

Ansichten von Elftklässlern über Physik und Lernen von Physik – Ergebnisse beim „Maryland Physics Expectations Survey“

Thomas Wilhelm

Lehrstuhl Didaktik der Physik, Am Hubland, 97074 Würzburg

Kurzfassung

Der Test „Maryland Physics Expectations Survey“ (MPEX) wird in den USA verwendet, um Vorstellungen von Studenten über Physik und das Lernen von Physik zu erfassen, wobei sechs Dimensionen geprüft werden. Dieser Beitrag stellt den Test vor sowie die Ergebnisse, die bayerische Elftklässler (17 Klassen) zu Beginn und am Ende der elften Jahrgangsstufe erzielten. Aufgrund der Ergebnisse wird die Aussagekraft einzelner Dimensionen hinterfragt. Dennoch ergibt der Test interessante Ergebnisse, obwohl eine Güteprüfung noch aussteht. Auffällig ist insbesondere, dass sich die Ansichten bayerischer Gymnasiasten des elften Schuljahres z.T. signifikant verschlechtern. Demgegenüber werden einzelne Ergebnisse aus zwei Unterrichtsprojekten („Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht“ und „MultiMechanics Project“) vorgestellt, bei denen infolge eines veränderten Unterrichts z.T. positivere Ergebnisse auftraten.

1. Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften und über das Lernen von Naturwissenschaften

Der Begriff „Schülervorstellungen“ wird heute recht weit gefasst, so dass dazu auch übergreifende Überzeugungen über die Gegenstände, Ziele und Methoden der Physik gehören. Unter „epistemologischen Überzeugungen“ versteht Priemer [1, S. 161 f.] Vorstellungen über die Praxis des naturwissenschaftlichen Arbeitens, den Status von naturwissenschaftlichem Wissen, die Strukturierung und Klassifikation von Wissen und die persönliche Bedeutung naturwissenschaftlicher Inhalte für den Lernenden. Urhahne und Hopf [2, S. 71] unterteilen nach Hofer und Pintrich [3] „epistemologischen Überzeugungen“ in „Vorstellungen über die Struktur des Wissens“ und in „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“. Grygier et al. [4, S. 1] und Günther et al. [5, S. 150] verwenden dagegen den Begriff „Wissenschaftsverständnis“ als einen vereinfachten, elementarisierten Begriff, der erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftliche Aspekte der Philosophie einschließt. Sie betonen, dass das Verstehen der Natur der Naturwissenschaften erfolgreiches Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte unterstützt [4, S. 5], und legen dar, dass empirische Untersuchungen diese These für Schüler der Sekundarstufe I bestätigen, während es für die Sekundarstufe II nur punktuelle Untersuchungen gibt, z.B. Mikelskis-Seifert [6]. Priemer [1, S. 160 f.] gibt auch mehrere internationale Untersuchungen an, die zeigen, dass individuelle Ansichten über Wissen und Lernen große Bedeutung für Lern-erfolge haben.

Schülervorstellungen über Naturwissenschaften sind sehr heterogen und die entsprechenden Studien zei-

gen kein einheitliches Bild [7, S. 71]. Beschreibungen von Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften findet man bei Deanna Kuhn [8], Meyling [9], Kircher [10], Priemer [1], Wilhelm [11] und ausführlich bei Höttecke [7] (und gekürzt bei [12]), wobei er sich vor allem auf angelsächsische Beiträge stützt.

Außerdem haben Schüler bestimmte Vorstellungen vom Lernen: Sie sehen häufig Lernen als einfache Übernahme von Wissen an, so wie man ein Geldstück übergibt. *„Es dominiert bei Lehrern wie Schülern die traditionelle passive Sicht vom ‚Einfüllen‘ des Lernstoffes. Dies führt bei den Schülern zu einem Lernverhalten, bei dem das eher mechanische Abschreiben von Informationen im Vordergrund steht und nicht die aktive Verarbeitung der Information“* [13, S. 124]. *„Während Oberstufenschüler und -schülerinnen Planungs-, vor allem aber Überwachungsstrategien offensichtlich regelmäßig und systematisch einsetzen, wenn sie sich für Mathematik und Physik vorbereiten, sind verstehensorientierte Erwerbsstrategien, mit denen aktiv Sinnstrukturen herausgearbeitet werden [...] eher selten anzutreffen“* [14, S. 211]. Es besteht aber heute in der kognitiven Lehr-Lern-Forschung Übereinstimmung darin, dass Lernen und menschliche Erkenntnis allgemein nur auf der Basis des vorhandenen Vorwissens, also der bereits gebildeten Vorstellungen und Konzepte, möglich ist, da neue Sachverhalte an vorhandenem Vorwissen angebunden werden [15, S. 592]. Dabei werden Informationen nicht nur integriert, sondern sie bewirken evtl. eine (im Lernverlauf evtl. mehrfache) Umstrukturierung des vorhandenen Wissens, was als kognitive Entwicklung [16] bezeichnet wird. Vier Überzeugungen von Studenten bezüglich des Lernens hat Schommer [17+18] (zitiert bei [19, S.

230]) vorgestellt: Die Lernfähigkeit ist angeboren und unveränderbar; Wissen besteht aus unverbundenen Fakten; Lernen gelingt in kurzer Zeit oder nie; Erkenntnisse sind sicher und unveränderbar.

2. Epistemologische Tests und der MPEX-Test

Einen geschichtlichen Überblick über die Erforschung epistemologischer Überzeugungen geben Urhahne und Hopf [2, S. 72–74]. Zu den verwendeten Messverfahren gehören qualitative Interviews und Fragebögen. Die paper-and-pencil-Tests sind besonders geeignet, wenn nicht die Vorstellungen in großer Tiefe erforscht werden sollen, sondern mehrere bekannte Dimensionen erhoben werden sollen. Lederman et al. [20, S. 332–343] geben einen Überblick über solche Tests, die zwischen 1954 und 1995 verwendet wurden, und über ihre Schwierigkeiten. An neueren Tests seien hier beispielhaft genannt: „Views About Science Survey“ (VASS) [1], „Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science“ (EBAPS) [21] (<http://www2.physics.umd.edu/~elby/EBAPS/home.htm>) und der „Maryland Physics Expectations Survey“ (MPEX). Dieser Test „Maryland Physics Expectations Survey“ (MPEX) wurde von Redish, Saul und Steinberg [22] entwickelt und ist für einführende Physikkurse an amerikanischen Universitäten und Colleges gedacht. Es werden die unten dargelegten sechs Dimensionen geprüft. Der englischsprachige Test wurde ausführlich validiert und von über 1500 Studenten an amerikanischen Colleges und Universitäten zu Beginn und am Ende des ersten Semesters (bzw. Trimesters) durchgeführt [23, S. 214], so dass hier etliche Vergleichswerte vorliegen. Redish et al. [22, S. 213] legen dar, dass Physiklehrer auch Ziele haben bezüglich der Einstellung der Schüler, was sie lernen werden und welche Fähigkeiten im Unterricht erforderlich sind (Teil des „geheimen Lehrplans“). Sie glauben, dass der Test indirekt auch darüber etwas aussagt.

Die Kritik von Lederman et al. [20, S. 332], dass sich viele Testinstrumente auf die Begabung und die Fertigkeit der Studenten konzentriert, sich mit Wissenschaftsvorgängen zu beschäftigen (z.B. Beurteilung von Daten), trifft auf diesen Test nicht zu. Außerdem liegt der Schwerpunkt auch nicht auf dem affektiven Bereich (Werte und Gefühle). Lederman et al. [20, S. 345] geben weiterhin zu bedenken, dass paper-and-pencil-Tests zwar einiges über die Vorstellungen der Schüler über die Natur der Naturwissenschaften aufdecken können, aber nicht zeigen können, wie dieses Verständnis das Verhalten beeinflusst. Der MPEX-Test versucht hier zum Teil, Verhaltensweisen der Schüler abzufragen. Dennoch ist klar, dass es bei solchen Tests Unterschiede gibt zwischen der Interpretation der schriftlichen Schülerantworten und der Interpretation von Schülerinterviews [20, S. 345].

Die Schüler müssen bei diesem Test 34 Items auf einer fünfstufigen Skala zustimmen oder ablehnen.

Als förderlich bzw. unförderlich für Physiklernen wird gewertet, ob die Schüler den Items entsprechend der Expertenmeinung zustimmen bzw. ablehnen, so dass jeweils der Anteil förderlicher und unförderlicher Antworten bestimmt wird. D.h. die fünfstufige Antwortskala wird auf drei Stufen (förderlich/neutral/unförderlich) reduziert. In Anlehnung an Redish et al. [22] und Elby [21] wurden hier in der statistischen Auswertung meist nur dichotome Auswertungen vorgenommen (förderlich: ja/nein, unförderlich: ja/nein).

