system. Subjects manipulated the system on each of 18 trials, after each of which they could analyze the result and compare it to earlier trials. By doing so they could increase their knowledge about the system, that is, they could learn the relations underlying the system. In the subsequent application phase they could use this knowledge to reach specified goal values for the system. Performance was measured both in terms of the number of correct relations ('structure score', a measure of knowledge acquisition in the learning phase) and how close subjects got to the goal values ('solution error', a measure of knowledge application). We examined the impact on two motivational factors ('interest in the task' and 'confidence of success vs. fear of failure') on both performance measures and by what processes these influences may be mediated. Two process variables were recorded during the learning phase: (1) systematicity of the strategies used, and (2) a measure of 'effortless concentration' (see Csikszentmihalyi 1975). A path-analysis showed a clear path in which a more systematic strategy leads to more knowledge in the learning phase, which in turn leads to better performance in the application phase. However, the motivational factor 'confidence of success vs. fear of failure' had a direct impact and two indirect influences on knowledge application. The two indirect impacts on performance were mediated by strategy systematicity, and 'effortless concentration' respectively. The motivational factor 'interest' may have had no influence, because of measured changes in the task's attractiveness. These results illuminate the processes that are responsible for the impact of motivation on performance.

Zusammenfassung

Achtundvierzig Studierende nahmen an einem einstündigen Experiment teil, in dem sie während einer Lernphase Wissen über die Beziehungsstruktur in einem komplexen, computersimulierten System erwerben sollten. Dazu konnten sie 18 mal in das System eingreifen, die Effekte dieser Eingriffe analysieren und mit früheren in Beziehung setzen. In einer anschließenden Anwendungsphase war auf der Basis dieses Wissens das System auf vorgegebene Zielwerte zu bringen. Als Leistungsmaße galten die Menge an richtig erkannten Beziehungen (= Wissenserwerb in der Lernphase) sowie die erreichte Annäherung an die vorgegebenen Zielwerte (= Anwendungsleistung). Untersucht wurde, inwieweit zwei Motivationsfaktoren, nämlich 'Interesse/Spaß an der Aufgabe' und 'Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung' bei dieser Aufgabe Einfluß auf den Erwerb und die Anwendung von Wissen haben und über welche Prozeßvariablen dieser Einfluß vermittelt wird. Hierzu wurden als Prozeßmaße (1) die Systematik der in der Lernphase verwandten Strategie ('Strategiesystematik') sowie (2) die

¹Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (1998). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 12, 11-23

‘anstrengungsfreie Konzentration’ erfaßt. Bei einer pfadanalytischen Modellüberprüfung zeigte sich zunächst ein deutlicher, rein kognitiver Pfad von der ‘Strategiesystematik’ in der Lernphase über die Menge erworbenen Wissens am Ende der Lernphase auf die Anwendungsleistung. Daneben hatte der Motivationsfaktor ‘Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung’ auf den Wissenserwerb einen direkten Einfluß sowie einen, der über die Prozeßvariable ‘Strategiesystematik’ vermittelt war. Weiterhin hatte dieser Motivationsfaktor einen Einfluß auf die Anwendungsleistung, der über die Prozeßvariable ‘anstrengungsfreie Konzentration’ vermittelt war. Für den Motivationsfaktor ‘Interesse’ waren vermutlich deshalb keine Leistungseffekte nachzuweisen, weil sich die Attraktivität der Aufgabe im Verlauf des Experimentes offensichtlich veränderte. Die Ergebnisse werden als Beitrag zur Klärung der Frage gewertet, über welche Prozeßvariablen Motivation Einfluß auf Lernleistungen nimmt.

1 Einführung

In der pädagogisch-psychologischen Motivationsforschung lassen sich grob zwei Frageperspektiven unterscheiden. Bei der ersten hat Motivation den Status einer abhängigen Variable. Hier fragt man nach Bedingungen bestimmter Motivationsphänomene und der Möglichkeit, sie zu beeinflussen: Wie läßt sich Lernmotivation steigern, wie Mißerfolgsfurcht und Prüfungsangst senken (z. B. Rheinberg & Krug 1993)? Wie lassen sich ein realistisches Selbstbewertungssystem fördern (z. B. Heckhausen 1972), wie eine erwünschte Interessenentwicklung (z. B. Krapp & Prenzel 1992), wie das Erleben eigener Urheberschaft und Kompetenz (z. B. DeCharms 1976) und weitere Dinge mehr, von denen wir - pädagogisch mehr oder weniger begründbar - wünschen, daß sie sich bei Schülern und Jugendlichen entwickeln? Solche Forschungsfragen haben wohl wegen ihrer leicht erkennbaren Anwendungskonsequenzen zurecht viel Aufmerksamkeit gefunden und sind weiter zu verfolgen.

In der jetzigen Arbeit folgen wir allerdings der zweiten Fragenperspektive, bei der Motivation eher den Status einer unabhängigen Variable hat. Hier geht es darum, wie sich bestimmte Motivationsvariablen auf den Lernprozeß und seine Ergebnisse auswirken. Solche Fragen sind vielleicht wegen scheinbarer Trivialität seltener untersucht worden. In unserer Alltagspsychologie scheinen diese Dinge ja auch längst geklärt. Motivation und Anstrengung fördern Lernen und seine Ergebnisse: „Ohne Fleiß keinen Preis“. Aber wie im einzelnen kommt man vom „Fleiß“ zum „Preis“? Hierzu ist zunächst festzustellen, daß Motivation per se keinen Lernzuwachs macht. Den bewirkt erst die Ausführung innerer und/oder äußerer (Lern-) Aktivitäten (s. im einzelnen Rheinberg 1988). Vorerst hypothetisch nehmen wir an, daß motivationale Faktoren hierbei auf drei Variablenebenen wirksam werden können. Sie nehmen Einfluß:

- (1) auf die *Dauer und Häufigkeit* von (Lern-)Aktivitäten
- (2) auf die *Qualität* der ausgeführten (Lern-)Aktivitäten und
- (3) auf den *Funktionszustand* des Lernalters während der Ausführung der (Lern-) Aktivitäten.

Beim Lernen unter Alltagsbedingungen müßten zumindest innerhalb mittel- bis langfristiger Beobachtungszeiträume auf allen drei Ebenen größere Freiheitsgrade bestehen. Insbesondere bei den vielfältigen Gelegenheiten und Notwendigkeiten zum selbstgesteuerten Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen bieten sich ja große Spielräume in der Dauer, der Häufigkeit und der Qualität von Lernaktivitäten. Die Chancen für den Einfluß motivationaler Faktoren müßten unter diesen Bedingungen also relativ gut sein. So gesehen überrascht nicht, wenn in Untersuchungszeiträumen von einem bis mehreren Schul- bzw. Studienjahren Zusammenhänge zwischen Motivations- und Leistungsvariablen zwar nicht immer, aber doch relativ häufig nachgewiesen wurden (z. B. Pekrun 1988; Jerusalem 1984; Helmke 1993; zusammenf. Rheinberg 1996).

Nun sagen uns Zusammenhänge zwischen Motivation und Lernleistung noch nicht, wie im einzelnen wir uns die Motivationseinflüsse auf Lernleistung vorzustellen haben. Auf welchen der drei Variablenebenen lassen sich welche Wirkpfade ausmachen? Indirekte Hinweise finden sich hierzu bei Ludwig (1982). Die Autorin fand zunächst, daß hoch leistungsmotivierte Studierende eher gute Schul- und Studienleistungen aufwiesen. Aus den Schilderungen ihrer jetzigen Tagesabläufe und ihres zurückliegenden Arbeitsverhaltens ergab sich nun recht deutlich, daß diese Studierenden mehr Zeit auf Lernaktivitäten verwandten und diese häufiger und regelmäßiger ausführten. Das beträfe also die Variablenebene 1. Hinweise, daß diese Studierenden dabei auch noch besonders „intensiv“ arbeiteten, könnte die Ebene 2 und/oder 3 betreffen - je nachdem, was mit „intensiv“ im einzelnen gemeint sein soll. Letzteres ist der Arbeit nicht so genau zu entnehmen.

Unüberprüft bleibt bei dieser Erkundungsstudie allerdings, inwieweit der Zusammenhang zwischen Motivation und Leistung tatsächlich über die Dauer und Art von Lernaktivitäten zustande gekommen ist. Gleichsinnigkeit von Korrelationen sagt ja nichts über Wirkungsbeziehungen aus. Einen Versuch in dieser Richtung haben unlängst Schiefele, Wild & Winteler (1995) mit einer Mediatoranalyse unternommen. Hierbei zeigte sich, daß der übliche $r \approx .30$ Zusammenhang zwischen Studieninteresse und Studienleistung (hier: Vordiplomnoten) wohl über den betriebenen Lernaufwand (Variablenebene 1), nicht jedoch über die Qualität der Lernaktivitäten (Variablenebene 2) vermittelt war.

