

## Ansichten deutscher Elftklässler über Physik und Lernen von Physik - Ergebnisse beim „Maryland Physics Expectations Survey“

Thomas Wilhelm, Dieter Heuer

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 die bayerischen Gymnasiasten deutlich schlechter als amerikanische Studenten abschneiden und sich ihre Ansichten während des 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

Unter „epistemologischen Überzeugungen“ versteht Priemer (2003, S. 161 f.) [1] Vorstellungen über die Praxis des naturwissenschaftlichen Arbeitens, den epistemologischen Status von naturwissenschaftlichem Wissen, die Strukturierung und Klassifikation von Wissen und die persönliche Bedeutung naturwissenschaftlicher Inhalte für den Lernenden. Grygier et al. (2004, S. 1) [2] und Günther et al. (2003, S. 150) [3] verwenden dagegen den Begriff „Wissenschaftsverständnis“ als einen vereinfachenden Begriff, der erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftliche Aspekte der Philosophie einschließt. Sie betonen, dass das Verstehen der Natur der Naturwissenschaften erfolgreiches Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte unterstützt (Grygier et al., 2004, S. 5) [2], 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 (2002) [4]. Priemer (2003, S. 160 f.) [1] gibt auch mehrere internationale Untersuchungen an, die zeigen, dass individuelle Ansichten über Wissen und Lernen große Bedeutung für Lernerfolge haben.

Schülervorstellungen über Naturwissenschaften sind sehr heterogen und die entsprechende Studien zeigen kein einheitliches Bild (Höttecke, 2001, S. 71) [5]. Beschreibungen von Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften findet man bei Deanna Kuhn (1989) [6], Meyling (1990) [7], Kircher (1995) [8], Priemer (2003) [1], Wilhelm (2005) [9] und ausführlich bei Höttecke (2001) [5] (und

gekürzt bei Höttecke (2004) [10]), 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“* (Duit, 1990, S. 124) [11]. *„Während Oberstufenschüler und –schülerinnen Planungs-, vor allem aber Überwachungsstrategien offensichtlich regelmäßig und systematisch einsetzen, wenn sie sich für Mathematik und Physik vorbereiten, sind versthensorientierte Erwerbsstrategien, mit denen aktiv Sinnstrukturen herausgearbeitet werden [...] eher selten anzutreffen“* (Baumert et al., TIMSS/III, 2000, S. 211) [12]. Es besteht aber heute 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 (Renkl, 2002, S. 592) [13]. Dabei werden Informationen nicht nur integriert, sondern sie bewirken evtl. eine (im Lernverlauf evtl. mehrfache) Umstrukturierung des vorhandenen Wissens, was als kognitive Entwicklung (Niedderer, 1999) [14] bezeichnet wird.

Schommer [15+16] (zitiert bei Köller et al., TIMSS/III, 2000, S. 230 [17]) hat vier Überzeugungen von Studenten bezüglich des Lernens 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

Will man ohne großen Aufwand Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften, die bisher noch wenig erforscht sind, erheben, sind paper-and-pencil-Tests ein geeignetes Verfahren. Lederman et al. (1998, S. 332–343) [18] geben einen Überblick über solche Tests, die zwischen 1954 und 1995 verwendet wurden, und über ihre Schwierigkeiten. An neueren Tests seien hier genannt: „Views About Science Survey“ (VASS) (Priemer, 2003) [1], „Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science“ (EBAPS) (Elby, 2001) [19] (<http://www2.physics.umd.edu/~elby/EBAPS/home.htm>) und der „Maryland Physics Expectations Survey“ (MPEX).

