

Friege, Gunnar; Lind, Gunter

Allgemeine und fachspezifische Problemlösekompetenz

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 9 (2003), S. 63-74



Quellenangabe/ Reference:

Friege, Gunnar; Lind, Gunter: Allgemeine und fachspezifische Problemlösekompetenz - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 9 (2003), S. 63-74 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315561 - DOI: 10.25656/01:31556

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315561>

<https://doi.org/10.25656/01:31556>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

GUNNAR FRIEGE & GUNTER LIND

Allgemeine und fachspezifische Problemlösekompetenz

Zusammenfassung:

In diesem Beitrag wird der Frage nach der Bedeutung fachübergreifender (allgemeiner) Kompetenzen im Vergleich zu fachspezifischen Kompetenzen beim Problemlösen im Fach Physik nachgegangen. Eingeschränkt ist die Untersuchung dieser Frage auf sogenannte wissenszentrierte Probleme und auf das Kompetenzniveau der Physik-Leistungskurse. An der empirischen Studie nahmen insgesamt 108 Personen teil, deren Leistungen innerhalb des betrachteten Niveaus auf allen untersuchten Skalen breit streuten. Testinstrumente waren ein Faktenwissenstest, ein Problemlösetest und der Berliner-Intelligenz-Strukturtest (BIS). Dieser erlaubt neben der Messung des allgemeinen Intelligenzquotienten die Erfassung verschiedener allgemeiner Teilkomponenten der Intelligenz. Auf dem untersuchten Kompetenzniveau erwiesen sich die fachübergreifenden Kompetenzen, wie zum Beispiel das schlussfolgernde Denken, als relativ unbedeutend im Vergleich zum domänenspezifischen Wissen. Es zeigte sich weiterhin, dass nicht einzelne fachübergreifende Kompetenzen eine Rolle spielen, sondern ein bestimmtes Fähigkeitsprofil mit Stärken und Schwächen. Verschiedene Erklärungsmöglichkeiten für diesen Befund werden diskutiert.

Abstract:

This article deals with the significance of general competences in comparison to domain-specific competences when solving problems in the subject physics. The examination is limited to so-called knowledge-centred problems and the level of competence of the physics' intensive courses. Altogether 108 persons, whose achievements within the considered level varied largely on all examined scales, took part in this empirical study. Instruments were a factual knowledge test, a problem solving test and an intelligence test (Berliner-Intelligenz-Struktur-Test, BIS). Apart from measuring the general IQ the BIS is further able to record different general partial components of intelligence. The general competences, as for example deductive thinking, were proved to be relatively insignificant on the examined level of competence in comparison to domain-specific knowledge. Furthermore, it was shown that not individual general competences play an important role, but a certain profile of competences including strong and weak points. Several possibilities to explain these results will be discussed.

1. Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Oft hört man das Argument, angesichts der schnellen Veränderungen der Lebens- und Arbeitswelt nehme der Wert des in der Schule erworbenen Fachwissens ab. Anstatt den Erwerb disziplinären Wissens in den Mittelpunkt zu stellen, sei es deshalb besser, Fähigkeiten und Fertigkeiten von allgemeinerem Charakter zu lehren, die auf viele neue Situationen übertragbar sind und auch in einer sich wandelnden Welt ihren Wert behalten. Dies ist die alte Gegenüberstellung von materialer und formaler Bildung, die den Physikunterricht am Gymnasium seit seiner Einführung geprägt hat, mit wechselnden Bestimmungen dessen, was die formale Bildung ausmachen sollte (Lind, 1996). Obwohl die Hoffnungen, die

mit der formalen Bildung verknüpft wurden, immer wieder enttäuscht wurden, hat die Idee offenbar ihre Attraktivität behalten. Auch in der Konzeption von PISA ist sie zentral, und zwar in zwei Varianten, einer fachspezifischen und einer fächerübergreifenden. Die fachspezifische stellt die Methoden des naturwissenschaftlichen Arbeitens in den Mittelpunkt, von denen angenommen wird, dass sie weniger situationsspezifisch seien als das inhaltliche Wissen. Seit der Kritik der Herbartianer an der Auffassung einer inhaltsunabhängigen, in besonders „formalbildenden“ Fächern (Latein und Mathematik) am besten realisierbaren formalen Bildung (Beneke, 1835/36) war dies die gängige Interpretation von formaler Bildung in der Physikdidaktik (Richter, 1847). Für den Anfangsunterricht wird man ihr einen gewissen Wert nicht absprechen wollen. Die

Kritik betrifft die Anschlußfähigkeit. Schon Kerschensteiner (1914) hat für einen der hier angesprochenen methodischen „Prozesse“, das Beobachten, gezeigt, dass eine allgemeine Beobachtungsfähigkeit nur relativ triviale Aspekte naturwissenschaftlicher Forschung thematisiert und dass das eigentlich Interessante die Theoriegeladenheit des Beobachtens ist.

Der fächerübergreifende Aspekt formaler Bildung kommt in PISA insbesondere durch die Postulierung einer allgemeinen Problemlösekompetenz (oder einiger weniger Teilkomponenten einer solchen) zum Ausdruck. Solche fächerübergreifenden Lernziele sollen „zur Lösung schwieriger Probleme, zum kritischen Denken, zur Nutzung des verfügbaren Wissens in unvertrauten Situationen und generell zum Umgang mit Neuem“ (Weinert, 2001b) befähigen, und zwar in unterschiedlichen Inhaltsbereichen im Zusammenspiel mit dem jeweiligen Domänenwissen.

Diese allgemeine Problemlösekompetenz wird dabei mit gewissen basalen Intelligenzleistungen in Zusammenhang gebracht und zwar insbesondere mit dem schlussfolgernden Denken (Baumert et al., 2001, Klieme et al., 2001). Die ersten empirischen Ergebnisse aus der PISA-Studie deuten darauf hin, dass für viele der gängigen Problemtypen Problemlösekompetenz in der Tat mit der Fähigkeit zu schlussfolgerndem Denken weitgehend identisch zu sein scheint (Klieme et al., 2001). Nur für die der Tradition des „komplexen Problemlösens“ (Funke, 1991) nahestehenden computergestützten Steuerungsprobleme ergab sich ein anderes Bild.