Daß Motivation über investierte Lernzeit und Lernaufwand die Lernleistung beeinflusst, ist für die Unterrichts- und Erziehungspraxis ohne Frage ein höchst bedeutsames Faktum, das als plausible Annahme auch schon relativ früh in Modellen schulischen Lernens auftaucht (z. B. Carroll 1973; Brown 1978; Atkinson & Lens 1980). Unter Forschungsgesichtspunkten gewertet, erscheint dieser Erkenntnisgewinn zur Variablenebene 1 gleichwohl eher bescheiden: Wer höher motiviert/interessiert ist, lernt länger und öfter und wer das tut, der kann später auch mehr. Wenn wir mehr nicht zeigen könnten, so wäre unser Forschungsertrag trotz aller Praxisrelevanz doch etwas dürftig.

Die Frage ist, ob sich Motivationseinflüsse auf Lernleistungen tatsächlich darauf beschränken, ob überhaupt und wie lange jemand (irgendwelche) Lernaktivitäten in Angriff nimmt, während das, was in dieser Zeit dann genau geschieht, sozusagen ausschließlich eine Sache der Kognitiven Psychologie ist. Eingangs hatten wir ja angenommen, daß neben der Häufigkeit und Dauer (Ebene 1) eben auch noch die Art der Lernaktivitäten (Ebene 2) sowie der Funktionszustand während des Lernens (Ebene 3) von motivationalen Faktoren (mit)beeinflusst sei. Um zu den Ebenen 2 und 3 Genaueres in Erfahrung zu bringen, muß man wohl präziser zugreifen als das bei molaren Felduntersuchungen über mehrjährige Zeiträume hinweg möglich ist. Angezeigt ist statt dessen ein experimentelles Vorgehen, bei dem unter kontrollierten Bedingungen die Arbeitsweise der Probanden sowie die erzielten Lernergebnisse kleinschrittig erfäßbar sind und in Abhängigkeit von spezifischen Motivationsfaktoren analysiert werden können.

Allerdings muß man sich bei einem solchen experimentellen Vorgehen wiederum klar darüber sein, daß man einen wesentlichen Einflußpfad auf der Variablenebene 1 ausschaltet, nämlich die Möglichkeit, im Angesicht konkurrierender Alternativen sich überhaupt mit Lernaktivitäten abzugeben oder eben etwas ganz anderes zu tun. Wer nämlich zum Experiment erschienen ist, hat diese Wahl in der Regel nicht mehr. Wohl oder übel macht er lernend mit - wenn auch mit vielleicht unterschiedlichem Engagement und unterschiedlicher Ausdauer. Es kann bei solchen experimentellen Untersuchungen deshalb nicht mehr um die Demonstration der globalen Einflußmächtigkeiten von Motivationsfaktoren gehen, sondern stets nur um die gezielte und eingegrenzte Überprüfung möglicher Pfade, über die Motivation Einfluß auf das Lerngeschehen und seine Resultate nehmen kann.

Auf die experimentellen Arbeiten aus dem Bereich der Leistungsmotivationsforschung (z. B. zum motivationsabhängigen Austausch von Leistungsmenge und Leistungsgüte) gehen wir an

dieser Stelle nicht ein (s. hierzu Heckhausen, Schmalt & Schneider 1985 sowie Schneider, Wegge & Konradt 1993). Für den Anwendungsbereich Lehren und Lernen sind nämlich experimentelle Arbeiten zum Textlernen einschlägiger, wie sie unlängst von Schiefele (1996) vorgelegt wurden. Obwohl wir es hier mit nur kurzen und experimentell isolierten Lernepisodes zu tun haben, finden sich zunächst Zusammenhänge zwischen Interesse am Textinhalt und der nachfolgend erhobenen Lernleistung. Diese Zusammenhänge bleiben auch bei Kontrolle des themenspezifischen Vorwissens der Probanden erhalten. Nun zeigten hoch interessierte Lerner andere Lernaktivitäten als niedrig interessierte. Erstere bearbeiteten die Texte „tiefer“, führten mehr Elaborationen durch, machten mehr Unterstreichungen, mehr Randnotizen und dergleichen mehr. Wir erhalten aus diesen Untersuchungen aber nicht nur Hinweise zu motivationalen Einflüssen auf die Qualität von Lernaktivitäten (Variablenebene 2), sondern auch auf den Funktionszustand während des Lernens (Variablenebene 3): Hoch interessierte Lerner fühlten sich bei der Arbeit mit dem Text aktivierter und hatten in flow-typischer Weise weniger Schwierigkeiten, sich auf den Text zu konzentrieren.

Aber haben all diese Variablen aus der Lernphase etwas damit zu tun, welche Lernleistungen jemand hinterher erzielt? Überraschenderweise fielen die Mediatorenüberprüfungen überwiegend negativ aus! Lediglich für eine Funktionszustandsvariable, nämlich die selbsteingeschätzte Aktivierung („aktiv, munter, frisch, dynamisch, tatkräftig“) ließ sich zeigen, daß sie unter experimentellen Lesebedingungen den Einfluß von thematischem Interesse auf Leistungsparameter beim Textlernen vermittelt.

2 Fragestellung

Experimente zum Lernen mit Texten haben den Vorteil, für weite Bereiche des Selbststudiums ökologisch hoch valide zu sein. Man untersucht ziemlich genau das, was Lerner unter Alltagsbedingungen tun, sofern sie mit Texten lernen. Diese Alltagsnähe bringt aber auch einige Untersuchungsnachteile. Meist sind Aktivitäten und Befindlichkeiten während des Lernens erst im Nachhinein beurteilbar. Das kann unproblematisch sein (z. B. bei der Analyse schriftlicher Textbearbeitungsspuren), aber auch grundsätzliche Erhebungsprobleme bereiten (z. B. bei der nachträglichen Einschätzung des eigenen Flowzustandes, auf den man ja im Tätigkeitsvollzug kaum achtet).

Wir haben deshalb versucht, Wirkungspfade von Motivation auf Lernen und Lernleistung am Beispiel einer Aufgabe zu untersuchen, bei der das Lerngeschehen über mehrere Meß- und Beobachtungszeitpunkte in seinem Verlauf besser erfaßbar werden müßte. Die Aufgabe besteht darin, daß die Probanden durch Eingriffe in ein komplexes computersimuliertes System und durch die Analyse der daraufhin aufgetretenen Effekte Wissen darüber erwerben sollen, welche Wirkungsbeziehungen in diesem System bestehen (s. unten). (Man könnte den hier auftretenden Lerntypus dem etwas schillernden Konzept des ‘Entdeckenden Lernens’ nach Bruner (1961) zuordnen.) Da Pädagogen neben dem *Erwerb* von Wissen es mitunter für wünschbar halten, daß Lerner dieses Wissen auch *anwenden* können, haben wir dies in einer zusätzlichen experimentellen Phase ebenfalls überprüft. Hier sollten die Probanden auf der Basis des zuvor erworbenen Wissens das System in einen vorgegebenen Zustand bringen. Wir können also der Frage nach dem Einfluß motivationaler Faktoren sowohl auf der Ebene des Erwerbs als auch auf der Ebene der Anwendung des erworbenen Wissens nachgehen.

Bislang haben wir nur allgemein von „motivationalen Faktoren“ gesprochen. Der Grund liegt darin, daß wir nicht von etablierten Motivkonzeptionen, die wir im Vorhinein hätten benennen können, ausgegangen sind. Statt dessen haben wir kontextspezifisch motivational bedeutsame Erlebniskomponenten zusammengestellt, die nach Exploration und Selbsterfahrung in Vorversuchen bei diesem Aufgabentypus auftreten (s. unten). Die Faktorisierung eines entsprechenden Fragebogens zur Motivationslage nach Lesen der Aufgabeninstruktion und vor

der Aufgabenbearbeitung lieferte zwei Faktoren, die sich recht klar als „hohes vs. geringes *Interesse/Spaß an der Aufgabe*“ und als „*Erfolgsszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung*“ interpretieren ließen (s. unten). Nunmehr präziser formulierbar werden wir also der Frage nach dem Einfluß von aktualisiertem Interesse und von Erfolgsszuversicht (vs. Mißerfolgsbefürchtung) auf Erwerb und Anwendung von Wissen nachgehen.

Wie eingangs aufgeführt, interessiert aber nicht allein die Frage, *ob* bestimmte motivationale Variablen bei einem jeweiligen Aufgabentypus Leistungsauswirkungen haben, sondern mehr noch die Frage, über welche Wirkungspfade das geschieht. Da aufgrund der jetzigen Experimentalsituation (s. unten) nur geringe bzw. keine Freiheitsgrade hinsichtlich der Dauer und Häufigkeit von Lernaktivitäten (Variablenebene 1) bestanden, kamen als Mediatoren Variablen auf den Ebenen 2 und 3 in Betracht.