Der letztgenannte Test „Maryland Physics Expectations Survey“ (MPEX) wurde von Redish, Saul und Steinberg (1998) [20] entwickelt und ist für einführende Physikkurse an amerikanischen Universitäten und Colleges gedacht. Es werden die unten dargestellten 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 (Redish et al., 1998, S. 214) [20], so dass hier etliche Vergleichswerte vorliegen. Redish et al. (1998, S. 213) [20] 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 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. [20] und Elby [19] 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. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass Redish (2001) [21] z.T. andere Empfehlungen gibt als Redish et al. (1998) [20]. Um einen Vergleich mit den amerikanischen Werten zu ermöglichen, wurden im Folgenden die Vorgaben von Redish et al. (1998) [20] übernommen. Die Werte aus Amerika liegen von drei großen staatlichen Universitäten und von drei kleinen Colleges vor, wobei jeweils verschiedene Lehrer beteiligt waren (nur bei zwei Colleges waren nur wenige Lehrer bzw. Studenten beteiligt).

Als „Experten“ wurden Physikdozenten amerikanischer Universitäten gewählt, die ein großes Interesse an unterrichtsrelevanten Fragen und ein großes Feingefühl für Studenten haben (Redish et al., 1998, S. 216) [20], aber keine Erkenntnistheoretiker oder Lernpsychologen. Es ist davon auszugehen, dass diese 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 [9] erstellt (anbei auf der CD). 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. Neben dem Problem, dass beim Übersetzen die Intension nicht verschoben wird, ist zu beachten, dass in Amerika an Highschools und Universitäten anders 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. Zusätzlich liegen von vielen Klassen einmalige Testergebnisse (nur Vortest) vor. Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich jedoch nur auf die elften Klassen, die einen Vor- und Nachtest abgegeben haben, wobei nur die 336 Schüler einbezogen wurden, die beide Tests ablegten. Die einzelnen elften Klassen unterscheiden sich z.T. erheblich voneinander in der Ausgangslage und in den Veränderungen während des Mechanikunterrichts.

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.

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. Insbesondere 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.

Reliabilitäten Cronbachs $\alpha$	Vortest		Nachttest	
	förderliche Antworten	unförderliche Antworten	förderliche Antworten	unförderliche Antworten
Unabhängigkeit	0,29	0,22	0,30	0,36
Zusammenhang	0,32	0,21	0,39	0,21
Konzept	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
<b>Gesamtwert</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,79</b>	<b>0,80</b>

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

Die Anteile förderlicher und unförderlicher Antworten bei den drei amerikanischen Universitäten und bei den 17 bayerischen Gymnasialklassen sind in Tab. 2 für Vor- und Nachttest aufgelistet. Zusätzlich werden die Vortestergebnisse zweier extremer Klassen dargelegt. Ein Vergleich der Vortestergebnisse der amerikanischen Studenten und der bayerischen Gymnasiasten ist auch anhand der Abb. 1 möglich.

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

Tab. 2: Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Antworten in Prozent, Mittelwert aus den Mittelwerten dreier amerikanischer Universitäten und Mittelwert aus 17 bayerischen elften Klassen (Sterne bei signifikanten Unterschieden zwischen Vor- und Nachttest, 5 %-Niveau) (Quelle: Redish et al. (1998) [20] und eigene Erhebung).

### 3.1 Das Cluster „Unabhängigkeit“

Das Cluster „Unabhängigkeit“ (Items 1, 8, 13, 14, 17, 27) testet, 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). An den drei getesteten amerikanischen Universitäten haben zu Beginn des Studiums ca. 55 % der Studenten förderliche und ca. 23 % unförderliche Antworten abgegeben (während es an den Colleges zwischen 41% und 62 % förderli-

chen und 14 % bis 29 % unförderlichen Antworten schwankte) (Redish et al., 1998, S. 217). Während dem ersten Semester bzw. Trimester kam es fast überall zu einer leichten Verschlechterung. Die bayerischen Elftklässler haben mit 33 % förderlichen und 46 % unförderlichen Antworten deutlich schlechtere Werte als die amerikanischen Studenten. So stimmen insbesondere 65 % der Schüler 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 „*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.*“ Durch den Mechanikunterricht trat bei diesem Aufgabencluster praktisch keine Veränderung ein (Nachttest: 33 % förderlich bzw. 44 % unförderlich (jeweils nicht signifikanter Unterschied)) (im Gegensatz zu Elby (2001) [19] wurden die Unterschiede mit einem abhängigen t-Test nicht nur bei den förderlichen, sondern auch bei den unförderlichen Antworten auf Signifikanz geprüft).