Je vier bis sechs einzelne Items werden zu einem Cluster zusammengefasst, wobei Redish et al. [22, S. 214] bemerken, dass es sich bei diesen Dimensionen nicht um unabhängige Variablen handelt. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass Redish [23] z.T. andere Empfehlungen gibt als Redish et al. [22]. Um einen Vergleich mit den amerikanischen Werten zu ermöglichen, wurden im Folgenden die Vorgaben von Redish et al. [22] übernommen. Von Redish et al. [22] werden weder Kriterien der Clusterbildung angegeben noch die Funktion der Items, die keinem Cluster zugeordnet werden. Die Werte aus Amerika liegen von drei großen staatlichen Universitäten und von drei kleinen Colleges vor, wobei jeweils verschiedene Dozenten beteiligt waren (nur bei zwei Colleges waren nur wenige Dozenten bzw. Studenten beteiligt).

Als „Experten“ wurden Physikdozenten amerikanischer Universitäten gewählt, die ein großes Interesse an unterrichtsrelevanten Fragen und ein großes Feingefühl für Studenten haben [22, S. 215], aber keine Erkenntnistheoretiker oder Lernpsychologen. Es ist davon auszugehen, dass die Physikexperten einen kritischen Realismus vertreten. Bis auf drei der 34 Items stimmten diese in über 80 % der Fälle darüber überein, was förderlich bzw. unförderlich ist.

Eine deutsche Version des „Maryland Physics Expectations Survey“ wurde von Wilhelm [11] erstellt (siehe Anhang). Eine Überprüfung der Güte der deutschen Fassung des Tests muss noch geleistet werden, so dass es sich bei der deutschen Version noch nicht um ein standardisiertes Testinstrument handelt. Eine Möglichkeit der Überprüfung wäre eine Rückübersetzung ins Englische und ein anschließender Vergleich mit dem Original. Wünschenswert wäre auch, Schüler im Interview nach ihrem Verständnis der Items zu befragen. Neben dem Problem, dass beim Übersetzen die Intension nicht verschoben wird, ist beim Einsatz zu beachten, dass in Amerika an Highschools und Universitäten in anderen Lern-Lehr-Situationen als an deutschen Gymnasien gelernt wird. Eine Validierung der deutschen Fassung war jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

3. Ergebnisse bayerischer Elftklässler

Die deutsche Version des „Maryland Physics Expectations Survey“ haben 17 herkömmlich unterrichtete

bayerische elfte Klassen im Schuljahr 2003/2004 sowohl zu Beginn des Schuljahres als auch nach der Dynamik (ca. April/Mai) beantwortet. Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich nur die 336 Schüler, die beide Tests ablegten. Die einzelnen elften Klassen unterscheiden sich z.T. erheblich voneinander in der Ausgangslage und in den Veränderungen während des Mechanikunterrichts.

Interessant sind vor allem Veränderungen während des herkömmlichen Mechanikunterrichts (Prä-Post-Design), denn während in der Mittelstufe ein mehr qualitativer Überblick über die Physik gegeben werden sollte, soll nun zu Beginn der Oberstufe ein Thema intensiver und unter stärkerer Einbeziehung der Mathematik behandelt werden. Zum anderen müssen sich die Schüler während diesem Zeitraum entscheiden, welche Leistungskurse sie wählen und welche Fächer sie ablegen. In dem entsprechenden Zeitraum wird laut Lehrplan in ca. 10 Unterrichtsstunden die Kinematik und in ca. 13 Stunden die Dynamik behandelt. Dann folgen in ca. 10 Stunden die Erhaltungssätze (Energie und Impuls) und in ca. 7 Stunden die Behandlung zweidimensionaler Bewegungen. Wissenschaftstheoretische oder historische Aspekte sind im Lehrplan nicht vorgesehen.

Eine Analyse der Schülerantworten bei den 336 bayerischen Schülern ergibt, dass die einzelnen Items (bei fünfstufiger, dreistufiger und dichotomer Skala) nicht oder allenfalls schwach miteinander korrelieren. Bei einer Faktorenanalyse ergeben sich (ebenso unabhängig von der gewählten Skala sowie bei Vor- und Nachtest) nur drei Faktoren, die - bis auf einen Faktor mit vielen Items zur „Anstrengung“ - nicht interpretierbar sind und fast nichts mit den gewählten Clustern zu tun haben (nur im Nachtest entspricht ein Faktor z.T. dem Cluster „Realitätsbezug“). Selbst wenn zur Faktorenanalyse weit mehr Antwortbögen hinzugenommen werden (Vor- und Nachtest, Vergleichs- und Treatmentgruppen) ergibt sich auch bei 1181 ausgefüllten Testbögen das gleiche Bild.

Reliabilitäten Cronbachs α	Vortest		Nachtest	
	förderliche Antworten	unförderliche Antworten	förderliche Antworten	unförderliche Antworten
<i>Unabhängigkeit</i>	0,29	0,22	0,30	0,36
<i>Zusammenhang</i>	0,32	0,21	0,39	0,21
<i>Konzept</i>	0,26	0,11	0,21	0,28
Realitätsbezug	0,46	0,38	0,56	0,55
Mathematikbezug	0,47	0,47	0,55	0,54
Anstrengung	0,40	0,43	0,47	0,51
Gesamtwert	0,75	0,75	0,79	0,80

Tab. 1: Reliabilitäten der einzelnen Cluster bei 336 traditionell unterrichteten bayerischen Elftklässler bei jeweils dichotomer Auswertungen (förderlich: ja/nein, unförderlich: ja/nein)

Eine Bestimmung der Reliabilitäten ergibt sowohl bei einer dreistufigen Skala (förderlich/neutral/unförderlich) als auch bei dichotomer Auswertung (siehe Tab. 1) nur geringe Cronbachs Alphas. Insbe-

sondere die Cluster „Unabhängigkeit“, „Zusammenhang“ und „Konzept“ haben sehr geringe Cronbachs Alpha-Werte. Lediglich der Gesamtwert liegt deutlich über der üblichen Grenze von 0,7. Das spricht zwar für den Test als Ganzes, aber die Ergebnisse der einzelnen Cluster können nur mit Vorsicht interpretiert werden. Nach Urhahne und Hopf [2, S. 74] ergeben sich bei Fragebögen zu diesem Thema häufig Probleme mit der Reliabilität. Als möglichen Grund geben sie die mangelnde Explikation, d.h. dass diese Vorstellungen nicht explizit im Unterricht diskutiert werden, an [2 S. 81] und die Ichferne der Überzeugungen, wobei aber beim MPEX-Test im Gegensatz zu anderen Tests in vielen Items konkrete, ichbezogene Informationen abgefragt werden. Denkbar ist beim vorliegenden Test auch, dass Übersetzungsschwierigkeiten zu einer geringeren Reliabilität beitragen.

Anteil förderlicher/ unförderlicher Antworten in %	17 Klassen Gymnasium, Bayern, N = 336		englischer Test, 3 Unis, USA, N = 1357	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Unabhängigkeit	33 / 46	33 / 44	55 / 23	51 / 25
Zusammenhang	43 / 31	42 / 33	54 / 22	52 / 23
Konzept	29 / 45*	28 / 48*	41 / 33	42 / 32
Realitätsbezug	42 / 33	42 / 34	66 / 11	60 / 15
Mathematikbezug	38 / 38*	35 / 42*	68 / 14	62 / 17
Anstrengung	39* / 37*	32* / 42*	68 / 13	52 / 24
Gesamtwert	37* / 38*	35* / 41*	55 / 21	50 / 24

Tab. 2: Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Antworten in Prozent, Mittelwert aus 17 bayerischen elften Klassen (Sterne bei signifikanten Unterschieden zwischen Vor- und Nachtest, 5 %-Niveau) und Mittelwert aus den Mittelwerten dreier amerikanischer Universitäten (Quelle: eigene Erhebung und [22]).

Die Anteile förderlicher und unförderlicher Antworten bei den 17 bayerischen Gymnasialklassen sind in Tab. 2 für Vor- und Nachtest aufgelistet. Im Vergleich mit [22] fällt zunächst auf, dass bayerischen Gymnasialklassen beim deutschen Test deutlich schlechter abschneiden als die amerikanischen Studenten beim amerikanischen Original. Abgesehen davon, dass es sich um sprachlich unterschiedliche Tests und verschiedene Kulturkreise handelt, ist ein wesentlicher Punkt, dass in Amerika nur die Schüler getestet wurden, die sich entschlossen haben zu studieren, während andererseits alle Gymnasiasten einbezogen wurden. Deshalb wurde noch von 218 Schülern erhoben, welche Kurswahl sie tätigten. Der Unterschied zwischen den amerikanischen und bayerischen Werten wird kleiner und verschwindet bei einigen Clustern ganz, wenn man nur die Schüler betrachtet, die später einen Leistungskurs wählten (siehe Tab. 3+4). Während sich die vielen Schüler, die später Physik ablegen, während des Mechanikunterrichts in allen Clustern verschlechtern (teilweise signifikant), verbessern sich spätere Leistungskurschüler in fast allen Clustern (siehe Tab. 4) Die

Unterschiede zwischen diesen Gruppen sind fast immer signifikant (0,05-Niveau). Grundkurschüler liegen dazwischen, bei denen es sowohl minimale Verbesserungen als auch Verschlechterungen gibt.