Als Funktionszustandsvariable wählten wir die flowtypische *anstrengungsfreie Konzentration* auf die Aufgabe. Einerseits müßte diese Variable von Motivationsfaktoren beeinflussbar sein. Für den Motivationsfaktor ‘Interesse’ ist das ja bereits gezeigt worden (Schiefele 1996). Bei dem Faktor Erfolgsszuversicht vs. Mißerfolgsfurcht läßt sich insbesondere aus der Hilflosigkeitforschung ableiten, daß ängstliche Besorgtheit die Konzentration auf die Aufgabe beeinträchtigt (z. B. Kuhl 1995; Stiensmeier-Pelster 1988), während die Zuversicht, der durchaus anspruchsvollen Aufgaben gewachsen zu sein, die flowtypische Konzentration fördern müßte (Csikszentmihalyi 1987; Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi 1991).

Was die möglichen Leistungseinflüsse dieser Funktionszustandsvariable angeht, ist zu beachten, daß wir es - anders als beim Textlernen - nicht mit der linearen Bearbeitung eines didaktisch aufbereiteten Lehrtextes zu tun haben, sondern mit der interaktiven Erkundung eines schwer durchschaubaren Systems. Effizienter Wissenserwerb erfordert hier fortlaufende Eingriffsplanung, Effektanalysen, Hypothesenbildung, Berechnungen, Strategieüberlegungen - kurzum, recht heterogene und z. T. anspruchsvolle Operationen. Bei solchen Anforderungen erscheint die Annahme plausibel, daß das Ausmaß, in dem man seine Kognitionen aufgabenorientiert organisieren und überwachen, d. h. „sich konzentrieren“ kann, Einfluß darauf nimmt, wieviel Wissen man über die Zusammenhangsstruktur des Systems erwirbt. Sowohl wegen ihrer potentiellen Motivationsabhängigkeit, als auch wegen ihrer möglichen Leistungseinflüsse schien uns die anstrengungsfreie Konzentration also eine aussichtsreiche Mediatorvariable zu sein.

Als zweite potentielle Mediatorvariable wählten wir ein Qualitätsmerkmal der Aktivitäten, die die Probanden zum Wissenserwerb einsetzten (Variablenebene 2). Es handelt sich um die *Systematik der Strategie*, mit der die Probanden in das System eingreifen. Hierzu war aus früheren Experimenten (z. B. Vollmeyer, Burns & Holyoak 1996) bereits klar, daß diese Variable die Leistung beim Wissenserwerb stark beeinflusst. Die Optimalstrategie besteht darin, stets nur einen Systemparameter zu verändern, um unter Konstanthaltung der anderen einzelne Ursache-Wirkung-Beziehungen isolieren und später integrieren zu können. Am schlechtesten schneiden Probanden ab, die völlig unsystematisch alle Systemparameter gleichzeitig verändern.

Beobachtungen aus vorangegangenen Experimenten ließen vermuten, daß wir es im letzteren Fall häufiger mit einer oberflächlichen Bearbeitung zu tun haben: Statt Analysepläne zu entwickeln, exakte Hypothesen zu formulieren, jetzige Effekte mit vorangegangenen zu verknüpfen, um dann Konsequenzen für das weitere Vorgehen zu ziehen, wird hier - sozusagen ohne „kognitive Tiefenstruktur“ - drauf los variiert. Effekte dieser Eingriffe werden gar nicht oder höchst verkürzt ausgewertet, um dann schnell und ungezielt mit erneuten Systemeingriffen weiter zu machen. Wir vermuten, daß diese oberflächliche Interaktion mit dem System eher bei ungünstigen Motivationsvoraussetzungen (i. e. geringes Interesse, Mißerfolgsfurcht) auftritt, da man sich auf diese Weise sehr viele interne Aktivitäten ersparen kann.

Zusammengefaßt gehen wir also bei der Mediatorenanalyse der Frage nach, inwieweit mögliche Effekte von Interesse und Erfolgsszuversicht auf Lern- und Anwendungsleistungen über

die Funktionszustandsvariable „anstrengungslose Konzentration“ und die Lernaktivitätsvariable „Systematik der eingesetzten Strategien“ vermittelt werden.

3 Methode

3.1 Die verwendete Aufgabe: Das computersimulierte Bio Lab.

Eingesetzt wurde ein computersimuliertes System, wie es bei Untersuchungen zum komplexen Problemlösen verwendet wird (zu einem Überblick s. Funke 1991). Solche Systeme lassen sich u. a. mit dem Rahmenprogramm DYNAMIS von Funke (1992) konstruieren. Das hier verwandte Biology Lab wurde von Vollmeyer, Burns & Holyoak (1996) auf der Basis dieses Rahmenprogramms entwickelt.

Die Struktur dieses Systems ist relativ komplex, da drei Inputvariablen auf unterschiedliche Weise mit drei Outputvariablen verknüpft sind. Zudem ist bei einer der Outputvariablen eine Eigendynamik implantiert. Diese Variable ändert sich also unabhängig von den vorgenommenen Systemeingriffen.

Die Aufgabenstellung und der Umgang mit dem System sind in einer knapp zweiseitigen Anweisung detailliert beschrieben. Hier lesen die Probanden, daß sie in einem biologischen Labor sind, in dem es einen Wassertank gibt, bei dem drei Qualitätsmerkmale interessieren: der Gehalt von *Sauerstoff* (O_2) und *Chlor* (Cl) sowie die *Temperatur*. Diese Merkmale werden von drei Inputvariablen beeinflusst, nämlich *Salz*, *Kohlenstoff* und *Kalk*.

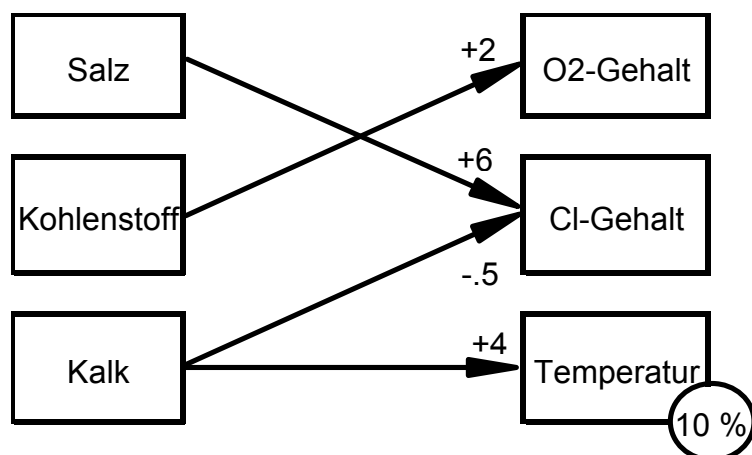


Abb. 1: Die Struktur des Bio Lab

Abbildung 1 zeigt die Struktur des Systems. Man sieht, daß der Sauerstoffgehalt relativ einfach zu steuern ist, da er nur von einer Inputvariable (Kohlenstoff) beeinflusst wird. Die anderen Beziehungen sind komplexer, weil entweder eine Outputvariable (Chlor) von zwei Inputvariablen zugleich beeinflusst wird, bzw. eine Inputvariable (Kalk) Effekte in zwei Outputvariablen hat. Die Zahlen an den Wirkungspfeilen sind Gewichte für die Stärke des Effektes, den eine jeweilige Veränderung der Inputvariable bei der Outputvariable hat. Der Kreis bei der Temperatur indiziert eine Eigendynamik. Die Temperatur nimmt nämlich in jedem Durchgang um 10 % ihres jeweiligen Wertes ab, was natürlich die Effekte eines jeweiligen Systemeingriffs überlagern kann. Der Wert für jeden Bestand i im Durchgang t , läßt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\text{Bestand}_{i,t} = \lambda \text{Bestand}_{i,t-1} + \sum w_{ij} \text{Eingabe}_j,$$

wobei λ die Eigendynamik ist, Eingabe_j ist die Zahl, die für die Inputvariable j eingegeben wurde, und w_{ij} ist das Gewicht der Relation zwischen einer Inputvariable j und einer Output-

variable i . Zu beachten ist, daß das Zuweisen einer Zahl für eine Inputvariable Veränderung bedeutet. Nur bei Zuweisen von Null ist die Inputvariable nicht für Veränderung in den Werten verantwortlich.

In einer Lernphase haben die Probanden insgesamt 18 mal Gelegenheit (3 Runden mit 6 Eingriffen), in das System einzugreifen, indem sie beliebige Werte in die Inputvariablen einsetzen. Aufgrund der Analyse der dann jeweils auftretenden Effekte bei den Outputvariablen können sie Wissen über die Wirkungsbeziehungen in dem System erwerben. Da das System nicht so einfach zu durchschauen ist, führt allerdings ein oberflächliches Herumprobieren kaum zu Lernzuwachs. Erforderlich sind vielmehr ein systematisch variierendes Vorgehen, Vergleiche und Verknüpfungen mit zuvor aufgetretenen Effekten sowie die Entwicklung und Überprüfung sparsamer Hypothesen. Den Probanden wird anfangs der Lernphase gesagt, sie möchten so viel wie möglich über die Wirkungsbeziehungen in dem System herausfinden.