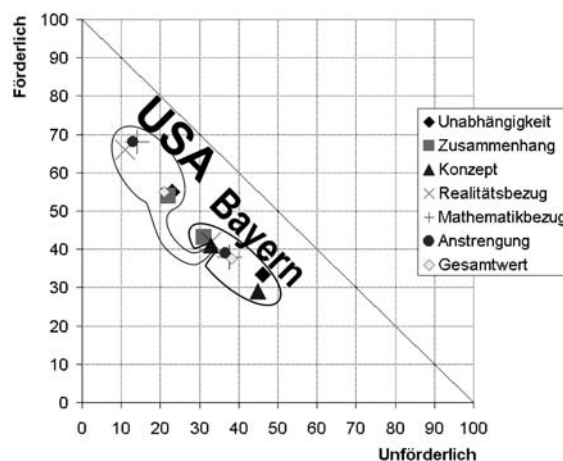


Abb. 1: Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Antworten in Prozent entsprechend der Tabelle (jeweils Vortestwerte)

### 3.2 Das Cluster „Zusammenhang“

Das Cluster „Zusammenhang“ (Items 12, 15, 16, 21, 29) überprüft, 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). An den drei amerikanischen Universitäten wurden zu Beginn des Studiums ca. 54 % förderliche und ca. 22 % unförderliche Antworten abgegeben (Colleges: 50 % - 58 % förderliche und 17 % bis 26 % unförderliche Antworten) (Redish et al., 1998, S. 217) [20]. Während der ersten Studieneinheit kam es meistens zu einer leichten Verschlechterung. Die bayerischen Schüler haben mit 43 % förderlichen und 31 % unförderlichen Antworten deutlich schlechtere Werte als die amerikanischen Studenten.

Durch den Mechanikunterricht fand eine minimale Verschlechterung statt (Nachttest: 42 % bzw. 33 % (Veränderung jeweils nicht signifikant)).

### 3.3 Das Cluster „Konzepte“

Das Cluster „Konzepte“ (Items 4, 19, 26, 27, 32) 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). An den drei einbezogenen Universitäten wurden zu Beginn des Studiums ca. 41 % förderliche und ca. 33 % unförderliche Antworten abgegeben (Colleges: 30 % - 47 % förderliche, 23 % bis 42 % unförderlichen Antworten) (Redish et al., 1998, S. 217) [20]. Die getesteten Elftklässler haben mit 29 % förderlichen und 45 % unförderlichen Antworten wiederum deutlich schlechtere Werte als die amerikanischen Studenten. Während an fast allen amerikanischen Universitäten und Colleges durch den Mechanikunterricht eine geringe Verbesserung stattfand (Unis: 42 % bzw. 32 %), waren in Bayern nach dem Mechanikunterricht die Werte leicht schlechter (Nachttest: 28 % (nicht signifikant) bzw. 48 % (signifikant)). 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 (Nachttest Bayern unverändert bei 7 % bzw. 83 %).

### 3.4 Das Cluster „Realitätsbezug“

Das Cluster „Realitätsbezug“ (Items 10, 18, 22, 25) überprüft, 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 (Redish et al., 1998, S. 217) [20]. Während der ersten Studieneinheit kommt es aber überall zu einer deutlichen Verschlechterung (Durchschnitt der sechs Orte: 61 % förderlich, 16 % unförderlich). Die getesteten Schüler haben mit 42 % förderlichen und 33 % unförderlichen Antworten erheblich schlechtere Werte als die amerikanischen Studenten. Dafür bleiben diese im Durchschnitt ungefähr erhalten (Nachttest: 42 % bzw. 34 % (jeweils nicht signifikant)). Beim Cluster „Realitätsbezug“ treten außerdem die größten Streuungen bei den Schülerantworten auf (Beispiel Vortest förderliche Antworten:  $\mu = 0,42$ ,  $\sigma = 0,30$ ).