Auch die Bestimmung fächerübergreifender formaler Bildung durch die Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken hat ihre Geschichte in der Didaktik. Sie ist sogar älter als das Wort „formale Bildung“. Man findet sie in Christian Wolffs *Mathematikdidaktik* (1747) auf der Grundlage seiner *Psychologie* (1732). Eine allgemeine Schulung des Verstandes soll durch schlussfolgerndes Denken auf der Grundlage klarer, deutlicher und vollständiger Begriffe geschehen, so wie die Mathematik und die mathematische Physik es paradigmatisch vorführen. Wie die PISA-Gruppe vermeidet er

dabei jede Entgegensetzung von formaler und materialer Bildung. Erstere ist ihm stets nur Mittel zur Verbesserung der letzteren.

Die Nähe von allgemeiner Problemlösekompetenz und der Intelligenzkomponente schlussfolgerndes Denken zeigt sich auch in gewissen Gemeinsamkeiten zwischen den Problemen, mit denen die allgemeine Kompetenz gemessen werden soll, und Intelligenztestitems. Beide setzen möglichst wenig spezifisches Wissen voraus. Relevante Information, die nicht Allgemeingut ist, muss im Aufgabentext gegeben sein. Diese Gemeinsamkeit scheint ein wesentliches Aufgabenmerkmal zu sein, denn sonst wäre kaum erklärlich, dass die einfachen, dekontextualisierten Intelligenztestaufgaben und die komplexen, kontextualisierten PISA-Probleme im wesentlichen das Gleiche messen.

Die Tatsache, dass sich basale Intelligenzkomponenten wie das schlussfolgernde Denken als Aspekte einer allgemeinen Problemlösefähigkeit identifizieren lassen, ist für die Unterrichtspraxis noch nicht besonders interessant. Zu fragen ist vielmehr nach der Bedeutung dieser fachübergreifenden Kompetenz im Vergleich zu fachlichen Kompetenzen. Wie viel trägt das schlussfolgernde Denken zum Lösen physikalischer Probleme bei?

Auf diese Frage kann man sicher keine generelle Antwort geben. Diese wird vielmehr vom Fachwissen des Schülers und von der Art des Problems abhängen.

Was den Problemtyp angeht, ist vermutlich die Unterscheidung von „wissenszentrierten“ und „könnenszentrierten“ Problemen wichtig, d.h. Problemen, die mit Hilfe von (deklarativem, prozeduralem und situationalem) Domänenwissen gelöst werden sollen, und Problemen, die das Handeln in komplexen Situationen betonen (Gruber, 1998).

Beide Problemtypen sind in voneinander weitgehend getrennten Forschungsprogrammen untersucht worden, so dass Sternberg (1995) von zwei Schulen der neueren Problemlöseforschung spricht. Die eine ist die Expertiseforschung, die in der Regel mit Problemen arbeitet, wie sie in der Ausbildung zum Fachmann in hoch entwickelten Domänen verwendet

werden. Solche Probleme haben eine klar umschriebene Aufgabenstellung. Sie sind unter Einsatz von Fachwissen eindeutig lösbar, und ganz ohne Fachwissen ist in der Regel eine Lösung überhaupt unmöglich. Die andere Richtung der Problemlöseforschung untersucht das „komplexe Problemlösen“ anhand computersimulierter Steuerungsprobleme („Szenarien“). Solche Probleme sind dadurch gekennzeichnet, dass viele interagierende Variablen gleichzeitig auf ein System einwirken und die Aufgabe besteht darin, einige der Manipulation zugängliche Variablen so zu steuern, dass ein optimaler Systemzustand erreicht wird. Dabei kann eine erfolgreiche (wenn auch nicht optimale) Steuerung des Systems auch ohne spezifisches Fachwissen möglich sein, wenn der Problemlöser das System vorsichtig exploriert und dabei seine Steuerungsfähigkeit sukzessive verbessert (Kluwe, Misiak & Haider, 1991). Im Extremfall muss man das System nicht einmal „verstehen“, um es erfolgreich zu manipulieren, ja Fachwissen kann sogar stören (Renkl, Gruber, Mandl & Hinkofer, 1994). Im Folgenden ist nur von wissenszentrierten Problemen die Rede, da sie im Physikunterricht im Gegensatz zu den könnenszentrierten Problemen (im Sinne der computerunterstützten Steuerungsprobleme) die wesentliche Rolle spielen. Dass bei solchen Problemen eine gut entwickelte Wissensbasis die wichtigste Voraussetzung für den Lösungserfolg ist, ist eine gesicherte Erkenntnis und wohl auch nicht verwunderlich. Wie groß daneben die Bedeutung allgemeiner Fähigkeiten ist, hängt vermutlich vom Expertisegrad ab. Für die Leistung von Experten spielen allgemeine Fähigkeiten anscheinend keine wesentliche Rolle. Ihr Intelligenzquotient muss nicht überdurchschnittlich sein (Ericsson & Crutcher, 1990; Gruber, 1994). Besondere Fähigkeiten in Bereichen, die auch bei der Intelligenzmessung eine Rolle spielen (Verarbeitungsgeschwindigkeit, Gedächtniskapazität), scheinen auf die Expertendomäne beschränkt zu sein (Chase & Ericsson, 1982). Bei Anfängern wird man jedoch eine stärkere Abhängigkeit von generellen Kompetenzen vermuten. Ihnen fehlen oft lösungsrelevante fachspezifische Routinen und sie sind dann ge-

nötigt, häufiger von allgemeinen, schwachen Strategien Gebrauch zu machen. Im Verlauf der Expertiseentwicklung sollte die Rolle der Intelligenz und anderer allgemeiner Fähigkeiten ab- und der Einfluss inhaltspezifischer Vorkenntnisse beim Problemlösen zunehmen (Weinert, 2001a). Besonders sollte dies in kumulativ aufgebauten Domänen der Fall sein, in denen auch der Erfolg von Lernprozessen stark vom Vorwissen abhängt, so dass einmal vorhandene Wissensunterschiede sich im Verlauf der Expertiseentwicklung vergrößern. Wenn Wissen aufeinander aufbaut, wird seine Bedeutung im Verlauf des Lernprozesses immer größer, sowohl für die Verarbeitung neuer Informationen als auch für die Anwendung des bereits Gelernten. Umgekehrt sinkt die Bedeutung allgemeiner Kompetenzen, da allgemeine, „schwache“ Strategien zunehmend durch inhaltsabhängige „starke“ Strategien ersetzt werden (Friedrich & Mandl, 1992).