Im Anschluß an die Lernphase werden den Probanden in einer Anwendungsphase Zielwerte für die drei Outputvariablen vorgegeben, die sie durch die Beeinflussung der Inputvariablen herstellen sollen. Hierfür stehen ihnen sechs Systemeingriffe zur Verfügung.

3.2 Bedingungsvariation: Strategieempfehlung

Eingebettet in die zweiseitige Anweisung zum Umgang mit dem Bio Lab wurde einer Probandengruppe ($n = 25$) erläutert, daß die „wissenschaftliche Methode“ bei der Untersuchung unbekannter Zusammenhangsstrukturen darin bestehe, Effekte einer einzelnen Variable zu isolieren. So würde man z. B. nur ein einzelnes Medikament verabreichen, wenn man seine Wirkung auf eine Krankheit untersuchen will und nicht etwa drei potentiell wirksame Medikamente zugleich ausprobieren. In einem vorangegangenen Experiment (Vollmeyer, Burns & Holyoak 1996) hatte sich gezeigt, daß eine solche Empfehlung die Lern- und Anwendungsleistung günstig beeinflussen kann, weil sie die Probanden zu systematischerem Vorgehen veranlaßte. Dieser Befund sollte repliziert werden. Eine zweite Probandengruppe ($n = 23$) erhielt diese Strategieempfehlung nicht.

3.3 Erfassung der Eingangsmotivation

Um uns nicht im vorhinein auf bestimmte Motivationskonzepte einzuengen, sondern motivationale Einflußquellen möglichst aufgaben- und kontextspezifisch zu erfassen, wurden zunächst thematisch breit gefächerte Aussagen zu motivationsrelevanten Bewertungen, Erwartungen, Befürchtungen, Zuständlichkeiten etc. gesammelt, die nach Vorerhebungen (Vollmeyer & Rheinberg 1995) bei diesem System auftreten können. Auf dieser Basis entstand ein Fragebogen mit 19 Items, bei denen die Probanden den Grad ihrer Zustimmung („trifft zu“ - „trifft nicht zu“) auf einer siebenstufigen Skala angeben konnten (z. B.: „Ich bin gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde“; „Ich wünschte mir, ich könnte ein anderes Experiment machen“). Dieser Fragebogen wurde nachfolgend faktorisiert (s. unten), um dann mit den Hauptdimensionen weiter rechnen zu können, die im Erleben dieser Aufgabensituation im Vordergrund stehen. Dieser Fragebogen wurde nach der Instruktion zum Bio Lab unmittelbar vor Beginn der Lernphase gegeben.

3.4 Prozeßmaße

3.4.1 Funktionszustand und aktuelle Motivation

Während der Lernphase wurden nach jedem sechsten Eingriff drei Selbsteinschätzungen auf siebenstufigen Skalen erhoben. *Anstrengungsfreie Konzentration*: „Ich habe keinerlei Schwierigkeiten, meine Gedanken beisammen zu halten“; *aktueller Tätigkeitsanreiz*: „Die Aufgabe macht mir noch Spaß“; *aktuelle Erfolgserwartung*: „Ich bin sicher, die richtige Lösung zu finden“. Um die Unterbrechung der Arbeit mit dem Bio Lab möglichst gering zu halten, mußten wir uns hier mit Ein-Item-Skalen begnügen.

3.4.2 Systematik der Strategie

Jeder der 18 Eingriffe in das System wurde einer von drei Kategorien zugeordnet.

- *Kategorie 1*: Variation nur einer Inputvariable, Konstanthaltung der anderen. Beispiel: Salz: 10, Kohlenstoff: 0; Kalk: 0. Das war die Optimalstrategie.
- *Kategorie 2*: Es wird mehr als eine Inputvariable verändert, jedoch ist eine Systematik erkennbar. Beispiele: Eine Inputvariable erhält einen sehr hohen, die anderen niedrige Werte (z. B. 100;10;10). Oder: Alle erhalten die gleichen Werte, aber mit unterschiedlichen Vorzeichen (-100;100;100).
- *Kategorie 3*: Keinerlei Systematik erkennbar. Es werden unterschiedlichste Zahlen eingesetzt, oder der Proband setzt starr immer wieder die gleichen Zahlen ein. (Letztes ist natürlich auch „systematisch“, aber nicht mit Blick auf Wissenserwerb über die Beziehungsstruktur des Systems.)

Bei der Zuordnung der Eingriffe zu den drei Kategorien wurde mit Cohens $\kappa = .92$ eine gute Interraterübereinstimmung erzielt (Cohen 1960).

3.5 Abhängige Variablen

3.5.1 Wissenserwerb (Lernphase)

In der Lernphase wurde den Probanden nach jeweils sechs Systemeingriffen (entspricht einer Runde) ein leeres Diagramm vorgelegt, in das sie eintragen sollten, was sie zur Beziehungsstruktur des Systems zu wissen glaubten. Das leere Diagramm gleicht Abbildung 1 mit dem Unterschied, daß alle Pfeile und Gewichte fehlen und daß jede Outputvariable einen (leeren) Kreis zur Markierung von Eigendynamik hatte. In dieses Diagramm zeichneten die Probanden Pfeile ein, wenn sie einen Wirkungszusammenhang zwischen In- und Outputvariablen erkannt hatten und gaben über Plus- und Minuszeichen an, ob ein Zuwachs bei der Inputvariable die Outputwerte steigen oder sinken läßt. Außerdem sollten sie über das Gewicht angeben, wie stark der Einfluß der Input- auf die Outputvariable ist und schließlich eintragen, wenn sie eine Eigendynamik ausfindig gemacht hatten.

Als Maß für den Wissenserwerb galt ein korrigierter Summenwert aus der Summe der richtigen Pfeile, Richtungen und Gewichte (inklusive Gewichte der Eigendynamik). Diese Summe wurde bereinigt durch eine Ratekorrektur (siehe Woodworth 1954, 700), bei der von den richtigen Angaben relativiert auf die Anzahl der maximal richtigen Angaben die Anzahl der falschen Angaben relativiert auf die Anzahl der maximal falschen Angaben subtrahiert wird (s. folgende Formel als Beispiel für die Anzahl der Gewichte; Relationen und Richtungen wurden auf gleiche Weise berechnet).

Strukturwert_{Gewichte} = $\Sigma \text{Treffer} / \text{maximale Treffer} - \Sigma \text{Fehler} / \Sigma \text{maximale Fehler}$

Der Gesamtwert zum Wissensstand ist die ungewichtete Summe von drei Strukturwerten für die Relationen, die Richtungen und die Gewichte.

3.5.2 Zielerreichungswerte (Anwendungsphase)

In der Anwendungsphase sollten die Probanden die Outputvariablen in sechs Durchgängen auf vorgegebene Zielwerte bringen. Als Leistungsmaß galt jeweils die Summe der Differenzen zwischen Zielwerten und erreichten Werten. Konkret bedeutet das, daß in der Anwendungsphase nach jedem der sechs Eingriffe für Sauerstoffgehalt, Chlorgehalt und Temperatur die Differenz vom erreichten Wert zum jeweiligen Zielwert gebildet wurde. Da uns nicht interessierte, ob der Proband über oder unter dem Zielwert lag, wurde die absolute Differenz berechnet. Damit ergaben sich insgesamt 18 Werte. Dieses Maß zeigte eine linksschiefe Verteilung. Aus diesem Grund wurde die Varianz durch eine logarithmische Transformation korrigiert. Wenige Probanden erreichten die Zielwerte genau, aber da Null nicht logarithmisch transformiert werden kann, wurde bei jedem Probanden zum Lösungsfehler Eins addiert. Diese Werte wurden über die sechs Durchgänge aufsummiert und gemittelt, so daß pro Person ein Gesamtwert für die Zielerreichungsleistung in der Anwendungsphase vorliegt.