	Anteil <i>förderlicher/ unförderlicher</i> Antworten in % bei allen Fragen	
	Vortest	Nachtest
bayerische Schüler, die Physik später ablegen (N=102)	36° / 38°	32° / 44°
bayerische Schüler, die später Grundkurs wählen (N=65)	37 / 40	34 / 41
bayerische Schüler, die später Leistungskurs wählen (N=51)	48 / 30°	50 / 26°
Leistungskurschüler, im Multi Mechanics Project (N=31)	54 / 21	58 / 18
Studenten amerikanischer Universitäten (N=1357) (Originaltest)	55 / 21	50 / 24

Tab. 3: Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Antworten bei allen Items in Prozent (Gesamtwert) getrennt nach Kurswahl. Signifikante Veränderungen von Vor- zu Nachtest sind mit einem Kreis ° markiert (Abhängiger t-Test, 0,05- Niveau.)

Anteil <i>förderlicher/ unförderlicher</i> Antworten in %	Später Physik Ablegende, N = 102		Spätere Leistungskurschüler, N = 51	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Unabhängigkeit	32* / 44	31* / 47*	44* / 39*°	45* / 31*°
Zusammenhang	42* / 32	38* / 36*	54* / 23*	59* / 22*
Konzept	27* / 43°	26* / 48*°	41* / 39*	35* / 37*
Realitätsbezug	37* / 36	34* / 41*	56*° / 21	66*° / 11*
Mathematikbezug	40° / 36*°	32*° / 48*°	47 / 28*	53* / 25*
Anstrengung	43° / 33°	35° / 39°	40° / 37	31° / 40
Gesamtwert	36*° / 38*°	32*° / 44*°	48* / 30*°	50* / 26*°

Tab. 4: Vergleich der Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Ansichten bayerischer Gymnasiasten in Prozent bei verschiedener Kurswahl, jeweils vor und nach dem Mechanikunterricht. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen sind mit einem Stern * markiert (Unabhängiger t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test, 0,05-Niveau). Signifikante Veränderungen von Vor- zu Nachtest sind mit einem Kreis ° und fett markiert (Abhängiger t-Test bzw. Wilcoxon-Test, 0,05- Niveau.)

3.1 Das Cluster „Unabhängigkeit“

Das Cluster „Unabhängigkeit“ (Items 1, 8, 13, 14, 17, 27) soll nach Redish et al. [22] testen, ob die Schüler glauben, physikalisches Wissen wird von einer Autorität vorgegeben und vom Schüler einfach hingenommen und erinnert (unförderlich) oder ob sie sich selbst unabhängig von Autoritäten um Einsicht bemühen und Verantwortung für die eigene Wissenskonstruktion übernehmen (förderlich). Dieses Cluster entspricht in Teilen etwa der Dimension „Quelle des Wissens“ in dem vierdimensionalen Modell von Hofer und Pintrich und gehört zu dem Bereich „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“ [2 S. 74]. An den drei getesteten ame-

rikanischen Universitäten und den Colleges kam es während dem ersten Semester bzw. Trimester fast überall zu einer leichten Verschlechterung der Werte.

Die bayerischen Elftklässler und auch die späteren Leistungskurschüler haben ungünstigere Werte als die amerikanischen Studenten. 65 % der Schüler stimmen der Aussage zu „*Alles, was ich tun muss, um die meisten grundlegenden Ideen in diesem Fach zu verstehen, ist einfach, die Texte lesen, die meisten Aufgaben bearbeiten und/oder im Unterricht aufmerksam sein.*“ und 60 % der Aussage „*Physikler:innen ist eine Sache des Erwerbs von Wissen, das sich speziell in Gesetzen, Prinzipien und Gleichungen findet, die im Unterricht und/oder im Schulbuch vorgegeben werden.*“ Durch den Mechanikunterricht trat bei diesem Aufgabencluster praktisch keine Veränderung ein (jeweils nicht signifikanter Unterschied) (im Gegensatz zu [21] wurden die Unterschiede mit einem abhängigen t-Test nicht nur bei den förderlichen, sondern auch bei den unförderlichen Antworten auf Signifikanz geprüft).

3.2 Das Cluster „Zusammenhang“

Das Cluster „Zusammenhang“ (Items 12, 15, 16, 21, 29) soll angeblich überprüfen, ob die Schüler physikalisches Wissen als viele einzelne Informationsstücke ansehen, die man auswendig lernt (unförderlich), oder ob sie Physik als verbundenes logisches Gebäude ansehen (förderlich). Dieses Cluster entspricht in etwa der Dimension „Komplexität des Wissens“ in dem vierdimensionalen Modell von Hofer und Pintrich und gehört zu dem Bereich „Vorstellungen über die Struktur des Wissens“ [2, S. 73 f.]. An den drei amerikanischen Universitäten und den Colleges kam es während der ersten Studieneinheit meistens zu einer leichten Verschlechterung.

Auch bei den bayerischen Schülern fand durch den Mechanikunterricht eine minimale Verschlechterung statt (Veränderung jeweils nicht signifikant). Die späteren Leistungskurschüler verbessern sich aber so, dass sie im Nachtest etwas besser als die amerikanischen Studenten sind.

3.3 Das Cluster „Konzepte“

Das Cluster „Konzepte“ (Items 4, 19, 26, 27, 32) betrifft nach Meinung von Redish et al. [22] den Inhalt physikalischen Wissens und testet, ob die Schüler physikalische Probleme als mathematisches Kalkül auffassen und sich auf Auswendiglernen und Formeln konzentrieren (unförderlich) oder ob sie den zugrunde liegenden Ideen Achtung schenken (förderlich). Bei diesem Cluster traten an den drei einbezogenen amerikanischen Universitäten die ungünstigsten Werte auf [22, S. 217].

Auch bei den getesteten Elftklässler fiel dieses Cluster am Schlechtesten aus. Während an fast allen amerikanischen Universitäten und Colleges durch den Mechanikunterricht eine geringe Verbesserung stattfand, waren in Bayern nach dem Mechanikun-

terricht die Werte leicht schlechter (förderliche Antworten nicht signifikant, unförderliche signifikant mit Effektstärke $d = 0,59$). Am deutlichsten von allen Items fiel die Antwort beim Item „*Am Entscheidendsten beim Lösen einer physikalischen Aufgabe ist, die richtige Gleichung zu finden, um sie anzuwenden.*“ mit nur 6 % förderlichen (= Ablehnung) und 83 % unförderlichen Antworten (= Zustimmung) aus, während in Amerika hier zwischen 13 % und 31 % förderliche Antworten gegeben werden. Außerdem verbesserten sich bei diesem Item alle amerikanischen Gruppen im Gegensatz zur bayerischen Gruppe (Nachtest Bayern unverändert bei 7 % bzw. 83 %).

3.4 Das Cluster „Realitätsbezug“

Das Cluster „Realitätsbezug“ (Items 10, 18, 22, 25) soll überprüfen, ob die Schüler glauben, dass persönliche Erfahrungen in der realen Welt für den Physikunterricht relevant sind und umgekehrt (förderlich), oder ob sie nichts miteinander zu tun haben (unförderlich). An den sechs amerikanischen Ausbildungsstätten haben zu Beginn des Studiums ca. 70 % der Studenten (61 % bis 76 %) förderliche und ca. 11 % (4 % bis 16 %) unförderliche Antworten abgegeben [22, S. 217]. Während der ersten Studieneinheit kommt es aber überall zu einer deutlichen Verschlechterung (Durchschnitt der sechs Orte: 61 % förderlich, 16 % unförderlich).

Die getesteten Schüler haben keine guten Werte, die dafür im Durchschnitt ungefähr erhalten bleiben. Beim Cluster „Realitätsbezug“ treten außerdem die größten Streuungen bei den Schülerantworten auf (Beispiel Vortest förderliche Antworten: $\mu = 0,42$, $\sigma = 0,30$). Hier gibt es auch die größten Unterschiede zwischen denen, die Physik ablegten, und denjenigen, die einen Leistungskurs wählten (siehe Tab. 4).

3.5 Das Cluster „Mathematikbezug“

Das Cluster zur Rolle der Mathematik (Items 2, 6, 8, 16, 20) soll nach Redish et al. [22] testen, ob die Schüler Gleichungen nur auswendig lernen und zum kalkülhaften Manipulieren von Zahlen benutzen (unförderlich) oder ob Gleichungen physikalische Phänomene repräsentieren, also die Schüler die tieferen physikalischen Beziehungen darin sehen (förderlich). An den amerikanischen Ausbildungsstätten gibt es zu Beginn des Studiums zwischen 58 % und 74 % förderliche und zwischen 10 % und 17 % unförderliche Antworten [22, S. 217]. Nach der ersten Studieneinheit sind die Durchschnittswerte an drei Orten unverändert, während es an den drei anderen deutliche Verschlechterungen gab.