Wie schnell oder langsam dieser Prozess der Entwertung allgemeiner (fachübergreifender) Fähigkeiten mit zunehmenden fachlichen Kenntnissen vonstatten geht, ist für den Physikunterricht bislang nicht systematisch untersucht worden. Auch ist nicht klar, ob außer dem schlussfolgernden Denken noch weitere basale Fähigkeiten eine Rolle spielen. Untersuchungen für verschiedene Schulstufen bzw. Kompetenzniveaus wären nötig. Im folgenden werden Ergebnisse für das Niveau der Leistungskurse in Physik dargestellt.

2. Stichprobe und Meßinstrumente

Die hier vorgestellten empirischen Ergebnisse wurden im Rahmen des DFG-Projekts „Wissenszentriertes Problemlösen in Physik“ (Lind, 1997; siehe auch Friege, 2001, Lind & Friege, 2003) erzielt. Den Untersuchungsteilnehmern wurden mehrere Tests vorgegeben, von denen hier drei relevant sind: ein Wissenstest, ein Problemlösetest und ein Intelligenztest. Sie wurden an separaten Terminen durchgeführt und dauerten insgesamt 6 1/4 Stunden.

2.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen insgesamt 108 Personen teil, ganz überwiegend männlichen Geschlechts (89 %), im Alter zwischen 17 und 24 Jahren ($M = 19,5$; $SD = 2,4$). Entsprechend unserer Beschränkung der Untersuchung der in Kapitel 1 entwickelten Forschungsfrage auf das Kompetenzniveau der Physik-Leistungskurse bestand die Stichprobe aus Teilnehmern am Physikleistungskurs aus zwei Kieler Schulen, Teilnehmern an einem physikalischen Schülerwettbewerb aus der ganzen Bundesrepublik (3. Runde des Auswahlverfahrens zur Internationalen Physikolympiade) und Physikstudenten der Anfangssemester von zwei Universitäten. Die Gruppe war so zusammengesetzt, dass zwar alle über gewisse physikalische Grundkenntnisse verfügten, aber doch sowohl hinsichtlich des Wissens als auch hinsichtlich der Problemlösefähigkeit eine große Varianz vorhanden war. Aufgrund ihrer Lerngeschichte war bei den Studenten das größere Wissen zu erwarten, bei den Olympiadeteilnehmern eine größere Praxis im Problemlösen. Die Gruppenzugehörigkeit (Schüler, Olympionike, Student) ist jedoch nicht maßgeblich für die Zuordnung eines Expertisegrades, sondern allein die domänenspezifische Problemlöseleistung (siehe Abschnitt 2.2).

2.2 Problemlösetest

Der Problemlösetest umfasste zwanzig Aufgaben, deren Lösungen frei zu formulieren waren. Die Aufgaben bestanden aus kurzen Aufgabentexten (in den meisten Fällen durch eine Abbildung ergänzt) und entsprechen Aufgabentypen, wie sie im Leistungskurs oder den Übungen zur Physik in den ersten Semestern behandelt werden. Sie stammten ungefähr zur Hälfte aus der Mechanik und aus der Elektrizitätslehre. Zu ihrer Lösung war entweder der Energieerhaltungssatz oder eine Kräftebetrachtung oder beides nötig. Das erforderliche Wissen gehörte also zum Kern des Physikcurriculums. Ein Beispielitem aus der Untersuchung ist im Anhang 1 wiedergegeben.

Die Zeitvorgabe zur Lösung der Aufgaben betrug $2 \frac{1}{4}$ Stunden und war so bemessen, dass die versiertesten Problemlöser in der Stichprobe alle Aufgaben ohne Zeitdruck lösen konnten. Die meisten fanden die Zeitvorgabe angemessen. Hilfsmittel, außer einem Taschenrechner, durften nicht verwendet werden.

Jede Lösung einer Aufgabe wurde mit maximal drei Punkten und bei Nichtbearbeitung oder vollständig falscher Antwort mit Null Punkten bewertet. Eine teilweise richtige Lösung wurde mit Teilpunkten berücksichtigt. Eine Lösung wurde mit mindestens $1 \frac{1}{2}$ Punkten bewertet, wenn der prinzipielle Lösungsansatz richtig war. Die maximal erreichbare Punktzahl in diesem Test beträgt also 60 Punkte. Die Versuchspersonen erreichten im Durchschnitt eine Gesamtpunktzahl von 20,5 Punkten, wobei die Standardabweichung dieser Verteilung mit 16,8 Punkten sehr hoch ist. Im Weiteren dient die erreichte Punktzahl im Problemlösetest als quantitatives Maß der Problemlösefähigkeit einer Versuchsperson und wird u.a. für die Zuordnung eines Expertisegrads verwendet. Die Reliabilität dieser Skala ist sehr hoch (Cronbach $\alpha = 0,95$).

2.3 Wissenstest

Der Wissenstest bestand aus 50 Fragen aus dem Teilgebiet der Elektrizitätslehre „Elektromagnetische Kräfte und das Induktionsgesetz“ mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Die Fragen sollten frei beantwortet werden, wobei in nicht eindeutigen Fällen das gewünschte Antwortformat (Formel, Skizze, Stichworte, 1-2 Sätze) hinter den einzelnen Fragen angegeben war. Erfragt wurden Definitionen physikalischer Begriffe, Formeln, Einheiten, Beschreibungen typischer Bauteile und ihrer Anwendungen. Im Anhang 2 sind einige Items des Wissenstest zu finden. Es stand eine Zeit von 60 Minuten zur Verfügung und es durften keine Hilfsmittel verwendet werden. Jedes Item wurde mit maximal einem Punkt bewertet, wobei auch Teilpunkte vergeben wurden. Im Durchschnitt wurden von den Teilnehmern 25,3 Punkte erreicht, und die Verteilung kann als normal gelten mit einer Standardabweichung

chung von 9,3 Punkten. Im folgenden dient der Punktwert im Wissenstest als quantitatives Maß des domänenspezifischen Wissens einer Versuchsperson. Die Reliabilität dieser Skala ist sehr hoch (Cronbach $\alpha = 0,94$).