3.6 Durchführung

Das Bio Lab wurde den Probanden am Computer präsentiert. Alle Probanden erhielten auf knapp zwei DIN A4 Seiten eine schriftliche *Instruktion*, die das System im Prinzip erklärten. Vor allem wurde erklärt, daß die Inputvariablen die Outputvariablen irgendwie beeinflussen, und daß es die Aufgabe des Probanden sei, möglichst viel über die Einflußstruktur herauszufinden. Ein Teil der Stichprobe erhielt hier als Bedingungsmanipulation den Hinweis, daß Wissenschaftler in solchen Situationen meist nur eine Inputgröße variieren (Strategieempfehlung, s.o.). Nach Durcharbeiten der Instruktion und Beantwortung von Rückfragen füllten die Probanden den *Motivationsfragebogen* aus. Danach folgten die drei Runden mit jeweils sechs Durchgängen der *Lernphase*. In dieser Phase machten die Probanden nach jedem sechsten Durchgang Eintragungen in ein leeres Strukturdiagramm (Erhebung des Wissensstandes). Zudem wurden der Funktionszustand und die aktuellen Werte für Tätigkeitsanreiz und Erfolgszuversicht erhoben. Nach dieser Eintragung wurden alle Outputvariablen wieder auf die Ausgangswerte (400 für Sauerstoffgehalt, 500 für Chlorgehalt und 900 für Temperatur) gesetzt, und die Probanden konnten in einem erneuten Block von sechs Eingriffen ihr Wissen zur Beziehungsstruktur in diesem System erweitern und absichern. Nach den 18 Durchgängen der Lernphase wurden den Probanden in der *Anwendungsphase* Zielwerte vorgegeben (50 für Sauerstoff, 700 für Chlor und 900 für Temperatur) mit der Aufforderung, in den nächsten sechs Durchgängen durch geeignete Manipulation der Inputseite diesen Zielwerten möglichst nahe zu kommen. Das Experiment dauerte eine Stunde. Es wurde während eines Forschungsaufenthaltes der Erstautorin in den Labors des Psychologischen Instituts der University of California, Los Angeles (UCLA) durchgeführt.²

3.7 Probanden

² Die Durchführung der Studie wurde durch eine Reisebeihilfe (477/1302/95) der DFG an R. Vollmeyer gefördert.

Siebenundzwanzig Studentinnen und 21 Studenten der UCLA nahmen an dem Experiment teil. Die Probanden hatten Einführungsvorlesungen in Psychologie besucht und bekamen für die Teilnahme am Experiment Studiengebühren reduziert.

4 Befunde

4.1 Effekte der Bedingungsvariation

Abweichend von Vollmeyer, Burns & Holyoak (1996) hatte es weder auf den Wissenserwerb, $F(1,47) = .09$, $p > .05$, noch auf die Anwendungsleistung, $F(1,47) = 2.37$, $p > .05$, einen Einfluß, ob den Probanden bei der Aufgabeninstruktion zusätzliche Hinweise auf die Optimalstrategie gegeben wurden oder nicht. Dies überrascht insofern nicht, als anfängliche Bedingungsunterschiede in der Strategiesystematik, $F(1,46) = 4.61$, $p < .05$, im Zuge der Systemeingriffe verschwanden und nach jeweils sechs Durchgängen keine Rolle mehr spielten, $F(1,46) = .51$, $p > .05$. Wir werden diese Variable im Weiteren deshalb nicht mehr berücksichtigen.

4.2 Hauptdimensionen des Motivationsfragebogens

Eine Hauptkomponentenanalyse mit Einsen als Kommunalitätsschätzung in der Diagonale wies sechs Faktoren mit Eigenwerten größer Eins aus. Nach dem Scree-Test (Cattell 1968) wie auch dem Kriterium der Interpretierbarkeit beschränken wir uns bei den nachfolgenden Analysen auf die ersten beiden (varimax rotierten) Faktoren. Diese Faktoren klären knapp 40% der Gesamtvarianz auf. Tabelle 1 zeigt die Items in dem jeweiligen Faktor.

Im ersten Faktor laden vor allem Items, in denen inhaltsspezifische Bevorzugungen und Spaß an der Aufgabe angesprochen sind. Derartige gegenstandsbezogene Motivationstendenzen werden üblicherweise mit „Interesse“ bezeichnet (Krapp & Prenzel 1992). Dieser Faktor war bereits in einer früheren Motivationserfassung beim Bio Lab aufgetreten (Vollmeyer & Rheinberg 1995). Im zweiten Faktor kommt zum Ausdruck, ob die Person der anstehenden Aufgabe eher erfolgsoversichtlich entgegen sieht oder Mißerfolg und Blamage fürchtet und die Situation am liebsten verlassen würde („Erfolgsoversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung“). Auch diese Unterscheidung war bereits bei Vollmeyer & Rheinberg (1995) aufgetreten. Allerdings bildeten dort die Erfolgsoversicht- und Mißerfolgsbefürchtungsitems jeweils einen eigenen Faktor. Auf der Basis der jeweils sechs in Tabelle 1 aufgeführten Items wurde durch ungewichtete Aufsummierung für jede Person ein Kennwert pro Faktor berechnet. Die so gebildeten Skalen sind mit $r = .24$ ($p > .05$) relativ unabhängig. Wichtig ist, daß diese induktiv gewonnenen Dimensionen lediglich als aufgaben- und situationsspezifisch angeregte Motivationstendenzen und nicht etwa als überdauernde Persönlichkeitsmerkmale verstanden werden. Anders formuliert: Wir erfassen „Motivation“ und nicht „Motiv“.

Tab. 1: Die ersten zwei Faktoren des Motivationsfragebogens (N = 48)

FI: Interesse an der Aufgabe(25.3 % Varianzaufklärung; Cronbachs $\alpha = .85$; $Md = 4.7$)**Items**

Ich mag Rätsel und Knobeleyen.

Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.

Nach dem Lesen der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant.

Ich bin gespannt darauf, wie gut ich hier abschwneiden werde.

Ich bin fest entschlossen, mich voll anzustrengen.

Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so Spaß.

FII Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung(14.3% Varianzaufklärung; Cronbachs $\alpha = .69$; $Md = 4.5$)**Items**

Ich glaube, der Schwierigkeit der Aufgabe gewachsen zu sein.

Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen. (-)

Mir ist ziemlich unklar, wie ich hier etwas über die Zusammenhänge in der Aufgabe herausfinden kann. (-)

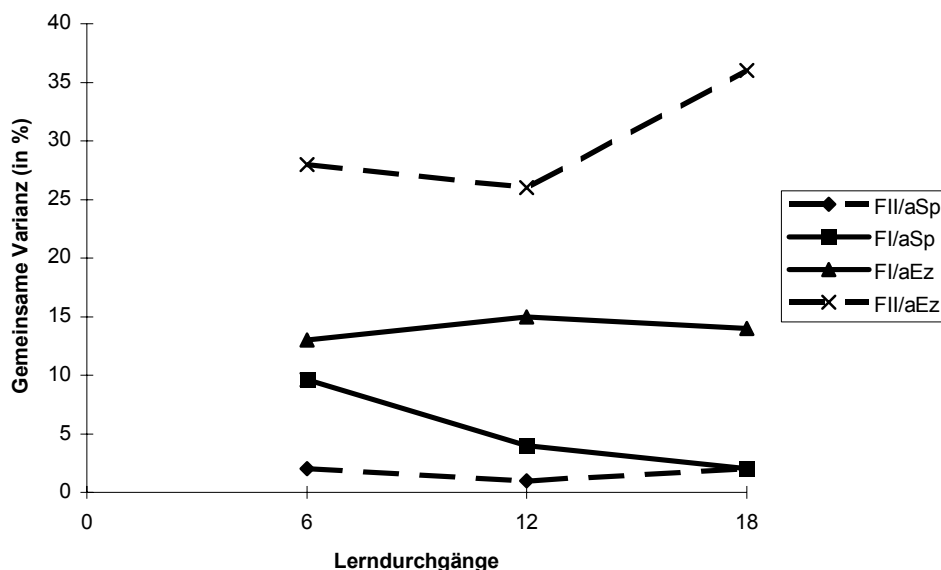
Ich habe wenig Lust, über solch künstliche Aufgaben nachzudenken. (-)

Ich wünschte mir, ich könnte ein anderes Experiment machen. (-)

Ich fürchte mich ein wenig davor, daß ich mich blamieren könnte. (-)

4.3 Beziehung zu aktuellen Motivationsindikatoren

Die Erfassung der beiden Motivationsfaktoren im breit angelegten Fragebogen wurde zwar nach der detaillierten Instruktion, aber noch vor der konkreten Erfahrung mit dem System vorgenommen. Es war nun nicht auszuschließen, daß sich die Motivationslage mit zunehmender Aufgabenerfahrung im Verlauf der Lernphase verändern könnte. Dies sollte kontrolliert werden. Da wir die Lernphase nicht ständig mit ausführlichen Motivationsfragebögen unterbrechen konnten, hatten wir uns auf die wiederholten Ein-Item-Einschätzungen zweier zentraler Motivationsindikatoren beschränkt: „Spaß an der Aufgabe“ und „Erfolgszuversicht“. Vom ersten Indikator erwarteten wir eine Beziehung zu dem Interessenfaktor (FI), vom zweiten engere Beziehungen zum leistungsthematischen Faktor (FII). Abbildung 2 zeigt die gemeinsamen Varianzen dieser Indikatoren mit den beiden Motivationsfaktoren.