### 3.5 Das Cluster „Mathematikbezug“

Das Cluster zur Rolle der Mathematik (Items 2, 6, 8, 16, 20) testet, 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 (Redish et al., 1998, S. 217) [20]. Nach der ersten Studieneinheit sind die Durchschnittswerte an drei Orten unverändert, während es an den drei anderen deutliche Verschlechterungen gab. Die bayerischen Schüler haben mit 38 % förderlichen und 38 % unförderlichen Antworten weit schlechtere Werte als die amerikanischen Studenten und sie haben sich im Laufe der elften Jahrgangsstufe auch noch etwas verschlechtert (Nachttest: 35 % nicht signifikant bzw. 42 % signifikant). Beispielsweise sind 46 % (nachher 49 %) der Schüler überzeugt, dass die Herleitung 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) (Redish et al., 1998, S. 217) [20]. Redish (2001, S. 2) [21] 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 Ab-

schnitt (Kurssystem bisher erst ab Klasse 12). Hier werden 39 % angeblich förderliche und 37 % angeblich unförderliche Antworten gegeben. Während des Mechanikunterrichts verschlechtern sich diese Werte deutlich auf 32 % bzw. 42 %. Die Veränderung ist dabei jeweils hoch signifikant. Hier spielt sicher auch eine Rolle, dass viele Schüler in Bayern Physik nach der elften Klasse ablegen, so dass dadurch auch die Bereitschaft, sich in diesem Fach anzustrengen, im Laufe des Schuljahres sinkt.

### 3.7 Der Gesamtwert

Schließlich wird noch ein Gesamtwert berechnet. Redish (2001, S. 2) [21] empfiehlt diesen ohne die 5 Items zur Anstrengung zu berechnen, aber Redish et al. (1998, S. 216 + 218) [20] nehmen alle Items hinzu, was allerdings bei den bayerischen Werten praktisch keinen Unterschied macht ( $\leq 0,5$  Prozentpunkte). Die Universitäten verschlechtern sich von 55 % bzw. 21 % auf 50 % bzw. 24 %. Die bayerischen Klassen verschlechtern sich ebenso von 37 % bzw. 38 % auf 35 % bzw. 41 % (siehe Tab. 2), wobei die Verschlechterung jeweils hoch signifikant ist. 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. Auffällig ist aber insbesondere ein deutlicher Unterschied zwischen den Zahlenwerten für die Oberstufe des bayerischen Gymnasiums und für die amerikanischen Universitäten bzw. Colleges. Dies ist sicher auf einen andersartigen Physikunterricht an bayerischen Gymnasien und amerikanischen Highschools zurückzuführen. Dass der Unterricht viel bewirken kann, zeigte Elby (2001) [19], 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 (Elby, 2001, S. S56) [19].

### 3.8 Geschlechterunterschiede

Interessant ist nun noch, dass es gewisse Geschlechterunterschiede gibt (siehe Tab. 3). 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 interes-

sante 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 Jungen. 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.

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*° / 32*°	36*° / 39°	36*° / 40*	29*° / 43
Gesamtwert	36*° / 40*	34*° / 41*	40* / 35*	39* / 37*

Tab. 3: 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 ° markiert (Abhängiger t-Test bzw. Wilcoxon-Test, 0,05- Niveau).

