

Neben mangelnder Lesekompetenz und mangelnder mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung deckte PISA 2000 auch Probleme im Bereich fachübergreifender Kompetenzen des Lernens und Problemlösens auf. In diesem Beitrag werden lehr-lernpsychologisch fundierte und empirisch geprüfte Lösungsansätze aufgezeigt.

Selbstreguliertes Lernen

Förderung des Selbstregulierten Lernens als fachübergreifende Kompetenz

Von Detlev Leutner, Claudia Leopold und Joachim Wirth

In den bisherigen Berichten aus dem „Programme for International Student Assessment“ (PISA) erzielten die Ergebnisse zu den Bereichen Lesekompetenz (Reading Literacy), mathematische Grundbildung (Mathematical Literacy, vergleiche dazu den Beitrag von Knoche und Sprütten in diesem Heft) und naturwissenschaftliche Grundbildung (Science Literacy) großes öffentliches Interesse. Dabei wird häufig aber übersehen, dass bei PISA über diese drei zentralen fachbezogenen Messbereiche hinaus auch fachübergreifende Kompetenzen (Cross-Curricular Competencies) erfasst werden:

- im ersten Zyklus (2000) mit dem Schwerpunkt „Selbstreguliertes Lernen“ (Self-regulated Learning),
- im zweiten Zyklus (2003) mit dem Schwerpunkt „Problemlösen“ (Problem Solving) und

- im dritten Zyklus (2006) mit dem Schwerpunkt „Informationstechnische Grundbildung“ (Computer Literacy).

Beim Selbstregulierten Lernen beschränkte sich der internationale Vergleich¹ auf den Einsatz von Lernstrategien: In fast allen Ländern zeigte sich, dass die mittels Fragebogen erhobene Nutzungsintensität von so genannten Elaborationsstrategien (*Beispiel: „Wenn ich lerne, überlege ich, wie der Stoff mit dem zusammenhängt, was ich schon gelernt habe.“*) und von so genannten Kontrollstrategien (*Beispiel: „Wenn ich lerne, versuche ich, beim Lesen herauszufinden, was ich noch nicht verstanden habe.“*) mit besseren Leseleistungen einhergeht, wobei die Korrelation für Deutschland vergleichsweise hoch ausfällt und die deutschen Schülerinnen und Schüler überdurchschnittlich

häufig berichten, diese Strategien zu verwenden. Im nationalen Ergänzungsteil wurde darüber hinaus das Wissen der deutschen Schülerinnen und Schüler über Lernstrategien erhoben. Die Ergebnisse zeigen², dass Lernstrategiewissen und selbst berichtete Lernstrategienutzung nur schwach korrelieren und dass hohe Lesekompetenz erst dann erreicht wird, wenn zur selbst berichteten Lernstrategienutzung auch kompetentes Lernstrategiewissen hinzutritt: Ohne Wissen keine erfolgreiche Nutzung. Entsprechend lässt sich die im PISA-Test erreichte Lesekompetenz deutlich besser durch das Wissen über als durch die selbst berichtete Nutzung von Lernstrategien vorhersagen, und es liegt nahe anzunehmen, dass das Training von Lernstrategien ein erfolgreicher Ansatzpunkt zur Verbesserung der Lesekompetenz sein könnte.



Detlev Leutner Foto: Max Greve

Die bei PISA 2003 international erfasste Problemlösekompetenz wurde im Rahmen des nationalen Ergänzungsteils von PISA 2000 in Deutschland vorbereitet. „Problemlösen“ wurde dabei verstanden als „zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“³. Zwar ist bisher nur eine Validierungsstudie des PISA 2000-Feldtests veröffentlicht worden⁴. Die Ergebnisse zeigen aber sehr deutlich, dass auch beim Problemlösen die Nutzung von Strategien eine bedeutende Rolle spielt, und zwar insbesondere beim Bearbeiten komplexer dynamischer Problemstellungen.

Das Lösen komplexer dynamischer Probleme erfordert die meist gleichzeitige Bewältigung von zwei Anforderungen:

- Erstens gilt es, das Problem zu explorieren, um Wissen über seine Struktur zu erwerben und herauszufinden, welche Handlungsmöglichkeiten in welchen Situationen zielführend sind. Dies entspricht einem Lernprozess. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass er innerhalb einer komplexen dynamischen Lernsituation stattfindet und damit andere Anforderungen stellt als das Lernen mit statischen Lerngegenständen, wie zum Beispiel beim Lernen mit Sachtexten.
- Zweitens muss zur Problemlösung das aktiv erworbene Wissen zielführend angewandt werden, was umso leichter fällt, je mehr Wissen über die Problemstruktur zur Verfügung steht.

Insbesondere beim Lernen in komplexen dynamischen Situationen, aber auch bei der Wissensanwendung können Strategien hilfreich eingesetzt werden. Entsprechend ist – wie beim Lesen – auch hier zu erwarten, dass das Training von Strategien des Erwerbs und der Anwendung von Wissen ein erfolgreicher Ansatzpunkt zur Verbesserung der Problemlösekompetenz sein könnte.

Letztendlich geht es sowohl beim Lernen als auch beim Problemlö-

sen darum, etwas zu verstehen: Im Falle des Lernens um das Verstehen von überwiegend in Texten dargestellten Sachverhalten, im Falle des Problemlösens um das Verstehen der grundlegenden Struktur des jeweiligen Problems. Und wie die im Umfeld von PISA 2000 berichteten Forschungsergebnisse nahe legen, ist dem kompetenten Einsatz geeigneter Verstehensstrategien in beiden Fällen eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen, wobei der Einsatz dieser Strategien durch den Lerner beziehungsweise Problemlöser selbst aktiv zu steuern ist. Entsprechend bietet es sich an zu prüfen, inwieweit sich aus den Ergebnissen der Essener lehr-lernpsychologischen Forschung Ansätze zur Lösung zumindest einiger der in der PISA-Studie aufgezeigten Probleme im Umfeld des strategischen Lernens und Problemlösens ergeben.