Legende: FI: Interesse/Spaß an der Aufgabe (vorher)
 FII: Erfolgszuversicht/Mißerfolgsbefürchtung (vorher)
 aSp: aktueller Spaß an der Aufgabe
 aEz: aktuelle Erfolgszuversicht

Abb. 2 Gemeinsame Varianzen der beiden Motivationsfaktoren (FI und FII) mit zwei Indikatoren der aktuellen Motivationslage (aSp und aEz) in der Lernphase (N = 48)

Überraschenderweise gibt es zwischen der anfänglichen Einschätzung der Attraktivität der Aufgabe (FI: Interesse/Spaß an der Aufgabe) und dem aktuellen Spaß an der Aufgabe schon nach sechs Durchgängen nur noch eine schwache Beziehung ($r = .31$, $p < .05$), die sich im weiteren Verlauf der Lernphase noch weiter abschwächt ($r = .13$, $p > .05$). Dagegen ist die Beziehung zwischen dem leistungsthematischen Faktor FII über die gesamte Lernphase hinweg deutlich ausgeprägt (r zwischen $.51$ und $.60$). Wenn man bedenkt, daß unter methodischen Gesichtspunkten der Interessensfaktor mit Cronbachs $\alpha = .85$ durchaus zufriedenstellende Homogenität aufwies (s. o.), so liegt der Schluß nahe, daß sich zumindest für einen Teil der Probanden nach konkreter Erfahrung mit der Aufgabe deren Attraktivität verändert hat. Damit dürfte kaum eine Chance bestehen, einen Einfluß des Interessensfaktors auf das Lern- und Leistungsgeschehen sichtbar zu machen. Dagegen ist die leistungsthematische Anfangseinschätzung (FII) trotz schlechterer Homogenität (Cronbachs $\alpha = .69$) offenbar stabiler und wird durch die konkreten Aufgabenerfahrungen nicht völlig verändert. Von daher bestehen hier Chancen, den Einfluß dieses Motivationsfaktors im Lern- und Leistungsgeschehen nachzuweisen - sofern es ihn gibt.

4.4 Pfadanalyse

Bei den beiden Motivationsfaktoren war im ersten Schritt zu prüfen, ob sie mit den erhobenen Leistungsmaßen überhaupt in Zusammenhang stehen. Falls nicht, erübrigt sich die Mediatoranalyse, weil es nichts gibt, das zu medieren wäre. Der Motivationsfaktor „Interesse“ (FI) hatte weder auf das erworbene Wissen ($r = .08$, $p > .05$) noch auf die Anwendungsleistung ($r = .16$, $p > .05$) einen nachweislichen Einfluß (s. Tab. 2). Nach den gerade berichteten Ergebnissen zu den aktuellen Motivationsindikatoren (s. Abb. 2) ist dieser Befund nicht mehr überraschend. Dieser Faktor bleibt bei der weiteren Analyse außer Betracht.

Tab. 2: Interkorrelation (Produktmoment) der einbezogenen Variablen (N=48)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<u>A) Motivationsvariable</u>							
(1) Interesse (F I)							
(2) HE - FM (F II)	.18						
<u>B) Prozeßvariable</u>							
(3) Konzentration Anfang	.20	.38					
(4) Strategiesystematik Anfang	.25	.02	.23				
(5) Konzentration Ende	.12	.42	.66	.11			
(6) Strategiesystematik Ende	.05	.22	.15	.48	.22		
<u>C) Leistungsvariable</u>							
(7) Wissenserwerb	.07	.49	.27	.29	.40	.66	
(8) Zielerreichung	.16	.41	.47	.24	.51	.42	.63

Legende: Fettgedruckte Koeffizienten: $p < .05$

Anders liegen die Dinge beim zweiten Motivationsfaktor nämlich „Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung“ (FII). Dieser Faktor korreliert mit $r = .49$ ($p < .01$) mit dem Wissen am Ende der Lernphase und mit $r = .41$ ($p < .01$) mit der Leistung bei der Zielerreichung in der Anwendungsphase (s. Tab. 2). Wir hatten nun vermutet, daß bei der jetzigen komplexen Aufgabe die Motivationseffekte über die Funktionszustandsvariable „anstrengungsfreie Konzentration“ sowie die Lernaktivitätsvariable „Strategiesystematik“ vermittelt seien. Solche Vermittlungsstrukturen lassen sich (u. a.) im Rahmen pfadanalytischer Modelle untersuchen.

Offen war, zu welchen Zeitpunkten Einflüsse des Motivationsfaktors „Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung“ nachweisbar werden. Denkbar wäre, daß die Motivationseinflüsse gleich zu Beginn der Lernphase auftreten: Im Zustand hoher Erfolgszuversicht bearbeiten die Probanden die Aufgabe gleich systematischer und haben keine Schwierigkeiten ihre Gedanken beisammen zu halten. Ebenso gut ist denkbar, daß Motivationseinflüsse einer gewissen Kumulation bedürfen und erst dann in Erscheinung treten, wenn die lernende Interaktion mit dem System schon längere Zeit gelaufen ist. Von daher erschien es wünschbar, bei der Überprüfung etwaiger Mediatoreffekte die (potentiellen) Vermittlungsvariablen in ihrer Ausprägung zu einem frühen und einem späten Zeitpunkt der Lernphase in ein Pfadmodell aufzunehmen. Da wir solche Daten über die gesamte Lernphase hinweg erhoben hatten, wäre so etwas prinzipiell möglich. Allerdings steht die Realisation solcher Wünsche unter dem Vorbehalt, daß die Modellstatistiken eine hinreichend gute Modellanpassung anzeigen.

Die Pfadanalyse wurde mit der Strukturgleichungssoftware EQS durchgeführt.³ In diese Analyse gingen ein (1) der Motivationsfaktor Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung, (2) die Prozeßvariablen „anstrengungsfreie Konzentration“ und „Strategiesystematik“ jeweils zu Beginn und zu Ende der Lernphase sowie (3) die Leistungsvariablen „Wissenserwerb“ und „Zielerreichung“. Abbildung 3 zeigt die Modellstruktur und die standardisierten Pfadkoeffizienten.

³ Wir danken Dr. B. Schellhas für seine Unterstützung.

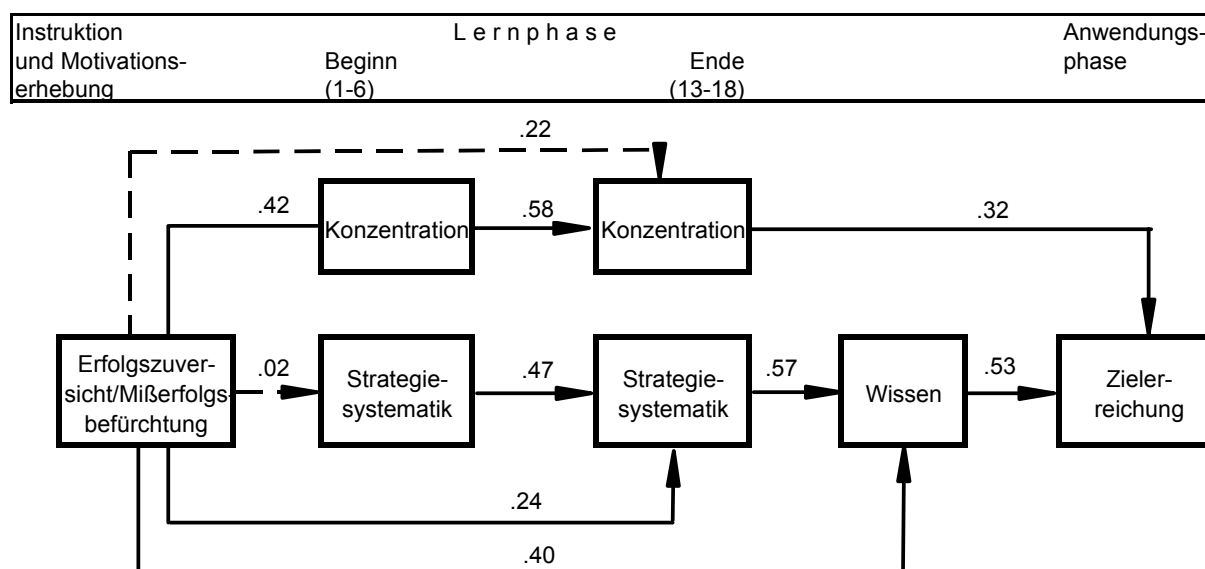


Abb. 3: Pfadmodell mit Motivations-, Prozeß- und Leistungsvariablen

Die für die Modellgüte relevanten Kennwerte indizieren mit Normed Fit = .92, CFI = 1.00 und $\chi^2(11) = 10.47$, $p > .05$, eine sehr gute Modellanpassung. Inhaltlich sehen wir zunächst einen deutlich ausgeprägten rein *kognitiven Pfad*: Die Zielerreichung in der Anwendungsphase hängt mit .53 ($p < .01$) vom Wissen am Ende der Lernphase ab, wobei dieses Wissen mit .57 ($p < .01$) von der Strategiesystematik am Ende der Lernphase und die wiederum mit .47 ($p < .01$) von der Strategiesystematik gleich zu Anfang der Lernphase abhängt. Inhaltlich entspricht dieser Pfad Befunden, die schon aus anderen Untersuchungen mit diesem Aufgabentypus bekannt sind (Vollmeyer, Burns & Holyoak 1996).