### 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 dem Mechanikunterricht verschlechtert). Damit aber die Fragen des MPEX-Tests überhaupt beantwortet werden können, ist eine gewisse Menge 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 einfa-

chen Rechnungen die Schüler noch nicht erlebt haben, dass Gleichungen auswendig lernen und Zahlen einsetzen zum Auflösen nicht genügt. Der Anteil unförderlicher Antworten zum Cluster „Unabhängigkeit“ ist außerdem bei den Achtklässlern kleiner (38 % statt 46 %). Das heißt 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 herkömmlich unterrichteten Klassen haben acht Klassen sowohl an dem bekannten FCI-Test [22] 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 ander-

seits 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 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 [9+23], bei dem piktogrammartigen Darstellungen wie Vektorpfeile eine wichtige Rolle spielen. Zu diesem Konzept gehört auch der Einsatz graphischer Modellbildung, da mit dieser bildhaften Darstellung von Wirkungsnetzen Strukturzusammenhänge bewusster werden [9+24]. 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 [9+23]. In sieben Klassen wurde auch die Modellbildung eingesetzt (meist 5 bis 6 Std.), während die übrigen sechs aus Zeitgründen darauf verzichteten. Eine Frage war, ob die Modellbildung eine Auswirkung auf epistemologische Vorstellungen hat.

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*
<b>Konzept</b>	29 / 45°	28 / 48°	33 / 45°	31 / 33°*
<b>Realitätsbezug</b>	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
<b>Gesamtwert</b>	37° / 38°	35° / 41°	39 / 37°	41* / 32°*

Tab. 4: 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.)

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. 4). 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 Probandenanzahl  $N = 66$ ) 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. 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 (1993) [25] 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 Meyer, 2004, S.35 [26]). 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 Abläufe 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 [27-30]. Das Projekt wurde vom Landesmedienzentrum Rheinland-Pfalz in Koblenz unterstützt und von Wilhelm mit evaluiert [9+30]. 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.

Beim Vergleich mit herkömmlich unterrichteten bayerischen Klassen fällt zunächst auf, dass die Zahlenwerte des MultiMechanics Projects vor dem Unterricht bei jedem Cluster wesentlich besser sind (Tab. 5). Diese Unterschiede sind außerdem fast überall signifikant (Ausnahme: Anstrengung). Am größten ist der Unterschied beim Cluster „Realitätsbezug“. Diese Unterschiede können daran liegen, dass sich vor allem die guten Schüler für einen Leistungskurs entscheiden, die auch beim MPEX-Test bessere Werte erreichen. Eine weitere Ursache könnte darin liegen, dass in diesen Kursen nur ein Fünftel der Schüler weiblich sind und männliche Schüler im

Durchschnitt bessere Ergebnisse liefern. Nicht feststellbar ist, ob sich Unterschiede in den Lehrplänen und Lehrtraditionen der beiden Bundesländer hier auswirken. Eine Ursache ist vermutlich darin zu finden, dass die Schüler des größeren der beiden Kurse, der auch wesentlich bessere Vortestergebnisse hatte, bereits einige Jahre von der gleichen Lehrkraft sehr schülerzentriert unterrichtet wurde und im Unterricht bestimmte Schwerpunkte gesetzt wurden.

Anteil förderlicher/ unförderlicher Antworten in %	MultiMechanics Project, 2 Leistungskurse, Rheinland-Pfalz, N = 31		Konventioneller Unterricht, 17 Klassen, Bayern N = 336	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Unabhängigkeit	50* / 27°*	56* / 20°*	33* / 46*	33* / 44*
Zusammenhang	49° / 20*	62°* / 23*	43 / 31*	42* / 33*
Konzept	51* / 24°*	56* / 15°*	29* / 45°*	28* / 48°*
Realitätsbezug	73* / 6*	79* / 6*	42* / 33*	42* / 34*
Mathebezug	55* / 19*	60* / 18*	38* / 38°*	35* / 42°*
Anstrengung	43° / 33	31° / 35	39° / 37°	32° / 42°
Gesamtwert	54* / 21*	58* / 18*	37°* / 38°*	35°* / 41°*