Die bayerischen Schüler haben weit schlechtere Werte als die amerikanischen Studenten und sie haben sich im Laufe der elften Jahrgangsstufe auch noch etwas verschlechtert (förderliche Antworten nicht signifikant, unförderliche signifikant mit Effektstärke $d = 0,61$). Beispielsweise sind 46 % (nachher 49 %) der Schüler überzeugt, dass die Her-

leitung einer Gleichung nur den Sinn hat zu zeigen, dass sie richtig ist und benutzt werden darf, während ein guter Lehrer mit der Herleitung die dahinter liegende physikalische Struktur und den physikalischen Grund für die Gleichung zeigen will. Außerdem meinen 46 % (nachher 48 %), dass man Gleichungen erinnern muss und nicht erschließen kann. Bei diesem Cluster finden sich die größten Unterschiede zwischen den amerikanischen und den bayerischen Ergebnissen.

3.6 Das Cluster „Anstrengung“

Das Cluster „Anstrengung“ (Items 3, 6, 7, 24, 31) soll überprüfen, ob die Schüler die angebotenen Informationen effektiv nützen. Hier können die Daten aber nur sehr vorsichtig interpretiert werden. Einige Items beziehen sich auf Anstrengungen, die traditionell an Universitäten, insbesondere in Physik-Einführungskursen an amerikanischen Universitäten, gefordert werden (Texte und Beispiele durcharbeiten, Hefteinträge durchgehen, Herleitungen nachvollziehen); gerade in Physik sehr gute Gymnasiasten verzichten aber häufig darauf. Anstrengungen, die ein aktives Durchdenken und Vergleichen betreffen, werden dagegen nicht explizit abgefragt. In den USA starten die Studenten ihr Studium hier mit vorbildlichen Werten (66 % bis 80 % förderlich, 7 % bis 16 % unförderlich), die sich bis zum Ende der ersten Studieneinheit drastisch verschlechtern (44 % bis 65 % förderlich, 16 % bis 30 % unförderlich) [22, S. 217]. Redish [23, S. 2] meint, dass vor dem Kurs Optimismus vorlag, was man tun wird, und nach dem Kurs eine Überprüfung an der Realität stattfand, was man tatsächlich getan hat; also die Studenten zwar gute Absichten haben, aber aus Zeitnot nicht entsprechend handeln.

Im bayerischen Gymnasium beginnt aber mit der elften Klasse kein neuer Abschnitt (Kursystem bisher erst ab Klasse 12). Während des Mechanikunterrichts verschlechtern sich diese Werte dennoch deutlich (Effektstärke förderliche Antworten $d = -1,19$, unförderliche $d = 0,78$). Die Veränderung ist dabei jeweils hoch signifikant. Es ist zu vermuten, dass sich hier die Startsituation am Schuljahresanfang auswirkt.

3.7 Der Gesamtwert

Schließlich wird noch ein Gesamtwert berechnet. Redish [23, S. 2] empfiehlt, diesen ohne die 5 Items zur Anstrengung zu berechnen, aber Redish et al. [22, S. 216+218] nehmen alle Items hinzu, was allerdings bei den bayerischen Werten praktisch keinen Unterschied macht ($\leq 0,5$ Prozentpunkte). Die amerikanischen Universitäten verschlechtern sich bei diesem Gesamtwert.

Die bayerischen Klassen verschlechtern sich ebenso (siehe Tab. 2), wobei die Verschlechterung jeweils hoch signifikant ist. Die Effektstärken liegen jeweils bei $d = \pm 0,95$.

Insgesamt kann man sagen, dass die Gymnasiasten eine deutlich andere Sicht von der Natur physikalischen Wissens und von der Natur des Lernens physikalischen Wissens haben als Experten. Diese Sicht verschlechtert sich im Mittel sogar noch leicht (teilweise signifikant) durch den Mechanikunterricht. Insbesondere Schüler, die Physik ablegen, verändern ihre Sicht zum Ungünstigen, während bei Schülern, die einen Leistungskurs wählen, eine Verbesserung festzustellen ist (siehe Tab. 4). Dass der Unterricht viel bewirken kann, zeigte Elby [21], der einen Mechanikunterricht entwarf, der speziell die epistemologische Sicht der Schüler verändern sollte. Er zeigte, dass er es damit an einer Highschool in Virginia (55 Schüler) schaffte, alle Cluster des MPEX-Tests (außer „Anstrengung“) signifikant zu verbessern; der Anteil förderlicher Antworten stieg während dem Schuljahr je nach Cluster signifikant um 11 bis 27 Prozentpunkte [21, S. S56].

Anteil förderlicher / unförderlicher Antworten in %	weibliche Elftklässler (N = 156)		männliche Elftklässler (N = 113)	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Unabhängigkeit	32 / 47	32 / 45	36 / 42	35 / 41
Zusammenhang	43 / 32	40 / 34	44 / 29	45 / 32
Konzept	28 / 47*	26 / 47	31 / 41*	31 / 44
Realitätsbezug	36* / 38*	35* / 38*	51* / 25*	54* / 23*
Mathematikbezug	38 / 39	35 / 43	40 / 33	39 / 38
Anstrengung	44* ^o / 32* ^o	36* ^o / 39 ^o	36* ^o / 40*	29* ^o / 43
Gesamtwert	36* ^o / 40*	34* ^o / 41*	40* / 35*	39* / 37*

Tab. 5: Vergleich der Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Ansichten bayerischer Gymnasiasten in Prozent aufgeteilt nach Geschlecht, jeweils vor und nach dem Mechanikunterricht. Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern sind mit einem Stern * und fett markiert (Unabhängiger t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test, 0,05-Niveau). Signifikante Veränderungen von Vor- zu Nachtest sind mit einem Kreis ^o markiert (Abhängiger t-Test bzw. Wilcoxon-Test, 0,05- Niveau.)

3.8 Geschlechterunterschiede

Interessant ist nun noch, dass es gewisse Geschlechterunterschiede gibt (siehe Tab. 5). Von den 336 herkömmlich unterrichteten bayerischen Schülern haben 156 Schülerinnen und 113 männliche Schüler ihr Geschlecht angegeben. Die größten Unterschiede gibt hier es bei dem Cluster „Realitätsbezug“. Sowohl vor als auch nach dem Unterricht haben die Jungen deutlich und signifikant mehr förderliche und weniger unförderliche Antworten gegeben. Die Jungen halten den Physikunterricht also für das tägliche Leben in der realen Welt für relevanter als die Mädchen. Das führt zu der bekannten These, dass im Physikunterricht zu viele für Jungen interessante Kontexte gewählt werden und der Unterricht sich mehr an den Interessensgebiete der Mädchen orientieren sollte. Beim Cluster „Anstrengung“ haben dagegen (wie zu erwarten war) die Mädchen beim Vortest signifikant mehr förderliche und weniger unförderliche Einstellungen gezeigt als die Jun-

gen. Durch den Unterricht verschlechtern sich die Werte beim Cluster „Anstrengung“ bei den Schülerinnen signifikant und ebenso der Anteil förderlicher Antworten bei den männlichen Schülern, so dass auch nach dem Unterricht die Schülerinnen noch signifikant mehr förderliche Antworten geben. Beim Gesamtwert haben die Jungen sowohl vor als auch nach dem Unterricht bei sowohl dem Anteil förderlicher als auch unförderlicher Antworten signifikant günstigere Werte. Hier macht sich wohl vor allem der große Unterschied bei der Ansicht zum Realitätsbezug bemerkbar.

4. Ergebnisse bayerischer Achtklässler

Es stellt sich die Frage, ob die Schüler ihre ungünstige Sicht zum Physiklernen schon mit in den Unterricht bringen, also z.B. Erfahrungen aus anderen Fächern einbringen, oder ob diese erst durch den Physikunterricht erzeugt werden (so wie dieser die Sicht während des Mechanikunterrichts verschlechtert). Damit aber die Fragen des MPEX-Tests überhaupt beantwortet werden können, ist ein gewisser Umfang an Physikunterricht nötig. Deshalb wurde der Test in zwei achten Klassen (46 Schüler) nach dem ersten Halbjahr eingesetzt, da Physik in Bayern am Gymnasium bisher in der achten Jahrgangsstufe mit einer phänomenologischen Einführung und einem Überblick über verschiedene Physikbereiche beginnt. Dabei ergaben sich leicht schlechtere Werte als in der elften Klasse, wobei der Unterschied nur in zwei Fällen signifikant ist: Der Anteil förderlicher Antworten zum Cluster „Mathematik“ ist bei den Achtklässlern kleiner (29 % statt 38 %). Möglicherweise liegt das daran, dass bei den bis dahin einfachen Rechnungen die Schüler noch nicht erlebt haben, dass Gleichungen auswendig lernen und Zahlen einsetzen zum Aufgabenlösen nicht genügt. Der Anteil unförderlicher Antworten zum Cluster „Unabhängigkeit“ ist außerdem bei den Achtklässlern kleiner (38 % statt 46 %). Das könnte bedeuten, noch nicht so viele Schüler halten physikalisches Wissen für vorgegeben, das einfach hingenommen werden muss. Insgesamt bleibt aber das Ergebnis, dass im Anfangsunterricht schon ähnlich ungünstige Vorstellungen zum Physiklernen vorhanden sind wie zu Beginn der Oberstufe.