Etwa die Hälfte der Fragen des Wissenstests bezog sich auf Wissen, das im Problemlösetest benötigt wurde, und umgekehrt wurden für etwa die Hälfte der Aufgaben des Problemlösetests zentrale Wissensvoraussetzungen im Wissenstest erfragt. Aufgrund der breiter angelegten Untersuchung (s.o.) bezogen sich die übrigen Wissenstestitems stärker auf die hier nicht behandelten anderen Tests.

2.4 Intelligenztest

Als Intelligenztest wurde der Berliner-Intelligenz-Struktur-Test (BIS) verwendet, und zwar weil er die Messung verschiedener Teilkomponenten der Intelligenz erlaubt, die mit einer allgemeinen Problemlösekompetenz in Zusammenhang stehen sollten, darunter auch die Fähigkeit zu schlussfolgerndem Denken. Im BIS wird die Intelligenz als ein Komplex aus verschiedenen Fähigkeiten aufgefasst. Diese sind nach zwei Dimensionen (Modalitäten) geordnet. Die eine beinhaltet vier operative Fähigkeiten (E: Einfallsreichtum, M: Merkfähigkeit (Kurzzeitgedächtnis), B: Bearbeitungsgeschwindigkeit, K: Verarbeitungskapazität (schlussfolgerndes Denken)). Die andere unterscheidet drei inhaltsgebundene Fähigkeitsbereiche (F: anschauungsgebundenes, figural-bildhaftes Denken, N: zahlengebundenes Denken und V: sprachgebundenes Denken). Der Test besitzt ein sogenanntes Facettendesign bezüglich der beiden Modalitäten, d.h. jedes Item erfasst zugleich eine operative und eine inhaltliche Fähigkeit. Insgesamt dauert die Bearbeitung des BIS-Test inklusive zweier Pausen etwa drei Stunden.

Für den BIS liegt eine Eichung an einer Stichprobe aus 18- bis 19-jährigen deutsch-schweizerischen Gymnasiasten und Mittelschülern (N = 217) vor, die mit unserer Stichprobe vergleichbar erscheint. Die einzelnen Skalen sind auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung

10 normiert und haben eine Spannweite von 60.

Der größte Unterschied zwischen unserer Stichprobe und der Eichstichprobe besteht im Geschlechterverhältnis. Während in unserer Untersuchung nur ca. 11 % weibliche Versuchspersonen teilnahmen, entspricht der Anteil weiblicher Personen in der Eichstichprobe in etwa dem Anteil der Gesamtpopulation von 54 %. Für den BIS-Test gibt es bislang jedoch keine nach Geschlecht differenzierten Normen. Von den Autoren des BIS wird allerdings angegeben, dass weibliche Versuchspersonen in der Regel etwas höhere Werte in den Skalen Merkfähigkeit (M) und Bearbeitungsgeschwindigkeit (B) besitzen, während männliche Versuchspersonen etwas höhere Werte in den Skalen Verarbeitungskapazität (K), zahlengebundenes Denken (N) und Einfallsreichtum (E) haben (Jäger et al., 1997).

In Übereinstimmung mit diesen Tendenzen besitzt die Gesamtstichprobe im Mittel im Vergleich zur Normierung auf 100 Punkte niedrigere Wert in der Merkfähigkeit und in der Bearbeitungsgeschwindigkeit und erhöhte Werte in der Verarbeitungskapazität und im zahlengebundenen Denken. Lediglich der Mittelwert der Fähigkeit Einfallsreichtum liegt entgegen der Erwartung unter der Norm.

Da die Inhalts- und die Operationsskalen des BIS-Tests nach Konstruktion teilweise dieselben Items enthalten, d.h. „technisch abhängig“ sind, müssen zwischen diesen Skalen gemeinsame Varianzanteile vorhanden sein. Ein Vergleich der von den Autoren angegebenen Interkorrelationsmatrix der Skalen (Jäger et al., 1997) mit der Interkorrelationsmatrix, die auf den Skalenleistungen unserer Gesamtstichprobe beruht, zeigt eine weitgehende Übereinstimmung der beiden Matrizen (Friege, 2001). Die größte überhaupt vorkommende Abweichung beträgt 0,1.

Es gibt also keine Anzeichen dafür, dass bei der Bearbeitung des BIS im Rahmen der empirischen Untersuchung bezüglich einer oder mehrerer Skalen im Vergleich zur Eichstichprobe besondere Schwierigkeiten aufgetreten sind.

3. Ergebnisse

3.1 Operative Fähigkeiten und Problemlösen

Um den Einfluss der Intelligenzkomponenten auf die Problemlöseleistung zu untersuchen, wurde die Stichprobe nach den Ergebnissen des Problemlösetests in drei gleich große Klassen eingeteilt. Entsprechend der in der Expertiseforschung üblichen relativen Bedeutung des Begriffs Experte, werden im Folgenden die drei Klassen nach absteigenden Problemlösefähigkeiten als Experten-, Novizen- und Anfängerklassen bezeichnet. Erwartet werden Unterschiede zwischen den drei Klassen in den operativen Fähigkeiten, insbesondere in der Verarbeitungskapazität (schlussfolgerndes Denken). Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse. Sie sind nur wenig von der Art der Klasseneinteilung abhängig. Wenn man auf die gleichen Klassengrößen verzichtet und die Klasseneinteilung auf statistischem Weg vornimmt (z.B. latente Klassenanalyse mit mehreren Untertests des Problemlösetests), ergibt sich dasselbe Bild. Eine ausführliche Diskussion unterschiedlicher Klasseneinteilungsverfahren dieser Stichprobe nach den Problemlösefähigkeiten findet sich in Friege (2001).