Probleme des selbstregulierten Lernens beim Verstehen von Sachtexten und Essener Lösungsansätze

Selbstreguliert zu lernen bedeutet, dass ein Lerner Verantwortung für seinen eigenen Lernprozess übernimmt und ihn selbstständig überwacht und steuert. In diesem Zusammenhang stellt sich die zentrale Frage, wie ein Lerner Verantwortung für sein Lernen übernehmen kann, und wie die Regulation des Lernprozesses funktioniert.

Ansätze des selbstregulierten Lernens gehen davon aus, dass ein Lerner sowohl kognitive als auch metakognitive Lernstrategien einsetzen muss, um seinen Lernprozess erfolgreich zu regulieren:

- *Kognitive Lernstrategien* sind direkt auf die Verarbeitung des Lernstoffs ausgerichtet und lassen sich in zwei Gruppen unterteilen. Zur ersten Gruppe gehören *tiefenorientierte Strategien*, wie zum Beispiel Organisations- oder Elaborationsstrategien, die eine tiefe, verstehensbezogene Verarbeitung des Lernstoffs unterstützen und deren Nutzungsintensität auch bei PISA

2000 erfragt worden ist. *Organisationsstrategien* regen den Lerner zum Beispiel dazu an, den Lernstoff zu strukturieren und sich Zusammenhänge zwischen wichtigen Begriffen zu verdeutlichen. Praktisch könnte er dies tun, indem er eine Mind-Map erstellt oder eine bildliche Vorstellung zum Lernstoff entwickelt. *Elaborationsstrategien* regen den Lerner dazu an, neu erworbenes Wissen mit seinem Vorwissen zu verknüpfen, indem er sich zum Beispiel konkrete Anwendungsbeispiele für den erworbenen Lernstoff überlegt. Zur zweiten Gruppe der kognitiven Strategien gehören *oberflächenorientierte Strategien*, wie das Auswendiglernen oder beständige Wiederholen des Lernstoffs. Diese Strategien konzentrieren sich überwiegend auf die Aneignung oder Anhäufung von Faktenwissen, lassen jedoch ein tiefer gehendes Verständnis von Zusammenhängen außer Betracht. Auch diese Strategien wurden bei PISA 2000 erfragt; es zeigten sich allerdings keine systematischen Korrelationsmuster im Hinblick auf die Lesekompetenz.

- *Metakognitive Strategien* (bei PISA 2000 als „Kontrollstrategien“ bezeichnet) sind den kognitiven Strategien übergeordnet, da sie nicht direkt auf die Verarbeitung des Lernstoffs ausgerichtet sind, sondern den Einsatz der kognitiven Strategien planen, überwachen und regulieren. Es handelt sich beispielsweise um eine metakognitive Planungsstrategie, wenn man vor dem Lesen überlegt, mit welcher Lernstrategie man einen Sachtext bearbeiten will. Eine metakognitive Überwachungsstrategie liegt dann vor, wenn man während der Bearbeitung des Sachtextes kurz innehält und überprüft, ob man mit seiner ausgewählten Strategie das angestrebte Lernziel erreicht beziehungsweise sich diesem weiterhin annähert. Eine metakognitive Regulationsstrategie wird schließlich als Reaktion auf die Selbstüberwachung eingesetzt. Wenn man beispielsweise feststellt, dass man sein Lernziel nicht erreicht hat

und dann eingreift und seine strategische Vorgehensweise verändert, reguliert man seinen Lernprozess. Die Regulation des Vorgehens kann beinhalten, dass man im einfachsten Fall eine nicht verstandene, unklare Textstelle noch einmal liest, um sich die Zusammenhänge zwischen den Begriffen zu verdeutlichen, oder dass man andererseits eine größere Veränderung vornimmt und eine andere geeignetere Strategie zur Bearbeitung des Textes auswählt.

Obwohl es plausibel erscheint, dass die Verwendung von tiefenorientierten kognitiven sowie von metakognitiven Strategien zu besseren Lernergebnissen führen sollte, findet man in der Forschungsliteratur jedoch – so auch bei PISA 2000 – überwiegend niedrige und unklare Zusammenhänge zwischen dem selbst berichteten Einsatz dieser Strategien und dem tatsächlichen Lernerfolg. Für diese erwartungswidrigen Befunde werden in der einschlägigen Literatur zahlreiche Gründe genannt, die sich einerseits auf Probleme der Erfassung des Lernstrategieeinsatzes und andererseits auf Probleme der Erfassung des Lernerfolgs beziehen⁵:

- Bei der Erfassung des Lernstrategieeinsatzes wird erstens die wenig konkrete und handlungsferne Erfassung von Lernstrategien kritisiert. Lerner werden – wie auch bei PISA 2000 – beim Ausfüllen von Lernstrategiefragebögen dazu aufgefordert anzugeben, wie sie üblicherweise beim Lernen vorgehen, um so zu einer Gesamteinschätzung ihres Lernverhaltens zu kommen. Dafür ist es jedoch erforderlich, dass der Lerner seinen Lernstrategieeinsatz von konkreten Lernsituationen loslösen kann. Dies erfordert wiederum einen bestimmten Grad an so genannter „metamemorialer“ Bewusstheit sowie relativ komplexe Abstraktions- und Reflexionsleistungen, die nicht nur jüngeren Schülern Schwierigkeiten bereiten dürften. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass es zu Verzerrungen zwischen dem tatsächlichen und dem per Fra-

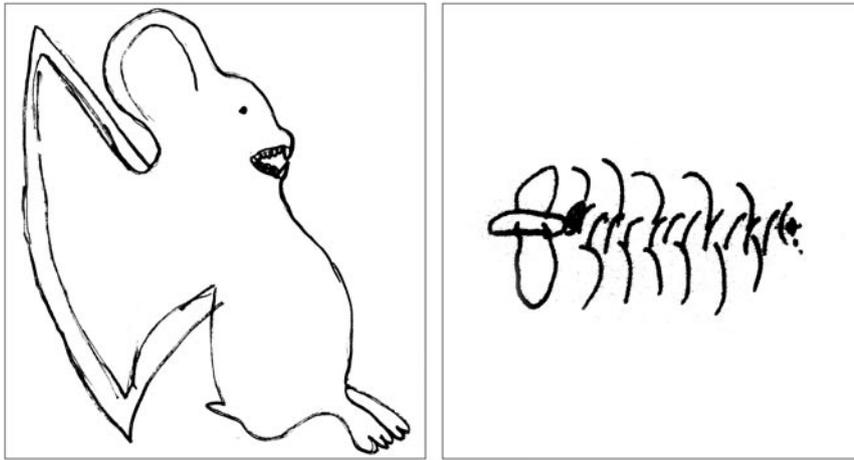
gebogen erhobenen Lernstrategieeinsatz kommt.