5. Zusammenhang zwischen MPEX-Ergebnis und Physikverständnis

Von den 17 untersuchten Klassen haben acht Klassen sowohl an dem bekannten FCI-Test [24] zum newtonschen Kraftverständnis als auch an dem Maryland Expectation Survey“ (MPEX) teilgenommen. Insgesamt haben damit 144 bayerische Gymnasiasten der Jahrgangsstufe 11 bei beiden Tests den Vor- und Nachtest bearbeitet. Bei diesen wurde die These überprüft, dass förderliche Vorstellungen über die Natur der Physik und über das Lernen der Physik ein erfolgreiches Lernen physikalischer Inhalte unterstützt. Dazu wurden der Gesamtscore beim FCI-Test

(Vor- und Nachtest) und der Anteil förderlicher bzw. unförderlicher Antworten beim MPEX-Test (Vor- und Nachtest) ermittelt.

Zunächst kann man feststellen, dass zwischen dem Ergebnis beim FCI-Vortest und dem beim MPEX-Vor- und -Nachtest schwache, aber signifikante (0,01-Niveau) Korrelationen bestehen (ca. 0,27). Das Ergebnis beim FCI-Nachtest korreliert ebenso signifikant (0,01-Niveau) mit den MPEX-Nachtestergebnissen (ca. 0,25), aber schwächer mit dem MPEX-Vortestergebnissen. Allerdings korrelieren die relativen Zugewinne der Schüler beim FCI-Test nicht mit den MPEX-Testergebnissen.

Schließlich wurden die Schüler anhand der Anteile förderlicher Antworten im MPEX-Nachtest in zwei gleich große Gruppen geteilt: Die schlechtere Gruppe (Anteil förderlicher Antworten unter 33%) erreichte im FCI-Nachtest nur 37 % (relativer Zugewinn: 15 %), während die bessere Hälfte (Anteil förderlicher Antworten über 33 %) einen FCI-Wert von 45 % erreichte (relativer Zugewinn: 19 %). Der Unterschied bei den Nachtestwerten ist auf dem Niveau von 0,001 signifikant. Aber der Unterschied bei den relativen Zugewinnen ist nicht signifikant (0,05-Niveau).

Außerdem haben die 20 Schüler, die die FCI-Grenze von 60 % (17 von 29 Items) erreichen, beim MPEX-Nachtest einen durchschnittlichen Anteil von 42 % förderlichen Antworten, während die anderen 124 Schüler nur auf 33 % kommen, wobei der Unterschied auf dem 0,05-Niveau signifikant ist.

Es kann also ein gewisser Zusammenhang zwischen einerseits den Vorstellungen über die Natur der Physik bzw. über das Lernen der Physik und andererseits mit dem Verständnis des newtonschen Kraftkonzeptes festgestellt werden. Damit ist keine kausale Aussage getroffen; es ist unklar, was hier Ursache und was Folge ist bzw. wovon beide Fähigkeiten abhängen. Allerdings kann kein Zusammenhang zwischen einerseits den Vorstellungen über die Natur der Physik bzw. über das Lernen der Physik und andererseits mit dem relativen Lernzuwachs in der newtonschen Mechanik festgestellt werden.

6. Ergebnisse beim „Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht“

In einem von der Heraeus-Stiftung geförderten Forschungsprojekt wurde ein veränderter Kinematik-/Dynamikunterricht entwickelt und getestet [11+25], bei dem dynamische piktogrammartige Darstellungen wie Vektorpfeile für die relevanten physikalischen Größen eine wichtige Rolle spielen. Zu diesem Konzept gehört auch der Einsatz graphischer Modellbildung, da mit dieser bildhaften Darstellung von Wirkungsnetzen Strukturzusammenhänge bewusster werden [11+26]. Nach dieser Konzeption wurde ein Gesamt-Unterrichtskonzept entwickelt und insgesamt 13 Lehrer in 17 Klassen haben danach unterrichtet, für die eine vorbereitende und begleitende Fortbildung angeboten wurde [11+25].

In sieben Klassen wurde auch die Modellbildung eingesetzt (meist 5 bis 6 U.-Std.), während die übrigen sechs Lehrer aus Zeitgründen darauf verzichteten. Eine Frage war, ob die Modellbildung eine Auswirkung auf epistemologische Vorstellungen hat.

Leider wurde aus Zeitgründen in nur drei der sieben Klassen, in denen die Modellbildung eingesetzt wurde, auch der MPEX-Test als Vor- und Nachtest durchgeführt. Im Vortest gibt es kaum signifikante Unterschiede zur Vergleichsgruppe, beim Cluster „Anstrengung“ sind die Schülerantworten signifikant ungünstiger (siehe Tab. 6). Bei fast allen Clustern hat aber der Anteil der förderlichen Ansichten von Vor- zu Nachtest zugenommen und der unförderlichen Ansichten abgenommen. Allerdings ist bei den förderlichen Antworten die Zunahme nur beim Cluster „Realitätsbezug“ signifikant (wegen der geringen Probandenzahl $N = 66$) und bei den unförderlichen Antworten bei den Cluster „Konzept“, „Realitätsbezug“ und „Gesamtwert“. Bei allen Clustern außer „Anstrengung“ unterschieden sich die Schüler damit im Nachtest signifikant von der Vergleichsgruppe.

Anteil förderlicher / unförderlicher Antworten in %	traditioneller Unterricht, 17 Klassen		Konzept mit Modellbildung 3 Klassen	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Unabhängigkeit	33 / 46	33 / 44	37 / 37*	40* / 32*
Zusammenhang	43 / 31	42 / 33	45 / 29*	48* / 25*
Konzept	29 / 45°	28 / 48°	33 / 45°	31 / 33°*
Realitätsbezug	42 / 33	42 / 34	46° / 30°	56°* / 19°*
Mathematikbezug	38 / 38°	35 / 42°	39 / 32	43* / 31*
Anstrengung	39° / 37°	32° / 42°	32* / 45*	29 / 46
Gesamtwert	37° / 38°	35° / 41°	39 / 37°	41* / 32°*

Tab. 6: Vergleich der Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Ansichten bayerischer Gymnasiasten in Prozent bei verschiedenem Unterricht, jeweils vor und nach dem Mechanikunterricht. Signifikante Unterschiede der Treatmentklassen im Vergleich zur Vergleichsgruppe sind mit einem Stern * markiert (Unabhängiger t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test, 0,05-Niveau). Signifikante Veränderungen von Vor- zu Nachtest sind mit einem Kreis ° und fett markiert (Abhängiger t-Test bzw. Wilcoxon-Test, 0,05-Niveau.)

Es wäre denkbar, dass dieser Effekt nur an den beteiligten Lehrern liegt, da bei dieser Treatmentgruppe nur über drei Lehrer gemittelt wurde. Außerdem ist zu bedenken, dass alle drei Klassen dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig angehören, in dem mehr Unterrichtszeit zur Verfügung steht. Bei Wang, Haertel und Walberg [27] kommen in der Rangliste des Einflusses auf den Lernerfolg die „Klassenführung durch den Lehrer“ auf Platz 2 und die Quantität des Unterrichts auf Platz 7 (zitiert nach [28, S.35]). Es kann aber auch vermutet werden, dass dies – insbesondere beim Cluster „Realitätsbezug“ – ein Ergebnis der Modellbildung ist, mit der nicht nur gezeigt wurde, dass komplexe Probleme gelöst werden können, sondern insbesondere Abläu-

fe mit Gleitreibung und Luftreibung berechnet wurden. Damit wäre dies ein weiterer Hinweis auf den Nutzen von Modellbildung im Mechanikunterricht.

7. Ergebnisse beim „MultiMechanics Project“

In dem in Rheinland-Pfalz im Schuljahr 2003/2004 in zwei Physik-Leistungskursen (34 Schüler) durchgeführten „MultiMechanics Project“, wurden verschiedene multimedialer Elemente (Messwerterfassung, Videoanalyse, Modellbildung, Simulationen mit Just-in-Time-Teaching) integriert und ein schülerorientierter, entdeckender und handlungsorientierter Unterricht durch konsequente Integration von Gruppenarbeitsphasen durchgeführt, in denen an Laptops experimentiert, ausgewertet und modelliert wurde [29-32]. Das Projekt wurde vom Landesmedienzentrum Rheinland-Pfalz in Koblenz unterstützt und von Wilhelm mit evaluiert [11+32]. Um Vorstellungen der Schüler über Physik und über das Lernen von Physik zu erheben, wurde die deutsche Version des „Maryland Physics Expectations Survey“ eingesetzt, wobei 31 Schüler (25 männliche, 6 weibliche) am Vor- und Nachtest teilnahmen. Zu bedenken ist, dass zwei Drittel der Schüler bereits in den vorhergehenden Jahren einen sehr schülerorientierten und handlungsorientierten Unterricht mit viel Gruppenarbeit erlebt hatten.