Bezüglich des aggregierten Intelligenzmaßes AI unterscheiden sich die drei Expertiseklassen nicht signifikant. Dies entspricht den Ergebnissen der Expertiseforschung. Auch bei den inhaltlichen Subtests (figurales, verbales und numerisches Material) sind die Mittelwertunterschiede gering und nicht signifikant von Null verschieden. Dies gilt insbesondere auch für die „numerische Fähigkeit“, obwohl der Umgang mit Zahlen und mathematischen Operationen beim physikalischen Problemlösen eine große Rolle spielt. Offenbar haben die dort geforderten höheren mathematischen Kenntnisse mit den einfachen Rechenfertigkeiten, die bei der Bearbeitung der Intelligenztestitems benötigt werden, wenig zu tun.

Unterschiede zwischen den Expertiseklassen zeigen sich jedoch bei den operativen Fähigkeiten. Die Mittelwertunterschiede zwischen den extremen Klassen (Experten und Anfän-

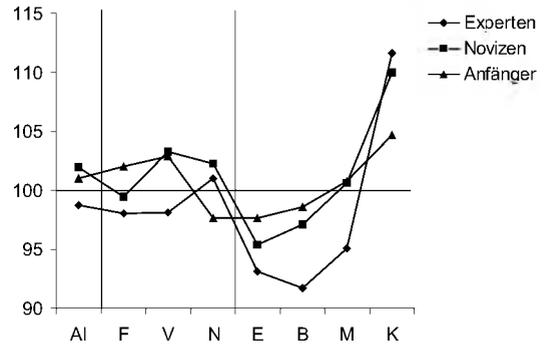


Abb. 1: Intelligenzprofile von Experten, Novizen und Anfängern (AI: allgemeine Intelligenz, F: figural-bildhaftes Denken, V: sprachgebundenes Denken, N: zahlengebundenes Denken, E: Einfallsreichtum, B: Bearbeitungsgeschwindigkeit, M: Merkfähigkeit, K: Verarbeitungskapazität)

ger) sind für drei der vier Fähigkeiten signifikant (t-Test); nur beim Einfallsreichtum wird die Signifikanz knapp verfehlt.

Die Werte der Anfänger kommen denen der Eichstichprobe am nächsten. Die geringen Unterschiede lassen sich vielleicht mit dem unterschiedlichen Geschlechterverhältnis in beiden Stichproben erklären (s.o.). Sie sind nur für die Verarbeitungskapazität signifikant.

Die Werte der Experten weichen von denen der Anfänger am weitesten ab. Die Mittelwerte der Novizenklasse liegen zwischen den extremen Klassen. Unerwartet ist, dass die Abweichungen nicht bei allen operativen Fähigkeiten in die gleiche Richtung gehen. Die Experten übertreffen die Anfänger (und die Eichstichprobe) nur in der Verarbeitungskapazität (schlussfolgerndes Denken) und zwar um 0,7 Standardabweichungen. In der Merkfähigkeit und der Bearbeitungsgeschwindigkeit sind ihre Werte um etwa den gleichen Betrag geringer als diejenigen der Anfänger.

Der Zusammenhang zwischen operativen Fähigkeiten und physikalischer Problemlöseleistung ist also komplex. Experten haben nicht einfach höhere Werte als Novizen oder Anfänger, sondern ein anderes Fähigkeitsprofil. Sie haben also im Vergleich zu den anderen

Expertiseklassen zum Teil stärker und zum Teil schwächer ausgeprägte operative Fähigkeiten. Es macht deshalb auch wenig Sinn, den Einfluss der einzelnen operativen Fähigkeiten auf die Problemlöseleistung quantitativ anzugeben. Erst zusammen genommen erfassen sie einen größeren Anteil der Problemlösevarianz. In Tabelle 1 sind die β -Gewichte der multiplen Regression, d.h. die Gewichtungsfaktoren der unabhängigen Variablen (hier der operativen Fähigkeiten) in der linearen Regressionsgleichung, mit der Problemlöseleistung als abhängiger Variable angegeben. Der Beitrag des Einfallsreichtums ist nicht signifikant, so dass diese Variable eliminiert wurde. Die anderen drei operativen Fähigkeiten erfassen 32 % der Problemlösevarianz ($R = 0,56$).

	BIS – K	BIS – B	BIS – M
β	0,58	-0,34	-0,26

Tabelle 1: β -Gewichte einer multiplen Regression mit der Problemlöseleistung als abhängiger Variable und den Intelligenzmaßen BIS-K, BIS-B und BIS-M als unabhängigen Variablen

Die Variablen K sowie B und M gehen mit entgegengesetztem Vorzeichen in die Regression ein.

Mit einer kausalen Interpretation der Regression muss man vorsichtig sein. Sie wäre nur möglich, wenn die Beziehung zwischen operativen Fähigkeiten und Problemlösen nicht durch andere Variablen konfundiert wäre. Nun korreliert das domänenspezifische Wissen aber sowohl mit den operativen Fähigkeiten als auch mit dem Problemlösen und es zeigt sich (Abschnitt 3.3), dass bei Hinzunahme des Wissens zu den unabhängigen Variablen die β -Gewichte der operativen Fähigkeiten deutlich sinken.