Tab. 5: Vergleich der Anteile förderlicher bzw. unförderlicher Ansichten bayerischer Gymnasiasten in Prozent bei verschiedenem Unterricht, jeweils vor und nach dem Mechanikunterricht. Mittelwert aus den Mittelwerten dreier amerikanischer Universitäten und Mittelwert aus 17 bayerischen elften Klassen. Signifikante Unterschiede des MultiMechanics Project 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 ° markiert (Abhängiger t-Test bzw. Wilcoxon-Test, 0,05-Niveau.)

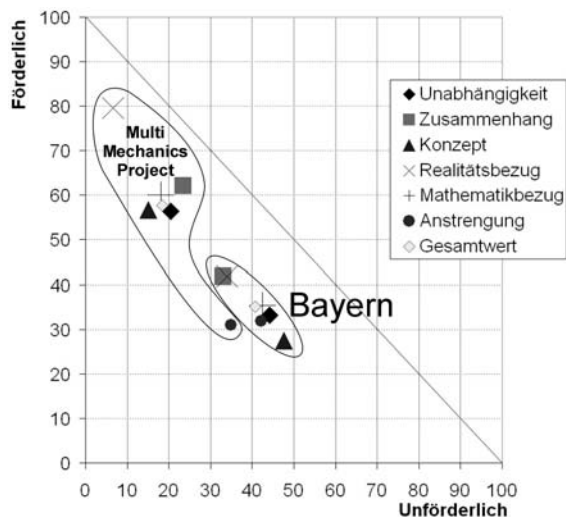


Abb. 2: Anteile förderlicher und unförderlicher Antworten in Prozent beim Nachtest beim MultiMechanics Project und bei konventionell unterrichteten bayerischen Klassen

Bei den Leistungskursschülern gibt es bei den Clustern „Unabhängigkeit“, „Zusammenhang“ und „Konzept“ signifikante Verbesserungen bis zum Nachtest. Bei den Clustern „Realitätsbezug“, „Ma-

thematikbezug“ und „Gesamtwert“ treten außerdem nicht signifikante Verbesserungen auf. Lediglich beim Cluster „Anstrengung“ gibt es wie in Bayern und den amerikanischen Universitäten Verschlechterungen. Bei dieser überraschenden weiteren Verbesserung des Testergebnisses im Laufe des Schuljahres liegt sicher auch ein kausaler Zusammenhang mit dem Unterricht vor, in dem die Schüler selbst Wissen „erzeugen“ und nicht Gegebenes übernehmen sollten. Diese Schüler achteten z.B. mehr auf das Verständnis der zugrunde liegenden Ideen, während die bayerischen Vergleichsschüler sich auf Formeln konzentrieren.

Am Ende des Mechanikunterrichtes liegt damit ein großer Unterschied zwischen den Kursschülern und der Vergleichsgruppe vor, der in allen Clustern außer dem Cluster „Anstrengung“ signifikant ist (Tab. 5, Abb. 2). So haben z.B. bei den Clustern „Konzept“ und „Realitätsbezug“ ca. doppelt so viele Kursschüler förderliche Einstellungen und weit weniger unförderliche Einstellungen.

Interessant ist nun hier ein Vergleich der Leistungskursschüler mit Studenten an amerikanischen Universitäten. Die Kursschüler haben bei den 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 (im Gegensatz zum Vortest) der Anteil förderlicher Antworten größer als bei den Studenten ist, die sich minimal verschlechtern.