- Ein weiteres Problem bei der Erfassung des Lernstrategieeinsatzes besteht darin, dass in Strategiefragebögen üblicherweise nur nach der Häufigkeit und kaum nach der Qualität des Strategieeinsatzes gefragt wird. Wenn ein Lerner zum Beispiel im Fragebogen angibt, Worte oder Sätze in einem Text häufig zu unterstreichen, würde er hohe Werte auf der diesbezüglichen Fragebogenskala erhalten. Das sagt jedoch nichts darüber aus, ob er das Ziel dieser Strategie, „wichtige Informationen zu identifizieren“, überhaupt erreicht hat. Möglicherweise kann er die wichtigen Informationen gar nicht mehr erkennen, da er zu viele unwichtige Informationen unterstrichen hat. Zudem zeigen Studien zum Textmarkieren, dass diese Strategie nur dann erfolgreich ist, wenn vergleichsweise wenige, wirklich relevante Begriffe unterstrichen werden. Es geht also nicht nur darum, eine Lernstrategie quantitativ möglichst oft zu nutzen; entscheidend ist, die jeweilige Lernstrategie *qualitativ richtig* zu nutzen, was einerseits – wie auch PISA 2000 zeigte – kompetentes Wissen über die jeweilige Strategie voraussetzt und andererseits die Befähigung, den Einsatz der Strategie so zu regulieren, dass die mit der jeweiligen Strategie verfolgten Ziele tatsächlich auch erreicht werden.

Bei der Erfassung des Lernerfolgs stellt sich die Frage, ob der Einsatz von tiefenorientierten Elaborations- und Organisationsstrategien überhaupt für traditionell verwendete Lernerfolgsmaße, wie zum Beispiel Prüfungs- oder Schulleistungen, erforderlich ist. Möglicherweise wird in bestimmten Prüfungen nur das Wiedergeben von Faktenwissen gefordert, so dass es für gute Leistungen gar nicht nötig ist, einen Lernstoff mit anspruchsvollen tiefenorientierten Strategien zu bearbeiten. So würde man zum Beispiel andere Strategien einsetzen, um ein Gedicht in Deutsch zu lernen, als

sich auf eine Klassenarbeit in Physik vorzubereiten. Aus diesem Grund ist es entscheidend, den Lernstrategieeinsatz in Relation zum jeweiligen Lernerfolgsmaß zu erfassen. Dies wiederum ist nur zu erreichen, wenn man den Lernstrategieeinsatz in einer konkreten Lernsituation betrachtet.

In einer explorativen Studie⁶ haben wir deshalb im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ untersucht, ob sich der Zusammenhang zwischen Lernstrategieeinsatz und Lernerfolg erhöht, wenn man den Lerner in eine konkrete Situation versetzt, qualitative Aspekte des Lernstrategieeinsatzes mit erfragt und das Lernerfolgsmaß auf die Lernsituation abstimmt: Schüler verschiedener Altersstufen sollten einen Text bearbeiten und wurden anschließend befragt, welche Strategien sie beim Bearbeiten des Textes eingesetzt hatten. Das Lernerfolgsmaß bestand in einem Test, der sich direkt auf die Lernsituation bezog, weil er das aus dem Text erworbene Verständnis erfasste. Der qualitative Aspekt des Lernstrategieeinsatzes wurde mit konkreten, auf den Text bezogenen inhaltsspezifischen Strategiefragen erfasst. Dahinter steht die Idee, dass die Qualität von Lernstrategien wie „Zusammenhänge zwischen Begriffen herstellen“ beziehungsweise „Lernstoff bildlich veranschaulichen“ darin besteht, über welche Inhalte eines gelesenen Textes man nachdenkt, welche Begriffe man in Beziehung zueinander setzt und was genau man sich bildlich vorstellt. Nur wenn ein Lerner über tatsächlich relevante Inhalte und Zusammenhänge nachdenkt beziehungsweise sich diese vor seinem geistigen Auge vorstellt, wird sein Verständnis davon profitieren können. Dies lässt sich gut an einem Beispiel veranschaulichen. Abbildung 1 stellt die Zeichnungen zweier Schüler zu einem naturwissenschaftlichen Sachtext über Schallwellen dar. In diesem Text wird unter ande-



(1) Zeichnungen zweier Schüler zu einem naturwissenschaftlichen Sachtext über Schallwellen.

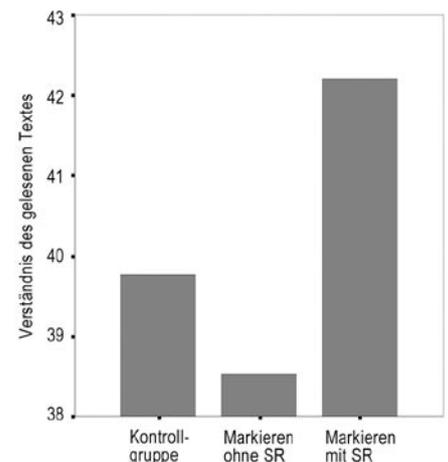
rem über eine Fledermaus berichtet, die sich mit Hilfe von Schallwellen orientiert und auf diese Weise ihre Nahrung erbeutet.