3.2 Wissen und Problemlösen

Auch in unserer Untersuchung zeigt sich, dass das Fachwissen ein sehr guter Prädiktor der Problemlöseleistung ist. Der Wissenstest korreliert mit dem Problemlösetest zu $r=0,81$, was einer Aufklärung von 66% der Problemlö-

sevarianz entspricht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass beide Tests nicht eng aufeinander bezogen waren. Man kann jedoch abschätzen, wie wichtig der inhaltliche Bezug ist, indem man diejenigen Teiltests, bei denen der gleiche Inhaltsbereich zugrunde lag (9 Aufgaben des Problemlösetests und 15 Items des Wissenstests, beide zum Gebiet Elektrizitätslehre) mit denjenigen Teiltests vergleicht, bei denen keinerlei inhaltliche Überschneidungen vorhanden waren (5 Aufgaben aus Mechanik und alle Items des Wissenstests oder alle Aufgaben des Problemlösetests und 24 Items des Wissenstests). Die drei Korrelationen sind in der angeführten Reihenfolge 0,73, 0,74 und 0,78. Es gibt also keinen Unterschied zwischen aufeinander bezogenen und inhaltsfremden Tests. Dass die Korrelationen etwas niedriger sind als diejenigen zwischen den Gesamttests, liegt an den geringeren Itemzahlen, die zu niedrigeren Reliabilitäten führen.

Die Beziehung zwischen Wissen und Problemlösen ist von der Ausprägung der operativen Fähigkeiten nahezu unabhängig. Verwirft man auf statistischem Wege die Anteile in den Variablen Wissen und Problemlösen, die auf die operativen Fähigkeiten zurückgehen, d.h. partialisiert man diese Variablen aus der Korrelation zwischen Wissen und Problemlösen heraus, so sinkt diese nur von 0,81 auf 0,76.

3.3 Die relative Bedeutung von Wissen und operativen Fähigkeiten

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse einer multiplen Regression, in der als Prädiktorvariablen sowohl das Wissen als auch die operativen Fähigkeiten BIS-K („schlussfolgerndes Denken“), BIS-B („Bearbeitungsgeschwindigkeit“) und BIS-M („Merkfähigkeit“) aufgenommen sind.

	WIS	BIS – K	BIS – B	BIS – M
β	0,70	0,25	-0,15	-0,14

Tabelle 2: β -Gewichte einer multiplen Regression mit der Problemlöseleistung als abhängiger Variable und den Intelligenzmaßen BIS-K, BIS-B und BIS-M, sowie dem domänenspezifischen Wissen WIS als unabhängigen Variablen

Die Kriteriumsvariable ist die Problemlösefähigkeit. Die multiple Korrelation beträgt $R = 0,84$, so dass eine Varianzaufklärung von 71% gegeben ist.

Alle vier Variablen liefern einen signifikanten Beitrag zur Vorhersage der Problemlöseleistung, der allerdings, wie die β -Koeffizienten zeigen, sehr unterschiedlich groß ist. Wie in Abschnitt 3.2 dargestellt wurde, erklärt das Wissen allein 66% der Problemlösevarianz. Der zusätzliche Beitrag der operativen Fähigkeiten ist also nicht sehr groß.

Wie in der in Abschnitt 3.1 dargestellten Auswertung gehen die Bearbeitungsgeschwindigkeit und das Kurzzeitgedächtnis mit negativem Vorzeichen in die Regression ein. Es sind also nicht die einzelnen operativen Fähigkeiten von Bedeutung, sondern das Fähigkeitsprofil. Insbesondere führt es nicht zu einer besseren Vorhersage, wenn man nur das schlussfolgernde Denken als zweiten Prädiktor zum Wissen hinzufügt.

Wenn man die Aufklärung der Problemlösevarianz durch die operativen Fähigkeiten allein und im Zusammenwirken mit dem Faktenwissen vergleicht, so stellt man ein beträchtliches Absinken fest. Die Hinzunahme des Wissens als Prädiktor entwertet die Bedeutung der operativen Fähigkeiten. Anscheinend gibt es einen gewissen Varianzanteil, der sowohl durch das Wissen als auch durch operative Fähigkeiten erklärt werden kann, und es erhebt sich die Frage nach den ursächlichen Beziehungen. Aus den Regressionsgleichungen insgesamt ergibt sich das folgende Bild: Die mittelhohe Korrelation zwischen operativen Fähigkeiten und Wissen lässt sich vollständig auf die Konfundierung mit dem Problemlösen zurückführen. Auch für die Beziehung zwischen operativen Fähigkeiten und Problemlösen spielen Konfundierungseffekte eine wesentliche Rolle, während die Beziehung zwischen Wissen und Problemlösen als wenig konfundiert erscheint. Dies spricht dafür, die Differenz der Varianzaufklärung zwischen dem Regressionsmodell mit nur dem Wissen als Prädiktor und dem Modell mit Wissen und operativen Fähigkeiten als Prädiktoren als ursächlichen Anteil der operativen Fähigkeiten an der Problemlöseleistung zu

interpretieren. Dieser Anteil läge also bei etwa 5%, derjenige des Wissens nicht wesentlich unter 66%.

4. Diskussion

Will man das Niveau der Physik-Leistungskurse hinsichtlich der Bedeutung allgemeiner, operativen Fähigkeiten für das Problemlösen auf dem Kontinuum zwischen dem Anfänger, der zum ersten mal mit physikalischen Problemen zu tun hat, und dem Experten, der physikalische Probleme professionell im Beruf löst, einordnen, so ist man zweifellos dem Expertenniveau näher. Die Problemlöseleistung von Leistungskurschülern wird ganz überwiegend durch ihr domänenspezifisches Wissen bestimmt. Operative Fähigkeiten spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle. Dabei haben wir nur einen Aspekt des Wissens untersucht, das reine Faktenwissen. Nimmt man andere Wissensindikatoren hinzu, insbesondere das Wissen über typische Problemsituationen, so wird die Beziehung zwischen Wissen und Problemlösen noch enger (Lind & Friege, 2003). Insoweit entsprechen die Ergebnisse unseren Erwartungen. Die Untersuchung hat jedoch auch zu zwei unerwarteten Resultaten geführt, die einer Diskussion bedürfen:

1. Nicht nur das problemrelevante Wissen ist ein guter Prädiktor der Problemlöseleistung, sondern auch Wissen, das für die Lösung des Problems gar nicht verwendet werden kann.
 2. Nicht einzelne operative Fähigkeiten spielen eine Rolle, sondern ein bestimmtes Fähigkeitsprofil mit Stärken und Schwächen.
- zu 1.: Obwohl die Physik aus verschiedenen Teilgebieten besteht, die im Unterricht nacheinander behandelt werden und meist nicht sehr intensiv aufeinander bezogen sind, scheint sich bei den Schülern eine generelle physikalische Kompetenz herauszubilden. Der typische „Experte“ zeigt in allen im Unterricht behandelten Gebieten gute Leistungen. Spezialisten mit besonderen Interessen und Kompetenzen auf einem Gebiet sind offenbar untypisch. Dies mag zwei Gründe haben. Zum einen ist die Physik ein Gebiet, in dem die außerschul-

lischen Erfahrungen der Schüler in der Regel nicht allzu umfangreich sind, so dass die Interessenentwicklung im Wesentlichen durch das Schulfach und sein Angebot geprägt ist. Zum anderen sorgt der Bestand an gebietsübergreifenden physikalischen Grundkonzepten, der im Curriculum oft besonders betont wird, dafür, dass die Lernprozesse trotz der unterschiedlichen Gebiete kumulativ sind. Wer das Gravitationsfeld verstanden hat, wird bei der Einführung des elektrischen Feldes ein tieferes Verständnis erreichen und schnellere Lernfortschritte machen. In wohlstrukturierten, stark vernetzten Gebieten wie der Physik hat der „Experte“ es leichter, Neues hinzu zu lernen.

zu 2.: Wenn man operative Fähigkeiten als Elemente einer allgemeinen Problemlösefähigkeit und damit als eine Ursache des Problemlöseerfolgs betrachtet, sollten sie positiv mit diesem korrelieren. Nach unseren Ergebnissen kann eine solche Interpretation deshalb wohl nur schwer aufrecht erhalten werden. Es ist nicht plausibel anzunehmen, dass Defizite des Kurzzeitgedächtnisses und der Bearbeitungsgeschwindigkeit das Lösen physikalischer Aufgaben erleichtern. Der Zusammenhang ist offenbar komplizierter. Die folgenden Erklärungsmöglichkeiten, die sich nicht gegenseitig ausschließen, könnten in Betracht gezogen werden.

a) Der Beginn einer Expertiseentwicklung beruht in unserer Stichprobe auf einer freien Entscheidung. Manche Leistungskursschüler wählen die Physik zu ihrem Hobby und beschäftigen sich intensiv damit, andere interessieren sich vielleicht mehr für ein anderes Fach. Es könnte sein, dass bei dieser Entscheidung die Stärken und Schwächen in den eigenen intellektuellen Kapazitäten bewusst oder unbewusst berücksichtigt wurden. Vielleicht ist die richtige Einschätzung der eigenen Möglichkeiten und Grenzen sogar eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Expertiseentwicklung.

b) Die häufige Beschäftigung der Experten mit physikalischen Aufgaben führt sicher zu gewissen, erfolgversprechenden Arbeitshaltungen. Dazu mögen Dinge gehören wie, dass Verständnis wichtiger ist als Auswendiglernen oder dass Gründlichkeit sich mehr auszahlt als

Schnelligkeit. Expertenhaftes Problemlösen verwendet viel Zeit für das Ins-Gedächtnis-Rufen der relevanten Information und für Planungsprozesse, während die für IQ-Tests wichtige Geschwindigkeit von Denkprozessen keine wesentliche Rolle spielt (Shore & Kanevsky, 1993). Vielleicht werden solche Arbeitshaltungen auf Aufgaben in anderen Gebieten übertragen, vielleicht auch auf Intelligenztestaufgaben, wo sie kontraproduktiv sein können.

c) Solche Arbeitshaltungen werden langfristig dazu führen, dass bestimmte operative Fähigkeiten mehr geübt werden als andere. So kann ein relativ stabiles, fachtypisches Profil von operativen Fähigkeiten entstehen. Doll & Mayr (1987), die unterschiedliche Intelligenzprofile bei Schachexperten und Schachnovizen nachweisen konnten, ziehen eine ähnliche Erklärung in Betracht. Sie nehmen an, dass die Erfahrungen bei Schachturnieren die für manche Intelligenztestaufgaben wichtige Fähigkeit, mit Zeitdruck umzugehen, positiv beeinflussen. Hier wird das Kausalverhältnis von operativen Fähigkeiten und Problemlösen quasi umgekehrt. Operative Fähigkeiten erscheinen als Produkt einer bestimmten Problemlösepraxis. Nimmt man diese Punkte zusammen, so wird klar, dass der „Experte“ nicht nur Fachwissen leichter lernen, sondern auch leichter die fachtypischen operativen Fähigkeiten erwerben wird. Das Umgekehrte gilt natürlich nicht. Wer in unterschiedlichen fachlichen Kontexten schlussfolgerndes Denken übt, wird hinterher vielleicht Intelligenztestaufgaben zum schlussfolgernden Denken schneller lösen können, aber in physikalischen Denkprozessen jemandem mit umfangreichem Wissen unterlegen sein. Einen Vorteil bringen operative Fähigkeiten in fremden Gebieten nur, wenn das notwendige Wissen leicht erworben werden kann, z.B. durch Nachschlagen. Das ist aber in hochentwickelten Domänen nicht der Fall. Der Anfänger wird das nachgeschlagene physikalische Wissen höchstens oberflächlich verstehen, nicht gut genug, um damit tatsächlich umgehen zu können. Für Domänen, in denen kumulative und nicht bloß assoziative Lernprozesse typisch sind, wird man deshalb

fragen müssen, ob die direkte Förderung fächerübergreifender Kompetenzen eine sinnvolle pädagogische Leitvorstellung ist. Operative Fähigkeiten entwickeln sich im Zusammenhang mit inhaltlichen Lernprozessen und ihre Entwicklung ist an die Entwicklung inhaltlicher Kompetenzen gebunden. „Der Erwerb von Wissen mit hoher Verständnisqualität ist zugleich der wichtigste kognitive Mechanismus zur Förderung allgemeiner geistiger Kompetenzen“ (Weinert, 2001b).