In der jetzigen Untersuchung interessieren besonders mögliche Einflüsse des Motivationsfaktors „Erfolgszuversicht vs. Mißerfolgsbefürchtung“. Wir sehen, daß dieser Faktor zu Beginn der Lernphase keinerlei Einfluß auf die Strategiesystematik hat (Pfadkoeffizient von .02). Erst am Ende der Lernphase deutet sich mit einem Pfadkoeffizienten von .24 ($p = .06$) der vermutete Motivationseinfluß auf dieses Qualitätsmerkmal der Lernaktivität an, die dann ja ihrerseits Einfluß auf den Wissenserwerb und die Zielerreichung nimmt. Wir haben es hier also mit einem vermittelten Motivationseinfluß auf Lern- und Anwendungsleistung zu tun.

Unerwarteterweise gibt es mit einem Koeffizienten von .40 ($p < .01$) auch noch einen direkten Wirkungspfad von dem Motivationsfaktor auf den Wissenserwerb. Er besagt, daß es neben den von uns erhobenen Prozeßvariablen offenbar noch andere Wege gibt, über die die anfängliche Motivation Einfluß auf den Wissenserwerb nimmt.

Bemerkenswert ist schließlich der *Konzentrationspfad*. Anders als eben bei der Variable „Strategiesystematik“ findet sich bei der Variable „anstrengungslose Konzentration“ ein Motivationseinfluß schon gleich zu Beginn der Lernphase (Pfadkoeffizient von .42, $p < .01$). Allerdings führt dieser Pfad nicht zum Wissenserwerb am Ende der Lernphase, sondern über die Konzentration am Ende der Lernphase (.58, $p < .01$) direkt zur Zielerreichung in der Anwendungsphase (.32, $p < .05$). Danach würde bei der lernenden Interaktion mit diesem komplexen System der Motivationseinfluß über die anstrengungsfreie Konzentration nicht auf der Ebene explizierten Wissens in Erscheinung treten, sondern erst dann sichtbar werden, wenn es darum geht, dieses Wissen auf die Erreichung von Zielen anzuwenden.

5 Diskussion

Der Motivationseinfluß auf den Erwerb und die Anwendung von Wissen wurde hier am Beispiel einer Aufgabe mit ganz bestimmten Merkmalen untersucht: Innerhalb einer Stunde mußte ein schwer durchschaubares System durch geeignete Eingriffe und deren Effektauswertung, durch Ergebnisvergleiche und Hypothesenvernetzung nach und nach aufgeklärt und steuerbar gemacht werden. Die hierzu berichteten Ergebnisse sollen vorerst auf diesen Aufgabentypus beschränkt bleiben.

Damit wollen wir der Möglichkeit Rechnung tragen, daß bei anderen Aufgaben(-kontexten) wie z. B. dem häuslichen Text- oder Vokabellernen, dem Erwerb grammatikalischer Strukturen im Unterricht, dem Training sportlicher Fertigkeiten in der Freizeit, dem Einüben von Gesprächsführungskompetenzen in der beruflichen Fortbildung und vielen anderen, höchst diversifizierten Aufgaben- und Lernkontexten mehr die Beziehung zwischen Motivation und (Lern-)Leistung in Qualität, Struktur und Vermittlungsprozessen ganz anders aussehen kann als hier. Welche Motivationsfaktoren und welche Vermittlungsvariablen jeweils wirksam werden können, das muß sich aus einer detaillierten Analyse der spezifischen Aufgabenanforderungen und des Lernkontextes ergeben (Schneider, Wegge & Konradt 1993). Bei der hier verwandten Aufgabe versprochen die anstrengungsfreie Konzentration und die Systematik der eingesetzten Strategien aussichtsreiche Vermittlungsvariablen zu sein. Die Ergebnisse sprechen nicht dagegen, diese Annahme vorerst beizubehalten.

Was die untersuchten Motivationsvariablen betrifft, so wurde ein etwas ungewöhnliches Vorgehen gewählt. Anders als in klassischen Motivationsexperimenten üblich, sind wir nicht von eingeführten Motivkonzepten samt erprobter Diagnostik ausgegangen, sondern haben versucht, auf induktive Weise relevante Motivationsdimensionen zu gewinnen. Der Grund für dieses keineswegs unstrittige Vorgehen lag darin, daß wir unsere motivationalen Ausgangsgrößen (a) möglichst breit aber vor allem (b) von vornherein kontext- und aufgabenspezifisch fassen wollten.

Damit sollte das Problem umgangen werden, daß man bei den hochgeneralisierten „klassischen“ Motivkonstrukten im vorhinein ja nie so genau weiß, in welchem Maß und ob überhaupt eine jeweilige Experimentalsituation das gemessene Motiv anregt. Somit ist man bei ausbleibenden Motiveffekten regelmäßig in der mißlichen Lage, nicht zu wissen, ob die Situation das Motiv nicht genügend angeregt hat oder ob das angeregte Motiv bei dieser Aufgabe keinen Einfluß auf Lern- und Leistungsprozesse hat. Von daher erschien es uns trotz forschungsstrategischer Bedenken geschickter, es einmal zu versuchen, unsere Dimensionen gleich auf der Ebene hier auftretender Motivationsphänomene (Erwartungen, Befürchtungen, aufgabenspezifischer Vorlieben und Anreize etc.) zu bilden.

Wie die Ergebnisse zum durchaus homogen erfaßten Interessenfaktor zeigen, ist aber auch dieses situativ spezifizierte Vorgehen nicht unproblematisch. Sofern man nämlich das Prozeßgeschehen nicht ständig durch umfängliche Motivationsmessungen unterbrechen will, muß man solche Motivationsfaktoren vorweg erfassen. Damit läuft man im Fall instabiler Dimensionen Gefahr, mit Motivationskennwerten zu operieren, die für die untersuchte Lernphase schon nicht mehr gelten. Man würde dann einem Motivationsfaktor Einflußlosigkeit attestieren, obwohl gar nicht die Chance bestand, seinen Einfluß nachzuweisen.

Im jetzigen Experiment wurde dies lediglich dadurch verhindert, daß in der Lernphase Kurzmessungen zweier aktueller Motivationsindikatoren vorgenommen wurden. Sie machten auffällig, daß sich die anfängliche Attraktivität der Aufgabe verändert haben mußte. Natürlich sind auch diese Kurzmessungen Fremdkörper im Lerngeschehen - sind also nicht unbedenklich. Da sie aber beim Ausfüllen des Strukturdiagramms erfolgten, erschien uns der Unterbrechungsnachteil vertretbar gegenüber dem Gewinn an Informationen zur aktuellen Motivationslage.

Es bleibt zu klären, wie es kommt, daß die Vorwegeinschätzung zu Attraktivität/Interessantheit der Aufgabe nicht mit dem Spaß an der Aufgabe in der Lernphase zusammenhängt. Wir vermuten, daß zumindest einem Teil der Probanden nicht hinreichend klar geworden war, was da auf sie zu kam, und daß sie das Ganze vielleicht mit einem amüsanten Computerspiel verwechselt hatten.

Betrachten wir die Ergebnisse der Pfadanalyse, so ist der „kognitive Pfad“ (s. Abbildung 3) zunächst als Replikation der Befunde von Vollmeyer, Burns & Holyoak (1996) zu werten, wonach die Systematik der verwandten Strategie Einfluß auf Lern- und Anwendungsleistung bei dieser Aufgabe hat. Warum dieses Mal die Empfehlung zu einer systematischen Strategie keinen Effekt hatte, ist nicht ganz klar. Möglicherweise ist sie in der diesmal besonders ausführlichen zweiseitigen Anweisung etwas untergegangen.