Anteil förderlicher/ unförderlicher Antworten in %	MultiMechanics Project, 2 Leistungskurse, Rheinland-Pfalz, N = 31		Konventioneller Unterricht, spätere Leistungskurs- schüler, Bayern N = 51	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Unabhängigkeit	50 / 27 [°] *	56* / 20 [°] *	44 / 39 [°] *	45* / 31 [°] *
Zusammenhang	49 [°] / 20	62 [°] / 23	54 / 23	59 / 22
Konzept	51 / 24 [°] *	56* / 15 [°] *	41 / 39*	35* / 37*
Realitätsbezug	73* / 6*	79* / 6	56 [°] / 21*	66 [°] / 11
Mathebezug	55 / 19	60 / 18	47 / 28	53 / 25
Anstrengung	43 [°] / 33	31 [°] / 35	40 [°] / 37	31 [°] / 40
Gesamtwert	54* / 21*	58* / 18*	48* / 30 [°] *	50* / 26 [°] *

Tab. 7: Vergleich der Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Ansichten der zwei Leistungskursen des MultiMechanics Project aus Rheinland-Pfalz mit bayerischen Schülern, die einen Leistungskurs wählen. Signifikante Unterschiede des MultiMechanics Project im Vergleich zur Vergleichsgruppe sind mit einem Stern * und fett markiert (Unabhängiger t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test, 0,05-Niveau). Signifikante Veränderungen von Vor- zu Nachtest sind mit einem Kreis ° markiert (Abhängiger t-Test bzw. Wilcoxon-Test, 0,05- Niveau.)

Die Leistungskursschüler dieses Projektes werden hier mit konventionell unterrichteten bayerischen Gymnasiasten der elften Jahrgangsstufe verglichen, die später einen Physikleistungskurs wählten. Zunächst fällt auf, dass die Zahlenwerte des MultiMechanics Projects vor und nach dem Unterricht bei jedem Cluster außer dem Cluster „Zusammenhang“ wesentlich besser als die der Vergleichsgruppe sind (Tab. 7). Diese Unterschiede sind außerdem jeweils in der Hälfte der Fälle signifikant.

Beim Vortest sind die Unterschiede beim Cluster „Realitätsbezug“ am größten. Nicht feststellbar war, warum zu Beginn der Jahrgangsstufe 11 solche Unterschiede vorliegen. Eine Ursache ist vermutlich darin zu finden, dass die Schüler des größeren der beiden Kurse des MultiMechanics Project, der auch wesentlich bessere Vortestergebnisse hatte, bereits einige Jahre von der gleichen Lehrkraft sehr schülerzentriert unterrichtet wurde und im Unterricht bestimmte Schwerpunkte gesetzt wurden; so sollten die Schüler selbst Wissen „erzeugen“ und nicht Gegebenes übernehmen. Nicht feststellbar ist, ob sich darüber hinaus auch Unterschiede in den Lehrplänen und Lehrtraditionen der beiden Bundesländer hier auswirken.

Während des Schuljahres verbessern sich beide Gruppen in fast allen Clustern. Nur bei dem Cluster „Anstrengung“ gibt es jeweils Verschlechterungen. Der recht unterschiedliche Unterricht scheint sich also im Wesentlichen nicht in unterschiedlichen Entwicklungen zu äußern.

Interessant ist nun hier ein Vergleich der Leistungskursschüler mit Studenten an amerikanischen Universitäten. Die Kursschüler haben bei dem Clustern „Konzept“ und „Realitätsbezug“ sowohl im Vor- als auch im Nachtest im Durchschnitt günstiger Einstellungen als die Studenten. Bei den Items zum Cluster „Anstrengung“, die typisch universitäre Aktivitäten abfragen, sind dagegen die amerikanischen Studenten im Vor- und Nachtest vorbildlicher. Bei den Clustern „Unabhängigkeit“ und „Zusammenhang“ verbessern sich die Leistungskursschüler so, dass im Nachtest der Anteil förderlicher Antworten größer als bei den Studenten ist, die sich minimal verschlechtern.

8. Zusammenfassung

An dem Test „Maryland Physics Expectations Survey“ kann man die Formulierung einzelner Items und insbesondere die Einteilung in sechs Cluster kritisieren. Unabhängig davon ist festzustellen, dass die untersuchten bayerischen Gymnasiasten der elften Jahrgangsstufe kein befriedigendes Antwortverhalten zeigen, während in anderen deutschen Schülergruppen mit unkonventionellerem Unterricht z.T. positivere Ergebnisse vorliegen (siehe Abschnitt 6+7). Daher ist zu vermuten, dass aus den Testwerten einer Gruppe gewisse Rückschlüsse darauf möglich sind, wie die Schüler die Natur der Physik, das Lernen der Physik und damit den Physikunterricht sehen.

Hier sollte man nach didaktischen Konsequenzen für den Unterricht fragen. Mit gewisser Vorsicht kann man für eine stärkere Ausrichtung an der realen Alltagswelt verbunden mit Modellbildung (siehe Abschnitt 6) und für stärkere Schülerzentrierung (siehe Abschnitt 7) plädieren. Darüber hinaus ist zu überlegen, die angesprochenen Vorstellungen in entsprechenden Situationen im Unterricht wiederholt zu thematisieren. Dann ist es auch nötig, dass diese

Vorstellungen und die Bedeutung für das Lernen bereits in der Lehrerbildung reflektiert werden.

9. Literatur

- [1] Priemer, B. (2003): Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik – eine deutsche Version des Tests „Views About Science Survey“ - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 9, S. 160 – 178
- [2] Urhahne, D.; Hopf, M. (2004): Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien – In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 10, S. 71 – 87
- [3] Hofer, B.; Pintrich, P. (1997): The Development of Epistemological Theories: Beliefs about Knowledge and Knowing and their Relation to Learning In: Review of Educational Research 67, S. 88 - 140
- [4] Grygier, P.; Günther, J.; Kircher, E. (2004): Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule, Schneider Verlag, Hohengehren, Baltmannsweiler
- [5] Günther, J.; Grygier, P.; Kircher, E.; Thoerner, C.; Sodian, B. (2003): Epistemologische Überzeugungen von SchülerInnen und LehrerInnen – In: Pitton, A. (Hrsg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, Jahrestagung der GDCP in Flensburg 2002, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 23, Lit-Verlag, Münster, S. 150 - 152
- [6] Mikelskis-Seifert, S. (2002): Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern, Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mit Hilfe eines Systems multipler Repräsentationsarten, Studien zum Physiklernen, Band 22, Logos-Verlag, Berlin
- [7] Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen, Studien zum Physiklernen, Band 16, Logos-Verlag, Berlin
- [8] Kuhn, D. (1989): Children and Adults as Intuitive Scientists – In: Psychological Review 96, Nr. 4, S. 674 - 689
- [9] Meyling, H. (1990): Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe, Dissertation, Universität Bremen
- [10] Kircher, E. (1995): Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen, IPN, Kiel
- [11] Wilhelm, T. (2005): Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Dissertation, Logos-Verlag
- [12] Höttecke, D. (2004): Schülervorstellungen über die „Natur der Naturwissenschaften“ – In: Höhle, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.): Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, S. 264 – 277
- [13] Duit, R. (1990): Trends der Forschung zum naturwissenschaftlichen Denken - von Alltagsvorstellungen zur konstruktivistischen Sichtweise - In: Wiebel, K. H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven, Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Kassel, September 1989, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Leuchtturm-Verlag, S. 112 - 131
- [14] Baumert, J.; Köller, O. (2000): Motivation, Fachwahlen, selbstreguliertes Lernen und Fachleistungen 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 Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der gymnasialen Oberstufe, Leske + Budrich, Opladen, S. 181 – 213
- [15] Renkl, A. (2002): Lehren und Lernen – In: Tippelt, R. (Hrsg.): Handbuch der Bildungsforschung, Leske + Budrich, Opladen, S. 589 – 602
- [16] Niedderer, H. (1999): Physiklernen als kognitive Entwicklung - In: Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.): Didaktik der Physik: Vorträge - Physikertagung 1999 – Ludwigsburg, S. 49 - 66
- [17] Schommer, M. (1990): Effects of Beliefs about the Nature of Knowledge on Comprehension – In: Journal of Educational Psychology 82, S. 498 – 504
- [18] Schommer, M. (1993): Epistemological Development and Academic Performance among Secondary Students – In: Journal of Educational Psychology 85, S. 406 – 411
- [19] Köller, O.; Baumert, J.; Neubrand, J. (2000): Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht - 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 Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der gymnasialen Oberstufe, Leske + Budrich, Opladen
- [20] Lederman, N.; Wade, P.; Bell, R. (1998): Assessing Understanding of the Nature of Science: A Historical Perspective - In: McComas, W. (Hrsg.): The Nature of Science in Science Edu-

cation. Rationales and Strategies, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, S. 331 - 350