Die Schülerzeichnung auf der linken Seite von Abbildung 1 enthält eine eher dekorative Darstellung dieses Textinhaltes, während die Schülerzeichnung auf der rechten Seite von Abbildung 1 den im Text beschriebenen Sachverhalt sehr präzise veranschaulicht: So kann man die von der Fledermaus ausgesandten Schallwellen erkennen, die auf ein Insekt treffen und von diesem reflektiert werden. Fragt man nun beide Lerner in einem Lernstrategiefragebogen, ob sie sich Textinhalte bildlich vorgestellt haben, werden beide Lerner mit „ja“ antworten. Die qualitativen Unterschiede zwischen den beiden Vorstellungen werden dabei jedoch nicht beachtet. Aus diesem Grund haben wir Strategiefragen zu spezifischen Inhalten des Sachtextes entwickelt, zum Beispiel „Hast du dir vorgestellt, wie sich eine Fledermaus mit Hilfe von Schallwellen orientiert?“. Mit solchen Fragen sollte es eher möglich sein, qualitative Aspekte von Lernstrategien zu erfassen. Die empirischen Befunde entsprechen dieser Erwartung: Es ergaben sich tatsächlich relativ hohe Korrelationen zwischen Lernstrategieeinsatz und Lernerfolg, das

heißt dem Verständnis des gelesenen Textes, wenn solche inhaltspezifischen Strategiefragen eingesetzt wurden (je nach Altersstufe bis zu $r = 0.59$). Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass Qualitätsaspekte beim Einsatz von Lernstrategien offenbar eine entscheidende Rolle spielen: Möglicherweise setzen viele Lerner bestimmte Lernstrategien qualitativ schlecht ein und erzielen deshalb nicht die gewünschten Lernergebnisse.

Welche Bedeutung haben diese Forschungsergebnisse nun für pädagogische beziehungsweise didaktische Interventionen? Der Lernerfolg sollte sich steigern lassen, wenn man Lernenden nicht nur einzelne Lernstrategien vermittelt, sondern sie gleichzeitig dazu befähigt, diese Strategien auch qualitativ gut und richtig, das heißt zielführend einzusetzen. Genau dieser Aspekt wird in einem in der eigenen Arbeitsgruppe zunächst für Berufstätige entwickelten und anschließend für den Einsatz in Schulen adaptierten Trainingsansatz in den Vordergrund gestellt⁷. Es geht hier nicht nur darum, den Lernern eine Strategie zu vermitteln, sondern sie vor allem darin zu trainieren, die Qualität ihres Strategieeinsatzes zu überwachen und zu regulieren. Die Lerner werden dadurch in die Lage versetzt, ihr

strategisches Lernen aus der Vogelperspektive zu beobachten und die Ausführung der einzelnen Strategiestritte zielführend zu steuern. Wie wichtig diese Art der Selbststeuerung ist, konnte nicht nur in Trainingsstudien mit Berufstätigen⁸, sondern kürzlich auch in Trainingsstudien mit Schülerinnen und Schülern der 10. Jahrgangsstufe nachgewiesen werden. In diesen Studien bearbeiteten die Teilnehmer zunächst das Lernstrategietraining; danach wurde ihnen ein Sachtext vorgelegt mit dem Auftrag, ihn verstehend zu lesen. Abschließend wurde getestet, welches Verständnisniveau erreicht wurde. In einer dieser beiden Studien mit 78 Teilnehmern, bei welcher das langfristige Behalten geprüft und der Verstehenstest drei Monate nach dem Lesen des Sachtextes vorgelegt worden war, erwies sich das alleinige Training der Textmarkierungstechnik (markieren *ohne* Selbstregulation) nicht vorteilhaft gegenüber einer Kontrollgruppe ohne Training. Erst das kombinierte Training von Textmarkierungsstrategie und qualitativer Regulation des Strategieeinsatzes (markieren *mit* Selbstregulation)



(2) Verständnis eines naturwissenschaftlichen Sachtextes in Abhängigkeit von der Art des zuvor durchlaufenen Lernstrategietrainings (Kontrollgruppe ohne Training; Experimentalgruppe mit Training der Textmarkierungsstrategie, aber ohne Training der Selbstregulation –SR– des Strategieeinsatzes; Experimentalgruppe mit Training der Textmarkierungsstrategie und mit Training der Selbstregulation –SR– des Strategieeinsatzes).

erwies sich im Vergleich zur Kontrollgruppe als lernförderlich (siehe Abb. 2). Der Unterschied zwischen Kontrollgruppe und Trainingsgruppe ist in diesem Fall nicht nur statistisch signifikant, sondern erreicht mit $d = .23$ eine Effektgröße, die auch als praktisch bedeutsam anzusehen ist.

Die Essener Forschung zum selbstregulierten Lernen findet ihre Fortsetzung entlang zweier Linien:

- Zum einen ist im Essener Beitrag zur dritten und letzten Phase des DFG-Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ geplant, die bisher entwickelten und in kleineren feldexperimentellen Studien evaluierten Trainingsmodule einer breiteren Nutzung in einer größeren Zahl von Schulen in mehreren Bundesländern zugänglich zu machen. Dabei soll geprüft werden, inwieweit unser Trainingsansatz auch von Lehrkräften im schulischen Alltag erfolgreich eingesetzt werden kann. Eine derartige Implementationsstudie ist unseres Erachtens unabdingbar erforderlich, bevor wir geneigt sind, unseren Trainingsansatz zur allgemeinen Nutzung zu empfehlen.
- Zum zweiten ist im primär lehrpsychologisch orientierten Beitrag zum DFG-geförderten Essener Forschungsprogramm „Naturwissenschaftlicher Unterricht – Forschergruppe und Graduiertenkolleg“ geplant, die Wirkmechanismen von Visualisierungsstrategien näher zu untersuchen.

Probleme des selbstregulierten Lernens beim Verstehen von komplexen dynamischen Systemen und Essener Lösungsansätze

Ein vollständiger Lernprozess stellt zwei grundlegende Anforderungen an die lernende Person:

- Zum einen müssen die zu erlernenden Informationen wahrgenommen und selegiert werden (wozu sich zum Beispiel beim Lesen der Einsatz der Textmarkierungsstrategie eignet).
- Zum anderen müssen diese Informationen so organisiert und in die persönliche Wissensstruktur inte-

griert werden, dass sie auch zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar sind.

Die Palette hilfreicher Strategien reicht hier vom einfachen Wiederholen bis hin zum Überlegen konkreter Anwendungsbeispiele (siehe oben). Im Folgenden werden unter dem Begriff des „Identifizierens“ sämtliche Tätigkeiten zusammengefasst, die dem Wahrnehmen und Selegieren von Informationen dienen. Mit „Integrieren“ werden alle Tätigkeiten bezeichnet, die die spätere Verfügbarkeit der erlernten Informationen gewährleisten sollen.

