

Die Herausgeber sind sich sicher, mit dem nun vorliegenden Bericht über PISA 2000 zur aktuellen Diskussion beitragen zu können. Die Ergebnisse zeigen, dass Problemlösetests auf der Basis psychologischer Forschung entwickelt und erfolgreich in *large-scale assessments* implementiert werden können. Sie zeigen aber auch, dass Problemlösekompetenz ein mehrdimensionales Konstrukt ist. Analytisches Problemlösen besitzt große Nähe zur Lesekompetenz im Sinne von PISA, während das Konzept des dynamischen Problemlösens als vielversprechendes Beispiel für die technologiebasierte Diagnostik von Kompetenzen gelten kann (vgl. Klieme, Leutner, & Hartig, in prep.).

Die Herausgeber danken den Kolleginnen und Kollegen, die zur Entwicklung der Problemlösekomponente bei PISA 2000 beigetragen haben, allen voran der Projektleitung und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung – Jürgen Baumert, Cordula Artelt, Mareike Kunter, Gundel Schümer und Petra Stanat – sowie den Mitgliedern der Expertengruppe und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Katja Karrer, Thomas Schmitt, Martina Schröter, Simone Steinberg, Sebastian Töpfer und Stefan Wagener. Johannes Hartig, wissenschaftlicher Mitarbeiter am DIPF, hat durch seine Mitarbeit an diesem Band dazu beigetragen, dass die Arbeit der Expertengruppe nun abgeschlossen werden kann. Rainer Lehmann, Ingrid Steinbach und Judith Ebach danken wir für die Bereitschaft, Projektaufgaben aus LAU für PISA bereitzustellen. Ray Adams, Marilyn Binkley, Beno Csapo, John Dossey, Richard E. Mayer, Harold O’Neil, Jean-Paul Reeff, Hans Martin Süß, Stella Vosniadou, Margret Wu, Kentaro Yamamoto und viele andere Kollegen haben uns auf wissenschaftlichen Tagungen und in internationalen Projekten wichtige Anregungen zur Messung von Problemlösekompetenzen gegeben. Der Konferenz der Kultusminister gebührt Dank für das Wagnis, auch ein solches innovatives und vergleichsweise risikoreiches Vorhaben in PISA gefördert zu haben.

Frankfurt a.M. und Essen, im Mai 2005  
 Eckhard Klieme  
 Detlev Leutner  
 Joachim Wirth

Detlev Leutner, Joachim Funke, Eckhard Klieme und Joachim Wirth

## 1 Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz



### 1.1 Einleitung: Fächerübergreifende Kompetenzen als Gegenstand von PISA

Ziel des *Programme for International Student Assessment* (PISA) ist es, die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler am Ende der Pflichtschulzeit festzustellen, die in vielen OECD-Staaten im Alter von 15 Jahren erreicht wird. Dabei geht es zunächst um *Basiskompetenzen*, deren primäre Förderung sich einzelnen Schulfächern zuordnen lässt: Lesekompetenz (*Reading Literacy*), mathematische Grundbildung (*Mathematical Literacy*) und naturwissenschaftliche Grundbildung (*Science Literacy*). Diese Kompetenzen werden in allen drei PISA-Zyklen mit unterschiedlichen Schwerpunkten erfasst – 2000 mit Schwerpunkt im Lesen, 2003 mit Schwerpunkt in der Mathematik, 2006 mit Schwerpunkt in den Naturwissenschaften –, und über die diesbezüglichen Ergebnisse der 2000er und 2003er Studien wurde ausführlich berichtet (z.B. Baumert u.a., 2001; Prenzel u.a., 2004a).

Bei PISA werden aber nicht nur fachbezogene, sondern darüber hinaus auch *fächerübergreifende Kompetenzen* erfasst. Dabei handelt es sich um Kompetenzen, deren Förderung nicht unmittelbar einem einzelnen Schulfach zugeordnet werden kann. Jeder der drei PISA-Zyklen beschränkt sich im internationalen Vergleich auf die Erfassung jeweils einer fächerübergreifenden Kompetenz: 2000 wurde selbstreguliertes Lernen getestet, 2003 stand Problemlösen im Mittelpunkt, und 2006 wird es um informationstechnische Grundbildung gehen. Über die 2000er Ergebnisse zum selbstregulierten Lernen wurde ausführlich berichtet (Artelt, Demmrich, & Baumert, 2001; Artelt u.a., 2003), und zur 2003 erfassten Problemlösekompetenz liegen ebenfalls erste Ergebnisse vor (Leutner u.a., 2004).