- [21] Elby, A. (2001): Helping Physics Students Learn how to Learn - In: Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement 69, Nr. 7, S. S54 – S64
- [22] Redish, E.; Saul, J.; Steinberg, R. (1998): Student Expectations in Introductory Physics - In: American Journal of Physics 66, Nr. 3, S. 212 – 224
- [23] Redish, E. (2001): Student Expectations in University Physics: Using the Maryland Physics Expectations Survey – In: <http://www.physics.umd.edu/perg/expect/usempex.pdf>
- [24] Wilhelm, T.; Heuer, D. (2005): Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory“ in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht – In: Nordmeier, V. (Red.): Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der DPG – Berlin 2005, Berlin
- [25] Wilhelm, T.; Heuer, D. (2004): Implementation eines innovativen Kinematik-/Dynamik-Unterrichtskonzeptes - In: Pitton, A. (Hrsg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, Jahrestagung der GDPC in Berlin 2003, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 24, Lit-Verlag, Münster, S. 203 - 205
- [26] Wilhelm, T.; Heuer, D. (2002): Interesse fördern, Fehlvorstellungen abbauen - dynamisch ikonische Repräsentationen in der Dynamik - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 51, Nr. 8, S. 2 - 11
- [27] Wang, M.; Haertel, G.; Walberg, H. (1993): Toward a Knowledge Base for School Learning – In: Review of Educational Research 63, S. 249 - 294
- [28] Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht?, Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin
- [29] Gröber, S.; Poth, T. (2004): “Das MultiMechanics Project” - In: <http://physik.bildung-rp.de/unterrichtphy/MMP/MMP.htm>
- [30] Gröber, S.; Poth, T.; Wilhelm, T. (2006): Zwei-dimensional-vektorielle Kinematik mit Videoanalyse. Vorstellung eines Unterrichtsganges im MultiMechanics Project - In: PdN-PhiS 55 (Veröffentlichung geplant)
- [31] Poth, T.; Gröber, S. (2006): Maßgeschneiderter Unterricht durch Just-in-Time-Teaching - In: PdN-PhiS 55 (Veröffentlichung geplant)
- [32] Wilhelm, T.; Gröber, S.; Poth, T.: Nachhaltiges Mechaniklernen im MultiMechanicsProject - In: Pitton, A. (Hrsg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, Jahrestagung der GDPC in Heidelberg 2004, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der

Chemie und Physik, Band 25, Lit-Verlag, Münster, 2005, S. 241 - 243

10. Adresse

StR Thomas Wilhelm, Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Physikalisches Institut der Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg, Tel. 0931/888-5788

wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de

Erwartungen im Fach Physik

Die Maryland Umfrage zu Erwartungen in Physik

Name: _____

Schule: _____

Datum: _____

Hier sind 34 Aussagen, die deine Meinung über das Fach Physik beschreiben oder nicht beschreiben. Du sollst jede Aussage bewerten, indem du eine Zahl zwischen 1 und 5 einkreist, wobei die Nummern folgendes bedeuten:

1: Starke Ablehnung	2: Ablehnung	3: Neutral	4: Zustimmung	5: Starke Zustimmung
---------------------	--------------	------------	---------------	----------------------

Beantworte die Fragen durch Einkreisen der Nummer, die deine Vorstellung am Besten ausdrückt. Arbeite schnell. Denk nicht zu lange über die Bedeutung jeder einzelnen Aussage nach. Sie sollen unkompliziert und einfach verstanden werden. Wenn du eine Aussage nicht verstehst, lasse sie aus. Wenn du sie verstehst, aber keine bestimmte Meinung hast, wähle 3. Wenn ein Punkt zwei Aussagen kombiniert und du lehnt eine davon ab, wähle 1 oder 2.

1	Alles, was ich tun muss, um die meisten grundlegenden Ideen in diesem Fach zu verstehen, ist einfach, die Texte lesen, die meisten Aufgaben bearbeiten und/oder im Unterricht aufmerksam sein.	1 2 3 4 5
2	Alles, was ich bei einer Herleitung oder einem Beweis einer Formel lerne, ist, dass die Formel richtig ist und dass es ok ist, sie zum Lösen von Aufgaben zu benutzen.	1 2 3 4 5
3	Ich gehe meine Hefteinträge gründlich durch, um für Abfragen/Stegreifaufgaben/Schulaufgaben vorbereitet zu sein.	1 2 3 4 5
4	„Aufgabenlösen“ bedeutet in Physik, die Probleme an Sachverhalte oder Gleichungen anzupassen und dann Werte einzusetzen, um eine Zahl herauszubekommen.	1 2 3 4 5
5	Physiklernen brachte mich dazu, meine Vorstellungen darüber, wie die physikalische Welt funktioniert, zu verändern.	1 2 3 4 5
6	Ich verbringe viel Zeit damit, wenigstens einige Herleitungen oder Beweise, die im Unterricht oder im Schulbuch vorkommen, zu verstehen.	1 2 3 4 5
7	Ich lese Texte (Heft/Schulbuch) im Detail und arbeite viele vorgestellte Beispiele durch.	1 2 3 4 5
8	In diesem Fach erwarte ich nicht, dass ich die Gleichungen in einer intuitiven Weise verstehe; sie müssen als gegeben hingenommen werden.	1 2 3 4 5
9	Der beste Weg für mich, um Physik zu lernen, ist, viele Aufgaben zu lösen statt ein paar sorgfältig im Detail zu lösen.	1 2 3 4 5
10	Physikalische Gesetze haben wenig Beziehung zu dem, was ich in der realen Welt erfahre.	1 2 3 4 5
11	Ein gutes Verständnis der Physik ist für mich nötig, um meine beruflichen Ziele zu erreichen. Eine gute Note in diesem Fach ist nicht genug.	1 2 3 4 5
12	Wissen in Physik besteht aus vielen Informationsstücken, von denen jedes in erster Linie zu einer speziellen Situation passt.	1 2 3 4 5
13	Meine Note in diesem Fach ist in erster Linie abhängig davon, wie vertraut ich mit dem Stoff bin. Einsicht oder Kreativität hat damit wenig zu tun.	1 2 3 4 5
14	Physiklernen ist eine Sache des Erwerbs von Wissen, das sich speziell in Gesetzen, Prinzipien und Gleichungen findet, die im Unterricht und/oder im Schulbuch vorgegeben werden.	1 2 3 4 5

1: Starke Ablehnung	2: Ablehnung	3: Neutral	4: Zustimmung	5: Starke Zustimmung
---------------------	--------------	------------	---------------	----------------------

15	Wenn beim Lösen einer physikalischen Aufgabe meine Berechnung ein Ergebnis ergibt, das sich klar von dem unterscheidet, was ich erwartet habe, dann muss ich der Berechnung vertrauen.	1 2 3 4 5
16	Die Herleitung oder der Beweis einer Gleichung im Unterricht oder im Schulbuch hat wenig mit Aufgabenlösen oder mit den Fertigkeiten zu tun, die ich brauche, um in diese Fach erfolgreich zu sein.	1 2 3 4 5
17	Nur sehr wenige besonders befähigte Leute sind in der Lage, Physik wirklich zu verstehen.	1 2 3 4 5
18	Um Physik zu verstehen, denke ich manchmal über meine persönlichen Erfahrungen nach und beziehe sie auf das Thema, das ich untersuche.	1 2 3 4 5
19	Am Entscheidendsten beim Lösen einer physikalischen Aufgabe ist, die richtige Gleichung zu finden, um sie anzuwenden.	1 2 3 4 5
20	Wenn ich mich nicht an eine einzelne Gleichung erinnere, die ich in einer Prüfung für eine Aufgabe brauche, dann gibt es nicht viel, was ich (legal!) tun kann, um draufzukommen.	1 2 3 4 5
21	Wenn ich auf zwei unterschiedliche Ansätze für eine Aufgabe komme und diese verschiedene Lösungen ergeben, würde es mich nicht beunruhigen; ich würde einfach die Antwort wählen, die mir am vernünftigsten erscheint. (Nimm an, die Lösung ist nicht im Schulbuch angegeben.)	1 2 3 4 5
22	Physik bezieht sich auf die reale Welt und manchmal hilft es, über die Verbindungen nachzudenken; aber es ist selten wichtig für das, was ich in dem Unterrichtsfach tun muss.	1 2 3 4 5
23	Die Hauptfähigkeit, die ich in diesem Fach erwerbe, ist, dass ich lerne, wie man physikalische Aufgaben löst.	1 2 3 4 5
24	Das Ergebnis einer Prüfung gibt mir keine brauchbare Anleitung, wie ich mein Verständnis des Unterrichtsstoffes verbessern kann.	1 2 3 4 5
25	Physiklernen hilft mir, Situationen im täglichen Leben zu verstehen.	1 2 3 4 5
26	Während ich die meisten Probleme in Prüfungen oder Hausaufgaben löse, denke ich explizit über die Strukturen nach, die der Aufgabe zugrunde liegen.	1 2 3 4 5
27	Physik „Verstehen“ bedeutet im Allgemeinen, in der Lage zu sein, sich an etwas zu erinnern, das man gelesen hat oder gezeigt bekommen hat.	1 2 3 4 5
28	Viel Zeit (halbe Stunde oder mehr) für die Arbeit an einer Aufgabe aufzuwenden ist Zeitverschwendung. Wenn ich nicht schnell Erfolg habe, bin ich besser dran, wenn ich jemanden frage, der mehr weiß als ich.	1 2 3 4 5
29	Ein bedeutendes Problem in diesem Fach ist, in der Lage zu sein, alle Informationen auswendig zu lernen, die man wissen muss.	1 2 3 4 5
30	Die Hauptfähigkeit, die ich in diesem Fach erwerbe, ist, dass ich lerne, wie man über die physikalische Welt logisch denkt.	1 2 3 4 5
31	Die Fehler, die ich in den Aufgaben in den Hausaufgaben und Prüfungen mache, sind für mich ein Anhaltspunkt zu erfahren, was ich tun muss, um den Stoff besser zu verstehen.	1 2 3 4 5
32	Um in der Lage zu sein, eine Gleichung bei einer Aufgabe zu nützen (besonders bei einer Aufgabe, die ich vorher noch nicht gesehen habe), muss ich mehr wissen, als was jeder Ausdruck in der Gleichung bedeutet.	1 2 3 4 5
33	Es ist möglich, dieses Fach zu bestehen (die Note „4“ oder besser zu bekommen) ohne Physik sehr gut zu verstehen.	1 2 3 4 5
34	Physiklernen erfordert in hohem Maße, die Informationen, die ich im Unterricht und/oder im Schulbuch erhalten habe, zu überdenken, umzustrukturieren und umzugestalten.	1 2 3 4 5