Im Vergleich zum selbstregulierten Lernen beim Verstehen von Sachtexten stellt das selbstregulierte Lernen beim Verstehen eines komplexen dynamischen Systems besondere Anforderungen an das Identifizieren von Informationen, die sich aus der Dynamik des Lerngegenstandes ergeben und die diesen Lernprozess vom Lernen mit statischen Lerngegenständen unterscheiden. In statischen Lernsituationen, wie zum Beispiel beim lesenden Verstehen eines Sachtextes, sind alle Informationen von Anfang an gegeben, und sie verändern sich nicht durch den Prozess des Lernens. Identifizieren bedeutet hier, dass Informationen wahrgenommen und relevante Informationen selegiert werden. Im Gegensatz dazu ist in dynamischen Lernsituationen ein Großteil der lern- und verstehensrelevanten Informationen nicht von Beginn an wahrnehmbar, sondern muss erst durch die Interaktion mit dem Lerngegenstand erzeugt werden. Identifizieren umfasst hier neben dem Wahrnehmen und Selegieren auch das Erzeugen der zu erlernenden Informationen.

Zur Verdeutlichung dieses Unterschieds zwischen statischen und dynamischen Lernsituationen kann man sich vorstellen, man müsste lernen, einen Videorekorder so zu programmieren, dass er automatisch zu einer bestimmten Uhrzeit die Sendung eines bestimmten Fernsehsenders aufzeichnet. Dabei handelt sich um eine *statische* Lernsi-

tuation, wenn man zu diesem Zweck ausschließlich die Bedienungsanleitung studiert: Alle relevanten Informationen sind in der Anleitung von Anfang an enthalten, und sie ändern sich nicht durch das Lesen derselben. Wenn man jedoch nicht auf die Bedienungsanleitung zurückgreift, sondern sich bemüht, nur durch den Umgang mit dem Videorekorder selbst das Programmieren zu lernen, dann handelt es sich um eine *dynamische* Lernsituation: Der Rekorder reagiert auf das Drücken der verschiedenen Knöpfe, indem sich beispielsweise seine Anzeige ändert oder er bestimmte Aktionen wie zum Beispiel das Auswerfen einer Kassette ausführt. Die geänderte Anzeige oder die ausgeworfene Kassette sind neue Informationen, die nicht von Beginn an Teil der Lernsituation waren. Sie wurden durch die Aktionen des Lerners erzeugt und sind dadurch überhaupt erst wahrnehmbar und erlernbar geworden. Diese Notwendigkeit, zu erlernende Informationen zunächst zu erzeugen, damit sie wahrnehmbar und erlernbar werden, ist ein spezifisches Merkmal des Lernens in dynamischen Lernsituationen⁹.

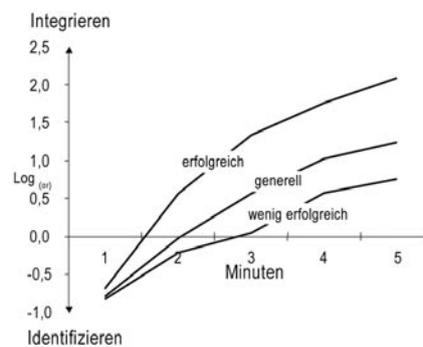
Ob allerdings selbst erzeugte Informationen in dynamischen Lernsituationen gelernt werden und zu späteren Gelegenheiten abruf- und anwendbar sind, hängt davon ab, inwieweit sie nicht nur identifiziert, sondern auch integriert werden. Das Identifizieren und das Integrieren von Informationen erfordern jedoch unterschiedliche Lerntätigkeiten. Aus diesem Grund muss eine lernende Person zu jedem Zeitpunkt während des Lernprozesses entscheiden, ob sie neue Informationen identifizieren oder ob sie identifizierte Informationen integrieren möchte. Diese spezifische Regulation des Lernprozesses ist umso notwendiger, je komplexer der Lerngegenstand ist: Je mehr Informationen zu erlernen sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass bereits identifizierte Informationen wieder vergessen werden, wenn sie nicht aktiv inte-

griert werden, sondern stattdessen immer weitere neue Informationen identifiziert werden. Diese Notwendigkeit, andauernd zwischen dem Identifizieren neuer und dem Integrieren bereits bekannter Informationen entscheiden zu müssen, ist ein spezifisches Merkmal des Lernens in *komplexen* Lernsituationen, in denen in aller Regel sehr, sehr viele Informationen zu lernen sind.

In diesem Zusammenhang ist die Frage zu stellen, ob sich die Bedeutsamkeit des Identifizierens beziehungsweise des Integrierens als Zielsetzung für Lerntätigkeiten im Verlauf eines Lernprozesses ändert oder durchgehend gleich bleibt. Vor dem Hintergrund begrenzter kognitiver Kapazitäten lässt sich argumentieren, dass zu Beginn eines Lernprozesses, wenn der lernenden Person nur wenige Informationen verfügbar sind und ihre kognitiven Kapazitäten noch wenig belastet werden, das Identifizieren neuer zu erlernender Informationen eine hohe Bedeutung für die Lernprozessregulation haben sollte, wogegen das Integrieren eher bedeutungslos sein dürfte. Je mehr Informationen jedoch identifiziert worden sind, desto bedeutsamer müsste es aber werden, einmal identifizierte Informationen auch zu integrieren und damit vor dem Vergessen zu bewahren. Das würde bedeuten, dass in dem Maß, wie das Ziel des Integrierens an Einfluss auf die Lernprozessregulation gewinnt, das Identifizieren seine regulationsleitende Bedeutung verlieren sollte.