International wurde Problemlösen in der PISA-2000-Studie noch nicht als fächerübergreifende Kompetenz thematisiert, wohl aber im Rahmen einer nationalen Ergänzung zum internationalen Testprogramm in Deutschland. Im Rahmen dieser nationalen Ergänzung wurden zunächst spezifische Aufgabentypen entwickelt und 1999 in einem Feldtest erprobt, bevor sie dann in einer Teilstichprobe 2000 beim Haupttest zum



Einsatz kamen. Die auf diese Weise in Deutschland gemachten Erfahrungen bei der Erfassung von Problemlösekompetenz hatten dann maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung des in der PISA-2003-Studie international eingesetzten Testmaterials (vgl. Klieme, 2004; Leutner u.a., 2004; OECD, 2003).

## 1.2 Der Kompetenzbegriff bei PISA

Wenn bei PISA von „Kompetenz“ die Rede ist, dann soll dies – ähnlich wie bei der Unterscheidung von Kompetenz und Performanz in der Sprachwissenschaft – deutlich machen, dass es bei PISA nicht allein um die Erfassung von Schulleistung („Performanz“) geht (Prenzel u.a., 2004b). Vielmehr werden die Schülerinnen und Schüler im PISA-Test mit möglichst realitätsnahen Aufgaben konfrontiert, die dazu herausfordern, lösungsrelevantes Schulwissen zunächst ausfindig zu machen, um es anschließend zielführend und flexibel anzuwenden. Es geht bei der Kompetenz also um das Fähigkeitspotenzial der Schülerinnen und Schüler, das aus den Antworten auf die Testfragen zu einem bestimmten Teilgebiet (d.h. aus der Testleistung oder Performanz) erschlossen wird. Bei den drei Hauptmessbereichen von PISA (Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften) ist das zur Lösung der Testaufgaben erforderliche schulische Wissen vergleichsweise eindeutig einem einzelnen Fach zuzuordnen, sodass es hier gerechtfertigt erscheint, von *fachlichen* Kompetenzen zu reden. Beim Problemlösen sind die Testaufgaben dagegen nicht eindeutig einem einzelnen Fach zuzuordnen, sodass Problemlösekompetenz eine *fächerübergreifende* Kompetenz darstellt.

Damit entspricht der bei PISA verwendete kognitive Kompetenzbegriff einer Konzeption, wie sie von Weinert (1999) aus einer Übersicht über sozialwissenschaftliche Kompetenzbegriffe herausdestilliert worden ist und bei Klieme u.a. (2001) als Arbeitsdefinition vorgeschlagen wird. „Kompetenzen sind Systeme aus spezifischen, prinzipiell erlernbaren Fertigkeiten, Kenntnissen und metakognitivem Wissen, die es erlauben, eine Klasse von Anforderungen in bestimmten Alltags-, Schul- und Arbeitsumgebungen zu bewältigen.“ (S. 182) Damit weitgehend übereinstimmend bezieht sich der im ersten PISA-Berichtsband verwendete Kompetenzbegriff auf „prinzipiell erlernbare, mehr oder minder bereichsspezifische Kenntnisse, Fertigkeiten und Strategien“ (Baumert, Stanat, & Demmrich, 2001, S. 22).