## 8. Zusammenfassung

Den Test „Maryland Physics Expectations Survey“, die Formulierung einzelner Item und insbesondere die Einteilung in sechs Cluster kann man kritisieren. Dennoch kann festgestellt werden, dass die bayerischen Gymnasiasten der elften Jahrgangsstufe kein befriedigendes Antwortverhalten zeigen, während in anderen deutschen Schülergruppen z.T. positivere Ergebnisse vorliegen. Es wird davon ausgegangen, dass aus den Testwerten einer Gruppe Rückschlüsse darauf möglich sind, wie die Schüler die Natur der Physik, das Lernen der Physik und damit den Physikunterricht sehen. Da diese Sicht des Physikunterrichts durch die Art des Unterrichts bedingt ist, liegt es nahe, daraus auch Rückschlüsse auf Ziele und Vorstellungen der Physiklehrer zu ziehen, so dass sich hier ein Teil des „geheimen Lehrplans“ dokumentiert. Deshalb sind die Ergebnisse auch ernst zu nehmen.

## 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] Grygier, P.; Günther, J.; Kircher, E. (2004): Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule, Schneider Verlag, Hohengehren, Baltmannsweiler
- [3] 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
- [4] 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
- [5] Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen, Studien zum Physiklernen, Band 16, Logos-Verlag, Berlin
- [6] Kuhn, D. (1989): Children and Adults as Intuitive Scientists – In: Psychological Review 96, Nr. 4, S. 674 - 689
- [7] Meyling, H. (1990): Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe, Dissertation Universität Bremen
- [8] Kircher, E. (1995): Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen, IPN, Kiel
- [9] Wilhelm, T. (2005): Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Dissertation, Veröffentlichung geplant
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] Renkl, A. (2002): Lehren und Lernen – In: Tippelt, R. (Hrsg.): Handbuch der Bildungsforschung, Leske + Budrich, Opladen, S. 589 – 602
- [14] Niederderer, 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
- [15] Schommer, M. (1990): Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension – In: Journal of Educational Psychology 82, S. 498 – 504
- [16] Schommer, M. (1993): Epistemological development and academic performance among secondary students – In: Journal of Educational Psychology 85, S. 406 – 411
- [17] 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
- [18] 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. Education Rationales and Strategies, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, S. 331 - 350
- [19] 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
- [20] Redish, E.; Saul, J.; Steinberg, R. (1998): Student Expectations in Introductory Physics - In: American Journal of Physics 66, Nr. 3, S. 212 – 224
- [21] Redish, E. (2001): Student Expectations in University Physics: Using The Maryland Physics Expectations Survey – In: <http://www.physics.umd.edu/perg/expect/usempex.pdf>
- [22] 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
- [23] Wilhelm, T.; Heuer, D. (2004): Implementation eines innovativen Kinematik-/Dynamik-Unterrichtskonzeptes - In: PITTON, A. (Hrsg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, Jahrestagung der GDCP in Berlin 2003, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 24, Lit-Verlag, Münster, S. 203 - 205
- [24] 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
- [25] Wang, M.; Haertel, G.; Walberg, H. (1993): Toward a knowledge base für school learning – In: Review of Educational Research 63, S. 249 - 294
- [26] Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht?, Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin
- [27] Gröber, S.; Poth, T. (2004): “Das MultiMechanics Project” - In: <http://physik.bildung-rp.de/unterrichtphy/MMP/MMP.htm>
- [28] Gröber, S.; Poth, T.; Wilhelm, T. (2005): „Zweidimensional-vektorielle Kinematik mit Videoanalyse. Vorstellung eines Unterrichtsganges im MultiMechanics Project“ - In: PdN-PhiS 54
- [29] Poth, T.; Gröber, S. (2005): „Maßgeschneiderter Unterricht durch Just-in-Time-Teaching“ - In: PdN-PhiS 54
- [30] Wilhelm, T.; Gröber, S.; Poth, T.: Nachhaltiges Mechaniklernen im MultiMechanicsProject - In: PITTON, A. (Hrsg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, Jahrestagung der GDCP in Heidelberg 2004, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 25, Lit-Verlag, Münster, 2005

## 10. Adresse

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

[wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de](mailto:wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de),

[heuer@physik.uni-wuerzburg.de](mailto:heuer@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