Dieser Frage sind wir im Rahmen von PISA 2000 nachgegangen¹⁰. Wir analysierten dafür die Daten, die in Deutschland im Rahmen der Erfassung von Problemlösekompetenz mit Hilfe eines computer-basierten Testverfahrens, dem von Funke und Wagener an der Universität Heidelberg entwickelten „Heidelberger Finiten Automaten“, erhoben wurden. Das Verfahren besteht aus der Computersimulation einer Rakete, mit der man zwischen verschiedenen Planeten hin- und herfliegen, und einem Fahrzeug,

mit dem man auf den einzelnen Planeten bestimmte Ziele ansteuern kann. Wenn auch eine Rakete und ein Planetenfahrzeug ungewöhnliche Geräte sind, zeichnen sie sich dennoch durch Eigenschaften aus, die sie mit den meisten alltäglichen Geräten, wie zum Beispiel Fahrkartenautomaten, Waschmaschinen, Mobiltelefonen oder Videorekorder, vergleichbar machen. Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler bestand zunächst darin, die Rakete und das Fahrzeug frei zu explorieren und herauszufinden, wie sie zu steuern sind. Dafür konnten sie mit



(3) Deskriptive Darstellung der Regulationsverläufe beim Lernen des Steuerns komplexer dynamischer Systeme (generell: durchschnittlicher Verlauf aller Probanden; erfolgreich bzw. wenig erfolgreich: durchschnittliche Verläufe von bei der Wissensanwendung erfolgreichen bzw. wenig erfolgreichen Probanden).

der Computermaus auf verschiedene Schaltflächen klicken und beobachten, wie das System auf diese Eingriffe reagiert. Danach wurde getestet, ob die Schülerinnen und Schüler ihr erlerntes Wissen zielgerichtet anwenden können, um das System in einen vorgegebenen Zustand zu bringen.

Das freie Explorieren des Automaten stellt eine dynamische Lernsituation dar, die mit dem oben beschriebenen Erlernen der Videorekorderbenutzung ohne Bedienungsanleitung vergleichbar ist. Für die Erfassung der Lernprozessregulation entwickelten wir ein Prozessmaß („Log_(or)“), das für ein festzulegen-

des Zeitintervall des Lernprozesses berechnet werden kann: Ein positives Vorzeichen dieses Prozessmaßes zeigt an, dass der Lernprozess augenblicklich stärker auf das Integrieren ausgerichtet ist, ein negatives Vorzeichen zeigt an, dass der Lernprozesse augenblicklich stärker auf das Identifizieren ausgerichtet ist. Mit Hilfe dieses Maßes ist es möglich, den Lernprozess einer jeden Person in seinem zeitlichen Verlauf im Hinblick auf das Identifizieren und Integrieren von Informationen zu beschreiben.

In Abbildung 3 ist zum einen der durchschnittliche Verlauf der Lernprozessregulation einer Stichprobe von über 400 Personen dargestellt (gekennzeichnet als „generell“). Mit Hilfe so genannter latenter Wachstumskurvenmodelle identifizierten wir drei Merkmale, die charakteristisch für diesen generellen Verlauf der Lernprozessregulation sind (Abb. 4): Erstens wird der Lernprozess zu Beginn auf das Identifizieren neuer Informationen ausgerichtet. In dem Modell zeigt sich dies durch den negativen Mittelwert des Intercept-Faktors von $M_{\text{Intercept}} = -.79$. Zweitens gewinnt im weiteren Verlauf das Integrieren immer mehr an Bedeutung, und es werden zunehmend integrierende Lerntätigkeiten ausgeführt. Dieser Wechsel wird durch einen positiven Mittelwert des linearen Faktors von $M_{\text{Linear}} = .57$ ausgedrückt. Drittens ist der Verlauf nicht linear, sondern weist eine Krümmung auf, die gegen Ende des Lernprozesses eine erneut stärkere Ausrichtung auf das Identifizieren bedeutet. Diese Krümmung ist in dem Modell als quadratischer Faktor mit negativem Mittelwert ($M_{\text{Quadrat}} = -.03$) repräsentiert.

Neben diesem generellen Verlauf der Lernprozessregulation sind in Abbildung 3 die durchschnittlichen Regulationsverläufe erfolgreicher und wenig erfolgreicher Personengruppen zum Vergleich dargestellt (Erfolg operationalisiert über die Leistung bei der Anwendung des erworbenen Systemwissens). Es zeigt sich, dass sowohl erfolgreiche als auch weniger erfolgreiche Lerner den Lernprozess

zu Beginn auf das Identifizieren neuer Informationen ausrichten, und zwar in vergleichbarem Ausmaß: Zu Beginn der Lernprozessregulation lassen sich demnach keine differenziellen Merkmale feststellen. Im weiteren Verlauf des Lernens zeigt sich jedoch, dass sich erfolgreiche Lerner im Gegensatz zu wenig erfolgreichen Lernern sehr viel früher und sehr viel stärker dem Integrieren von Informationen zuwenden. Mit Hilfe eines latenten Wachstumskurvenmodells, in das der Lernerfolg als vorherzusagende Variable aufgenommen wurde, kann gezeigt werden, dass es gerade dieser frühe und starke Wechsel in der Ausrichtung des Lernprozesses vom Identifizieren zum Integrieren ist, der eine erfolgreiche von einer weniger erfolgreichen Lernprozessregulation unterscheidet.

Aus diesen Befunden ergeben sich zwei Fragen, die im Rahmen eines weiteren primär lehr-lernpsychologisch orientierten Beitrags zum DFG-geförderten Essener Forschungsprogramm „Naturwissenschaftlicher Unterricht – Forschergruppe und Graduiertenkolleg“ untersucht werden. Dies ist zum einen die Frage nach der Generalisierbarkeit der im Umfeld von PISA mit dem „Heidelberger Finiten Automaten“ erzielten Befunde auf Lernsituationen im naturwissen-

schaftlichen Unterricht. Zum anderen werden die Möglichkeiten ausgelotet, diese Befunde zu nutzen, um weniger erfolgreiche Lerner bei der Regulation ihres Lernprozesses zu unterstützen und zu fördern. Zum naturwissenschaftlichen Unterricht als Fokus des Essener Forschungsprogramms ergibt sich insofern ein besonderer Bezug, als in diesem Unterricht Schülerexperimente sehr verbreitet sind: Ein solches Schülerexperiment ist eine dynamische Lernsituation, in der durch das Durchführen des Experiments ein Ergebnis erzeugt und beobachtbar, sprich identifizierbar wird, das zur Überprüfung einer vorab aufgestellten Hypothese genutzt werden kann. Um über einen bestimmten naturwissenschaftlichen Inhaltsbereich etwas zu lernen, genügt es jedoch meist nicht, ein einziges Experiment durchzuführen, sondern es muss eine Vielzahl von Experimenten zum Testen vieler verschiedener Hypothesen durchgeführt werden. Je komplexer der Inhaltsbereich ist, desto mehr Experimente sind durchzuführen, um Informationen zu identifizieren. Damit gelernt wird, müssen diese Informationen nicht nur identifiziert, sondern auch integriert werden.