Literatur

- Baumert, J., Artelt, C., Klieme, E. & Stanat, P. (2001). PISA Programme for International Student Assessment. In F.E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz.
- Beneke, F.E. (1835/36). Erziehungs- und Unterrichtslehre, 2 Bde. Berlin: Mittler.
- Chase, W.G. & Ericsson, K.A. (1982). Skill and working memory. In H.G. Bower (Ed.), The psychology of learning and motivation, Vol. 16. New York: Academic Press.
- Doll, J. & Mayr, U. (1987). Intelligenz und Schachleistung – eine Untersuchung an Schachexperten. Psychologische Beiträge 29, 270-289.
- Ericsson, K.A. & Crutcher, R.J. (1990). The nature of exceptional performance. In P.B. Baltes, D.L. Featherman & R.M. Lerner (Eds.), Lifspan development and behavior. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Friedrich, H.F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien - ein Problemaufriß. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention. Göttingen: Hogrefe.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen. Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Berlin: Logos-Verlag.
- Funke, J. (1991). Solving complex problems: Exploration and control of complex systems. In R.J. Sternberg & P.A. French (Ed.), Complex problem solving: Principles and mechanisms. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Gruber, H. (1994). Expertise. Modelle und empirische Untersuchungen. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Gruber, H. (1998). Expertise. In: Rost, D.H. (Ed.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Jäger, A.O., Süß, H.-M. & Beauducel, A. (1997). Berliner Intelligenzstruktur-Test. BIS-Test. Form 4, Handanweisung. Göttingen: Hogrefe.
- Kerschensteiner, G. (1914). Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. 4. Auflage 1952. München: Oldenbourg.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Zeitschrift für Pädagogik 47 (2).

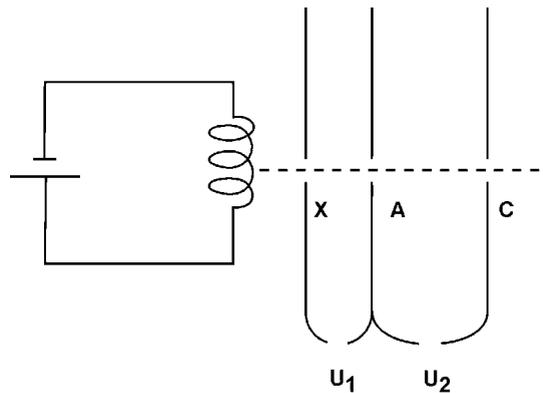
- Kluwe, R.H., Misiak, C. & Haider, H. (1991). The Control of complex systems and performance in intelligence tests. In H.A.H. Rowe (Ed.), *Intelligence: Reconceptualization and measurement*. Hillsdale: Erlbaum, 227-244.
- Lind, G. & Friege, G. (2003). Wissen und Problemlösen – Eine Untersuchung zur Frage des „trägen Wissens“. *Empirische Pädagogik*, 17 (1), 57-85.
- Lind, G. (1997). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. Antrag an die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Förderungszeitraum: 1.8.1998-1.7.2001.
- Lind, G. (1996). Physikunterricht und formale Bildung. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften* 2(1), 53-68.
- Renkl, A., Gruber, H., Mandl, H. & Hinkofer, L. (1994). Hilft Wissen bei der Identifikation und Kontrolle eines komplexen ökonomischen Systems? *Unterrichtswissenschaft* 22, 195-202.
- Richter, H.E. (1847). *Denkschrift der Gesellschaft ISIS*. In L. Reichenbach & H.E. Richter (Hrsg.), *Der naturwissenschaftliche Unterricht auf Gymnasien*. Dresden: Arnoldi.
- Shore, B.M. & Kanewsky, L. S. (1993). Thinking processes: Being and becoming gifted. In K.A. Heller, F.J. Mönks & A.H. Passow (Eds.), *International Handbook of Research and Development of Giftedness and Talent*. Oxford: Pergamon, 133-147.
- Sternberg, R.J. (1995). Expertise in complex problem solving: A comparison of alternative conceptions. In P.A. Frensch & J. Funke (Eds.), *Complex Problem Solving. The European Perspective*. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Weinert, F.E. (2001a). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Weinert, F.E. (2001b). Perspektiven der Schulleistungsmessung. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Wolff, Ch. (1732). *Psychologia empirica methodico scientifica pertractata*. Frankfurt: Renger.
- Wolff, Ch. (1747). *Vernünftige Gedancken von der nützlichen Erlernung und Anwendung der mathematischen Wissenschaften*. Übersetzung aus dem Lateinischen von W. Balthasar und A. v. Steinwehr. Halle: Renger.

Anhang:

1. Item aus dem verwendeten Problemlösetest

Eine Glühkathode gibt Elektronen frei, die im Punkt X mit einer Geschwindigkeit $v = 0 \text{ m/s}$ in das Feld des ersten von zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren eintreten (siehe Skizze). Bestimmen Sie das Verhältnis U_1 / U_2 , falls für die Geschwindigkeiten der Elektronen im Punkt C und im Punkt A gilt: $v_C = 5 \cdot v_A$.

Eine ausführlichere Darstellung der Anlage und Auswertung des Problemlösetests befindet sich in Friege (2001, Abschnitte 5.2.5 und 6.1).



2. Items aus dem verwendeten Wissenstest

Eine ausführlichere Darstellung der Anlage und Auswertung des Wissenstests befindet sich in Friege (2001, Abschnitte 5.2.1 und 7.1).

Item-Nr.	Item
6.	Schreiben Sie die Formel für die Lorentzkraft auf.
8.	Welche Größen charakterisieren eine Spule? [Stichworte]
22.	Wie lautet das Induktionsgesetz? [Formel]
27.	Geben Sie die üblich verwendete Einheit für a)...,c) Induktivität... an.
46.	a) Zeichnen Sie den prinzipiellen Aufbau eines Transformators. b) Bezeichnen Sie die Bauteile.

Dr. Gunnar Friege und Prof. Dr. Gunter Lind arbeiten in der Forschungsgruppe „Expertiseforschung in den naturwissenschaftlichen Fächern“ am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

Kontaktadresse:

Gunnar Friege/Gunter Lind
IPN-Kiel
Olshausenstr. 62
24098 Kiel