Der interessantere Teil der Ergebnisse betrifft den Motivationseinfluß. Was die Systematik der Strategie angeht, so ist es offenbar nicht so, daß Mißerfolgsbefürchtungen einem systematischen Vorgehen von vornherein im Wege stehen. Dieser Einfluß zeichnet sich erst gegen Ende der Lernphase ab. Daß der Pfad vom Motivationsfaktor direkt zum Wissen am Ende der Lernphase noch höher ausfällt, könnte man auf den ersten Blick (methodisch) damit erklären wollen, daß die per Rating dreifach abgestuft Strategiesystematik vielleicht nicht so reliabel erfaßt wurde, wie das arithmetisch genauer definierte Wissen. Dies kann jedoch nicht die einzige Erklärung sein, denn die viel höheren Koeffizienten auf dem rein „kognitiven Pfad“ (Strategiewissen) zeigen, daß auch bei dieser Prozeßvariable durchaus hohe Werte möglich sind. Somit wird die andere Erklärung plausibler, daß es neben den hier erfaßten beiden Prozeßmaßen (Strategiesystematik, Konzentration) noch andere Variablen gibt, die den Einfluß von Motivation auf Wissenserwerb bei diesem System vermitteln. Einen direkten Pfad des leistungsthematischen Motivationsfaktors FII auf die Anwendungsleistung gibt es dagegen nicht.

Bemerkenswert ist auch der „Konzentrations-Pfad“ (s. Abbildung 3). Eine erfolgswissensliche vs. mißerfolgsbefürchtende Motivationslage nach der Instruktion wirkt sich gleich zu Beginn in der anstrengungslosen Konzentration aus, die ihrerseits aber nicht mit dem erfaßten Wissen am Ende der Lernphase, wohl aber mit den Zielerreichungswerten der Anwendungsphase in Beziehung steht. Diese Struktur läßt (zumindest) zwei Interpretationen zu: (1) Es könnte sein, daß die anstrengungslose Konzentration tatsächlich keinen Einfluß auf den Wissenserwerb hat und erst dann wirksam wird, wenn - quasi als zusätzliche Belastung - am Ende des Experimentes noch verlangt wird, sich auf andersartige Aufgabenanforderungen (i. e. Erreichung von Zielwerten) umzustellen.

(2) Ebenso gut ist möglich, daß die Konzentration sehr wohl Auswirkungen beim Wissenserwerb hat. Allerdings zeigt sich dieser Einfluß nicht im explizierbaren Wissen, wie es im Strukturwert am Ende der Lernphase erfaßt wird, sondern erst dann, wenn es darum geht, dieses Wissen einzusetzen, um bestimmte Ziele zu erreichen. Zwar ist mit $r = .63$ der Zusammenhang zwischen Wissen im Strukturdiagramm und Anwendungsleistung hoch signifikant (s. Tabelle 2), gleichwohl besagt eine gemeinsame Varianz von (nur) 40 %, daß in beiden Indikatoren neben gemeinsamen auch unterschiedliche Leistungskomponenten repräsentiert sind (vgl. Renkl, Gruber, Mandl & Hinkofer 1994).

Welche der beiden oder ob noch andere Erklärungen zutreffen, muß vorerst offen bleiben. Dessen ungeachtet bleibt festzuhalten, daß bei dem hier verwandten Aufgabentypus gezeigt werden konnte, wie neben rein kognitiven Größen auch ein Motivationsfaktor teils direkt, teils über spezifizierbare Prozeßvariablen den Erwerb und die Anwendung von Wissen beeinflusst. Daß es neben der hier beschriebenen noch weitere motivationale Einflußstrukturen im Lern- und Leistungsgeschehen gibt, ist wahrscheinlich und Gegenstand weiterer Experimente (Vollmeyer & Rheinberg 1996).

Stichworte: Interesse, Konzentration, Leistung, Lernen, Motivation, Pfadanalyse, Problemlösen,

Literaturverzeichnis

- Atkinson, J.W. & Lens, W. (1980). Fähigkeit und Motivation als Determinanten momentaner und kumulativer Leistung. In Heckhausen, H. (Hg.). Fähigkeit und Motivation in erwartungswidriger Schulleistung. Göttingen: Hogrefe, 129-192.
- Brown, A.L. (1978). Knowing when, where and how to remember: A problem of metacognition. In Glaser, R. (Hg.). Advances in instructional psychology. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 77-165.
- Bruner, J.S. (1961). The act of discovery. Harvard Educational Review, 31, 21-32.
- Carroll, J.B. (1973). Ein Modell schulischen Lernens. In Edelstein, W. & Hopf, D. (Hrsg.). Bedingungen des Bildungsprozesses. Stuttgart: Klett, 234-250.
- Cattell, R.B. (1968). The scree-test for the number of factors. Multivariate Behavior Research, 1, 245-276.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement, 20, 37-46.
- Csikszentmihalyi, M. (1987). Das Flow-Erlebnis - Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen. Stuttgart: Klett-Cotta. (2. Auflage).
- Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I.S. (1991). Die aussergewöhnliche Erfahrung im Alltag. Die Psychologie des Flow-Erlebens. Stuttgart: Klett-Cotta.
- DeCharms, R. (1976). Enhancing motivation: Change in the classroom. New York: Irvington. (deutsch: Motivation in der Klasse. München: mVg, 1979).
- Funke, J. (1991). Solving complex problems: Exploration and control of complex systems. In Sternberg, R.J. & Frensch, P.A. (Hrsg.). Complex problem solving: Principles and mechanisms. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 185-222.
- Funke, J. (1992). Wissen über dynamische Systeme: Erwerb, Repräsentation und Anwendung. Berlin: Springer.
- Heckhausen, H. (1972). Die Interaktion der Sozialisationsvariablen in der Genese des Leistungsmotivs. In Graumann, C.F. (Hg.). Handbuch der Psychologie Vol. 7/2. Göttingen: Hogrefe, 955-1019.
- Heckhausen, H., Schmalt, H.-D. & Schneider, K. (1985). Achievement motivation in perspective. New York: Academic Press.
- Helmke, A. (1993). Selbstvertrauen und schulische Leistungen. Göttingen: Hogrefe.
- Jerusalem, M. (1984). Selbstbezogene Kognitionen in schulischen Bezugsgruppen. Eine Längsschnittstudie. Berlin: Institut für Psychologie, FU Berlin.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (1992). Interesse, Lernen, Leistung. Münster: Aschendorff.
- Kuhl, J. (1995). Wille und Freiheitserleben. Formen der Selbststeuerung. In Kuhl, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.). Motivation, Volition und Handlung. Enzyklopädie der Psychologie, C/IV/4. Göttingen: Hogrefe.
- Ludwig, S. (1982). Die Parameter des Leistungsmotivs und ihre Relation zu leistungsbezogenen Verhaltens- und Sozialisationsmerkmalen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 14, 149-160.
- Pekrun, R. (1988). Emotion, Motivation und Persönlichkeit. Weinheim: PVU.
- Renkl, A., Gruber, H., Mandl, H. & Hinkofer, L. (1994). Hilft Wissen bei der Identifikation und Steuerung eines komplexen ökonomischen Systems? Unterrichtswissenschaft, 22, 195-202.
- Rheinberg, F. (1988). Motivation and learning activities: How research could proceed. International Journal of Educational Research, 12, 299-306.

- Rheinberg, F. (1996). Von der Lernmotivation zur Lernleistung. Was liegt dazwischen? In Möller, J. & Köller, O. (Hrsg.). Leistungsbezogene Kognitionen und Emotionen. Weinheim: PVU, 23-51.
- Rheinberg, F. & Krug, S. (1993). Motivationsförderung im Schulalltag. Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U. (1996). Motivation und Lernen mit Texten. Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U., Wild, K.P. & Winteler, A. (1995). Lernaufwand und Lernstrategien als Mediatoren der Beziehung von Studieninteresse und Studienleistung. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 9, 181-188.
- Schneider, K., Wegge, J. & Konradt, U. (1993). Motivation und Leistung. In Beckmann, J., Strang, H. & Hahn, E. (Hrsg.). Aufmerksamkeit und Energetisierung. Facetten von Konzentration und Leistung. Göttingen: Hogrefe, 101-131.
- Stiensmeier-Pelster, J. (1988). Erlernte Hilflosigkeit, Handlungskontrolle und Leistung. Berlin: Springer.
- Vollmeyer, R., Burns, B.D. & Holyoak, K.J. (1996). The impact of goal specificity on strategy use and the acquisition of problem structure. Cognitive Science, 20, 75-100.
- Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (1995) Motivationale Faktoren beim Erlernen eines komplexen Systems. Vortrag auf dem Bergisch-Westfälischen Motivationskolloquium in Osnabrück.
- Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (1996). Is learning of a complex system dependent on motivational factors? Paper presented at the 5th Workshop on Achievement and Task Motivation in Landau.
- Woodworth, R.S. (1954). Experimental psychology. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Anschrift der Verfasser:

Regina Vollmeyer, Universität Potsdam, Institut für Psychologie, Postfach 60 15 53,
14415 Potsdam, Tel.: 0331 / 977 2854

Falko Rheinberg, Universität Potsdam, Institut für Psychologie, Postfach 60 15 53,
14415 Potsdam Tel.: 0331 / 977 2871