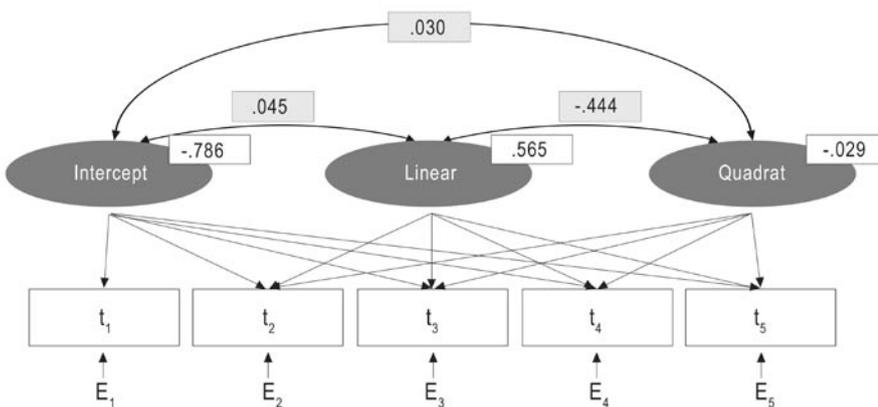
Damit weist das Lernen durch Experimentieren im naturwissen-

schaftlichen Unterricht vergleichbare Eigenschaften auf, wie sie für das Lernen beim Verstehen komplexer dynamischer Systeme wie den computer-simulierten Fahrzeugen des „Heidelberger Finiten Automaten“ beschrieben wurden. Entsprechend ist anzunehmen, dass sich die Regulation des Lernprozesses beim Experimentieren durch dieselben Merkmale auszeichnet, wie sie durch die drei Faktoren des latenten Wachstumskurvenmodells in Abbildung 4 dargestellt sind.

Um diese Annahme zu überprüfen, wird eine computer-simulierte Lernumgebung entwickelt, in der ein physikalischer Inhaltsbereich (Auftrieb in Flüssigkeiten) dargestellt wird. Die Gesetzmäßigkeiten dieses Inhaltsbereiches können durch das Durchführen (computersimulierter) Experimente entdeckt und gelernt werden. Eine solche Lernumgebung wird es ermöglichen, die Regulation des Lernprozesses so wie beim Lernen mit dem „Heidelberger Finiten Automaten“ zu erfassen und zu prüfen, inwieweit die Ergebnisse übertragbar sind. Darüber hinaus bietet eine solche Lernumgebung auch die Chance, die Lernprozessregulation eines Schülers beziehungsweise einer Schülerin individuell zu unterstützen und zu fördern. So kann während des Lernprozesses erfasst werden, ob der Verlauf der Lernprozessregulation dem optimalen Verlauf entspricht oder von diesem abweicht (Abb. 3). Auf der Basis dieser Online-Vergleiche kann die Lernumgebung der lernenden Person dann individuell angepasste Hinweise zur Verbesserung des Lernens anbieten¹¹, deren optimale Gestaltung experimentell zu untersuchen sein wird.

Epilog: Integration in das Essener Forschungsprogramm zum Naturwissenschaftlichen Unterricht

Die in diesem Beitrag dargestellten Lösungsansätze für einige der durch PISA 2000 aufgedeckten Probleme des naturwissenschaftlichen Unterrichts wurden vor einem lehr-



$\chi^2=6.74$; $df=6$; $RMSEA=.02$; $GFI=.994$; $NNFI=.994$; $CFI=.997$; $n=434$

(4) Latentes Wachstumskurvenmodell mit drei Faktoren zur Beschreibung des generellen Verlaufs der Lernprozessregulation (t_1 bis t_5 : Minute 1 bis 5).

lernpsychologischen Hintergrund entwickelt und werden empirisch erprobt und evaluiert. Damit diese Forschung einen Beitrag zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts leisten kann, ist es erforderlich, dass sie nicht nur lehr-lernpsychologischen Standards gerecht wird, sondern dass sie auch erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven berücksichtigt und integriert. Und nicht zuletzt darf auch die Sicht von Lehrerinnen und Lehrern nicht ignoriert werden. Dass die Forschung diesen verschiedenen Ansprüchen genügt, wird durch ihre Integration in das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Essener Forschungsprogramm „Naturwissenschaftlicher Unterricht – Forschergruppe und Graduiertenkolleg“ (nww-essen) gewährleistet.

nww-essen ist die kollegiale Kooperation derjenigen Wissenschaftsdisziplinen, von denen vor dem Hintergrund bisheriger Forschung erwartet werden kann, dass sie grundsätzlich in der Lage sind, einen maßgeblichen Beitrag zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland zu leisten. In interdisziplinärer Zusammenarbeit der drei naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken (Biologie, Chemie und Physik) sowie der Empirischen Bildungsforschung und der Lehr-Lernpsychologie untersuchen insgesamt etwa 30 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die durch die internationalen Schulleistungsvergleichsstudien aufgeworfenen Probleme des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf den drei Ebenen Schulsystem, Unterricht und Schüler. Es werden Lösungsvorschläge entwickelt und unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Standards erprobt und evaluiert. Eine solche Kombination von Forschergruppe und Graduiertenkolleg wird in der Geschichte der DFG zum ersten Mal gefördert und stößt vor diesem Hintergrund sowohl innerhalb als auch außerhalb des Wissenschaftsbetriebs auf großes

Interesse. Es unterstreicht damit auch die Bedeutung der Lehrerbildung am Campus Essen der Universität Duisburg-Essen.