Erwartungen im Fach Physik

Die Maryland Umfrage zu Erwartungen in Physik

Name: _____

Schule: _____

Datum: _____

Hier sind 34 Aussagen, die deine Meinung über das Fach Physik beschreiben oder nicht beschreiben. Du sollst jede Aussage bewerten, indem du eine Zahl zwischen 1 und 5 einkreist, wobei die Nummern folgendes bedeuten:

1: Starke Ablehnung	2: Ablehnung	3: Neutral	4: Zustimmung	5: Starke Zustimmung
---------------------	--------------	------------	---------------	----------------------

Beantworte die Fragen durch Einkreisen der Nummer, die deine Vorstellung am Besten ausdrückt. Arbeite schnell. Denk nicht zu lange über die Bedeutung jeder einzelnen Aussage nach. Sie sollen unkompliziert und einfach verstanden werden. Wenn du eine Aussage nicht verstehst, lasse sie aus. Wenn du sie verstehst, aber keine bestimmte Meinung hast, wähle 3. Wenn ein Punkt zwei Aussagen kombiniert und du lehnt eine davon ab, wähle 1 oder 2.

1	Alles, was ich tun muss, um die meisten grundlegenden Ideen in diesem Fach zu verstehen, ist einfach, die Texte lesen, die meisten Aufgaben bearbeiten und/oder im Unterricht aufmerksam sein.	1 2 3 4 5
2	Alles, was ich bei einer Herleitung oder einem Beweis einer Formel lerne, ist, dass die Formel richtig ist und dass es ok ist, sie zum Lösen von Aufgaben zu benutzen.	1 2 3 4 5
3	Ich gehe meine Hefteinträge gründlich durch, um für Abfragen/Stegreifaufgaben/Schulaufgaben vorbereitet zu sein.	1 2 3 4 5
4	„Aufgabenlösen“ bedeutet in Physik, die Probleme an Sachverhalte oder Gleichungen anzupassen und dann Werte einzusetzen, um eine Zahl herauszubekommen.	1 2 3 4 5
5	Physiklernen brachte mich dazu, meine Vorstellungen darüber, wie die physikalische Welt funktioniert, zu verändern.	1 2 3 4 5
6	Ich verbringe viel Zeit damit, wenigstens einige Herleitungen oder Beweise, die im Unterricht oder im Schulbuch vorkommen, zu verstehen.	1 2 3 4 5
7	Ich lese Texte (Heft/Schulbuch) im Detail und arbeite viele vorgestellte Beispiele durch.	1 2 3 4 5
8	In diesem Fach erwarte ich nicht, dass ich die Gleichungen in einer intuitiven Weise verstehe; sie müssen als gegeben hingenommen werden.	1 2 3 4 5
9	Der beste Weg für mich, um Physik zu lernen, ist, viele Aufgaben zu lösen statt ein paar sorgfältig im Detail zu lösen.	1 2 3 4 5
10	Physikalische Gesetze haben wenig Beziehung zu dem, was ich in der realen Welt erfahre.	1 2 3 4 5
11	Ein gutes Verständnis der Physik ist für mich nötig, um meine beruflichen Ziele zu erreichen. Eine gute Note in diesem Fach ist nicht genug.	1 2 3 4 5
12	Wissen in Physik besteht aus vielen Informationsstücken, von denen jedes in erster Linie zu einer speziellen Situation passt.	1 2 3 4 5
13	Meine Note in diesem Fach ist in erster Linie abhängig davon, wie vertraut ich mit dem Stoff bin. Einsicht oder Kreativität hat damit wenig zu tun.	1 2 3 4 5
14	Physiklernen ist eine Sache des Erwerbs von Wissen, das sich speziell in Gesetzen, Prinzipien und Gleichungen findet, die im Unterricht und/oder im Schulbuch vorgegeben werden.	1 2 3 4 5

1: Starke Ablehnung	2: Ablehnung	3: Neutral	4: Zustimmung	5: Starke Zustimmung
---------------------	--------------	------------	---------------	----------------------

15	Wenn beim Lösen einer physikalischen Aufgabe meine Berechnung ein Ergebnis ergibt, das sich klar von dem unterscheidet, was ich erwartet habe, dann muss ich der Berechnung vertrauen.	1 2 3 4 5
16	Die Herleitung oder der Beweis einer Gleichung im Unterricht oder im Schulbuch hat wenig mit Aufgabenlösen oder mit den Fertigkeiten zu tun, die ich brauche, um in diese Fach erfolgreich zu sein.	1 2 3 4 5
17	Nur sehr wenige besonders befähigte Leute sind in der Lage, Physik wirklich zu verstehen.	1 2 3 4 5
18	Um Physik zu verstehen, denke ich manchmal über meine persönlichen Erfahrungen nach und beziehe sie auf das Thema, das ich untersuche.	1 2 3 4 5
19	Am Entscheidendsten beim Lösen einer physikalischen Aufgabe ist, die richtige Gleichung zu finden, um sie anzuwenden.	1 2 3 4 5
20	Wenn ich mich nicht an eine einzelne Gleichung erinnere, die ich in einer Prüfung für eine Aufgabe brauche, dann gibt es nicht viel, was ich (legal!) tun kann, um draufzukommen.	1 2 3 4 5
21	Wenn ich auf zwei unterschiedliche Ansätze für eine Aufgabe komme und diese verschiedene Lösungen ergeben, würde es mich nicht beunruhigen; ich würde einfach die Antwort wählen, die mir am vernünftigsten erscheint. (Nimm an, die Lösung ist nicht im Schulbuch angegeben.)	1 2 3 4 5
22	Physik bezieht sich auf die reale Welt und manchmal hilft es, über die Verbindungen nachzudenken; aber es ist selten wichtig für das, was ich in dem Unterrichtsfach tun muss.	1 2 3 4 5
23	Die Hauptfähigkeit, die ich in diesem Fach erwerbe, ist, dass ich lerne, wie man physikalische Aufgaben löst.	1 2 3 4 5
24	Das Ergebnis einer Prüfung gibt mir keine brauchbare Anleitung, wie ich mein Verständnis des Unterrichtsstoffes verbessern kann.	1 2 3 4 5
25	Physiklernen hilft mir, Situationen im täglichen Leben zu verstehen.	1 2 3 4 5
26	Während ich die meisten Probleme in Prüfungen oder Hausaufgaben löse, denke ich explizit über die Strukturen nach, die der Aufgabe zugrunde liegen.	1 2 3 4 5
27	Physik „Verstehen“ bedeutet im Allgemeinen, in der Lage zu sein, sich an etwas zu erinnern, das man gelesen hat oder gezeigt bekommen hat.	1 2 3 4 5
28	Viel Zeit (halbe Stunde oder mehr) für die Arbeit an einer Aufgabe aufzuwenden ist Zeitverschwendung. Wenn ich nicht schnell Erfolg habe, bin ich besser dran, wenn ich jemanden frage, der mehr weiß als ich.	1 2 3 4 5
29	Ein bedeutendes Problem in diesem Fach ist, in der Lage zu sein, alle Informationen auswendig zu lernen, die man wissen muss.	1 2 3 4 5
30	Die Hauptfähigkeit, die ich in diesem Fach erwerbe, ist, dass ich lerne, wie man über die physikalische Welt logisch denkt.	1 2 3 4 5
31	Die Fehler, die ich in den Aufgaben in den Hausaufgaben und Prüfungen mache, sind für mich ein Anhaltspunkt zu erfahren, was ich tun muss, um den Stoff besser zu verstehen.	1 2 3 4 5
32	Um in der Lage zu sein, eine Gleichung bei einer Aufgabe zu nützen (besonders bei einer Aufgabe, die ich vorher noch nicht gesehen habe), muss ich mehr wissen, als was jeder Ausdruck in der Gleichung bedeutet.	1 2 3 4 5
33	Es ist möglich, dieses Fach zu bestehen (die Note „4“ oder besser zu bekommen) ohne Physik sehr gut zu verstehen.	1 2 3 4 5
34	Physiklernen erfordert in hohem Maße, die Informationen, die ich im Unterricht und/oder im Schulbuch erhalten habe, zu überdenken, umzustrukturieren und umzugestalten.	1 2 3 4 5