Summary

PISA 2000 has not only uncovered problems of German students concerning reading, mathematics and science literacy, but it has also exposed problems concerning cross-curricular competencies, like learning and problem solving. Against the background of a psychological learning-and-instruction analysis of these cross-curricular competencies, empirical studies are presented that depict approaches for solving at least some of these problems. The basic idea is to focus the research on the ability to self-regulate the use of strategies that are suitable for the acquisition and application of knowledge, which is of primary relevance for both learning and problem solving. Experimental research shows that this ability can be learned. However, before suitable training programs can be implemented in schools throughout the German school system, further research is needed. The new Essen interdisciplinary research program on science education, funded by the German National Science Foundation (DFG), seems to be one promising platform for conducting this research.

Anmerkungen

Teile der Arbeiten wurden bzw. werden gefördert aus Mitteln der DFG im Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule“ und im Essener Forschungsprogramm „Naturwissenschaftlicher Unterricht: Forschergruppe & Graduiertenkolleg“.

- 1) PISA 2000; Artelt, Demmrich, Baumert 2001
- 2) vgl. Artelt, Demmrich, Baumert 2001
- 3) Klieme et al. 2001, 185
- 4) Klieme et al. 2001
- 5) vgl. zum Beispiel Artelt 2000
- 6) vgl. Leopold und Leutner 2002

- 7) vgl. Schreiber 1998, Leutner und Leopold 2003a, b
- 8) vgl. Schreiber 1998, vgl. Leutner und Leopold 2003b
- 9) vgl. Wirth 2004, Wirth und Klieme 2003
- 10) Wirth 2004
- 11) vgl. auch Leutner 1992, 2004

Literatur

- Artelt, C.: Strategisches Lernen, Waxmann, Münster 2000
- Artelt, C., Demmrich, A., Baumert, J.: Selbstreguliertes Lernen, in J. Baumert et al. (Hrsg.), PISA 2000, Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Leske und Budrich, Opladen 2001, 271-298
- Leopold, C., Leutner, D.: Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen, in Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft 2002, 240-258
- Leutner, D.: Adaptive Lehrsysteme, Instruktionspsychologische Grundlagen und experimentelle Analysen, Beltz – Psychologie Verlags Union, Weinheim 1992
- Leutner, D.: Instructional-design principles for adaptivity in open learning environments, in Seel, N.M., Dijkstra, S. (Eds.): Curriculum, plans and processes of instructional design: international perspectives, Lawrence Erlbaum, Mahwah NJ 2004, 289-307
- Leutner, D., Leopold, C.: Selbstreguliertes Lernen: Lehr-/lerntheoretische Grundlagen, in Witthaus, U., Wittwer, W., Espe, C. (Hrsg.): Selbst gesteuertes Lernen. Theoretische und praktische Zugänge, Bertelsmann, Bielefeld 2003a, 43-67
- Leutner, D., Leopold, C.: Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien. Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen mit Sachtexten, in Unterrichtswissenschaft, 31/2003b, 38-56
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P., Wirth, J.: Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz? Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie, in Zeitschrift für Pädagogik, 47/2001, 179-200
- Schreiber, B.: Selbstreguliertes Lernen. Waxmann, Münster 1998
- Wirth, J.: Selbstregulation von Lernprozessen, Waxmann, Münster 2004
- Wirth, J., Klieme, E.: Computer-based assessment of problem solving competence, in Assessment in Education, Principles, Policy, & Practice, 10/2003, 329-345

Die Autoren

Detlev Leutner, Jahrgang 1954, studierte Psychologie von 1975 bis 1980, promovierte 1985 in den Fächern Erziehungswissenschaft, Psychologie und Philosophie und habilitierte sich 1992 (venia legendi für Psychologie) an der RWTH Aachen. Er war Professor für Psychologische Methodik an der Universität Gießen (1992), Professor für Instruktionspsychologie



Joachim Wirth, Claudia Leopold Foto: Max Greve

an der PH, später Universität Erfurt (1993), lehnte einen C4-Ruf auf einen Lehrstuhl für Erziehungswissenschaft an der Universität Tübingen (1997) ab und ist Professor für Lehr-Lernpsychologie an der Universität in Essen (seit 2002). Seine Forschungsschwerpunkte sind: Lehr-Lernforschung (u. a. Selbstreguliertes Lernen, Lernen mit Multimedia, Computer-/Simulation-Based Training, Evaluation von Ausbildungsprogrammen), Forschungsmethodik und Diagnostik. Leutner bekleidet(e) folgende überregionale Service-Funktionen: Gewähltes Mitglied im DFG-Fachkollegium „Erziehungswissenschaft“ (seit 2004), Vorsitzender der „Arbeitsgruppe für Empirische Pädagogische Forschung (AEPF) in der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE) (1999 bis 2003), Koordinator der

Special Interest Group „Individual Differences in Learning and Instruction“ der „European Association for Research in Learning and Instruction“ (EARLI) (1999-2001); Geschäftsführender Herausgeber der Zeitschrift „Diagnostica“ (1995-2003) und der „Zeitschrift für Pädagogische Psychologie“ (ab 2005); Mitglied im Beirat nationaler Zeitschriften und internationaler Journals, ad-hoc-Gutachter für Zeitschriften, Journals sowie nationale und internationale Organisationen der Forschungsförderung. Zudem ist er Mitglied im deutschen PISA-Konsortium 2003. (http://www.uni-essen.de/llpsych/personen/vita_leutner.html)

Claudia Leopold, Jahrgang 1975, studierte Erziehungswissenschaft an der PH bzw. Universität Erfurt (1994-2000). Leopold

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in DFG-Projekten zum Selbstregulierten Lernen (seit 2000), seit 2002 an der Universität Essen bzw. Duisburg-Essen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Selbstreguliertes Lernen und Lernstrategien. (http://www.uni-essen.de/llpsych/personen/vita_leopold.html)

Joachim Wirth, Jahrgang 1971, studierte Psychologie an der TU Berlin (1992-1998) und promovierte an der HU Berlin (2003). Zudem war Wirth Forschungsstipendiat am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin in der Arbeitsgruppe von Prof. Baumert (1998-2003), ab 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter; seit 2004 ist er Hochschulassistent an der Universität Duisburg-Essen, Campus Essen. Seine Forschungsschwerpunkte sind Lernen, Wissen und Problemlösen; Allgemeine Psychologie und Unterricht. (http://www.uni-essen.de/llpsych/personen/vita_wirth.html)