Festzuhalten ist, dass allgemeine intellektuelle Fähigkeiten und verallgemeinerte motivationale Orientierungen nicht unter diesen kognitiven Kompetenzbegriff fallen, wohl aber die individuell erforderliche Bereitschaft, sich den in der Arbeitsdefinition von Klieme u.a. (2001) genannten Anforderungen zu stellen. Festzuhalten ist auch, dass die bei PISA thematisierten fächerübergreifenden Kompetenzen eine begriffliche Nähe zum bildungstheoretischen Konzept der „Schlüsselqualifikationen“ (Mertens, 1970) aufweisen, indem sie als „übergeordnete Bildungselemente“ oder „situationsübergreifend transferierbare Qualifikationen“ aufgefasst werden können. Und nicht zuletzt entspricht die Abgrenzung zu vollständig situationsunabhängig konzipierten Wissens- und Fähig-

keitskonstruierten Banduras funktional und bereichsspezifisch konzipiertem Kompetenzbegriff (Bandura, 1990; vgl. auch Klieme, Artelt, & Stanat, 2001).

## 1.3 Problemlösen als Konzept und Forschungsgegenstand der kognitiven Psychologie

Problemlösen hat in der kognitiven Psychologie als Forschungsgegenstand eine sehr lange Tradition, angefangen bei der deutschen Denkpsychologie des beginnenden bis hin zum komplexen Problemlösen des ausgehenden 20. Jahrhunderts (Überblicke bei Frensch & Funke, 1995; Funke, 2003). Definieren lässt sich Problemlösen als „zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“ (Klieme u.a., 2001, S. 185; vgl. auch Klieme, 2004; Mayer & Wittrock, 1996). Dabei geht es darum, „Lücken in einem Handlungsplan zu füllen, der nicht routinemäßig eingesetzt werden kann. Dazu wird eine gedankliche Repräsentation erstellt, die den Weg vom Ausgangs- zum Zielzustand überbrückt.“ (Funke, 2003, S. 25) Manche Autoren wie zum Beispiel Dörner (1976) verwenden das Bild einer „Barriere“ zwischen Anfangs- und Zielzustand, die gedanklich zu überwinden ist. In dem Ausmaß, in dem die Barriere Zug um Zug niedriger wird und letztendlich ganz verschwindet, wenn ein bestimmtes Problem wiederholt bearbeitet wird und sich Routine bei der Lösung einstellt, wird das Problem zu einer leicht zu bewältigenden Aufgabe.

Problemlösen aus Sicht der kognitiven Psychologie grenzt sich deutlich ab von alltagssprachlichen Vorstellungen von Problemlösen als Klärung emotionaler und sozialer Konfliktsituationen. Zwar spielen beim Problemlösen sowohl motivationale (z.B. Vollmeyer & Rheinberg, 1998) als auch soziale (z.B. Kunter, Stanat, & Klieme, in diesem Band) Prozesse häufig eine bedeutende Rolle, der Fokus einer kognitionspsychologischen Betrachtung liegt aber auf den Denkprozessen, die zum Verstehen einer gegebenen Problemsituation führen und eine erfolgreiche Bearbeitung gewährleisten. Schon von Polya (1945) wurden klassische Schritte solcherart problemlösenden Denkens beschrieben: Eine Problemstellung sowie relevante Informationen und Bedingungen für eine angemessene Lösung sind zu erkennen, alternative Lösungswege sind zu suchen, ein bestimmter Lösungsweg ist auszuwählen und anzuwenden, die Lösung ist zu reflektieren und zu überprüfen, und das Ergebnis ist dann abschließend mitzuteilen (vgl. auch Leutner u.a., 2004).

Diese kognitionspsychologische Perspektive wird im Folgenden vertieft und in den Kapiteln 2 bis 5 anhand der Instrumente und Daten aus PISA 2000 empirisch umgesetzt. Kapitel 6 wird die gemessene Problemlösekompetenz in das Bedingungsgefüge aus psychosozialen und schulischen Merkmalen einordnen. Kapitel 7 schließlich weitet den Blick auf soziale Prozesse beim kooperativen Problemlösen in Kleingruppen. Auch hierzu wurden im nationalen Ergänzungstest bei PISA 2000 eigens entwickelte Aufgaben eingesetzt.

## 1.4 Problemlösen als Konzept und Forschungsgegenstand der differenziellen Psychologie

In der Psychologie des Problemlösens, wie in der kognitiven Psychologie generell, wird nach *allgemeinpsychologischen* Gesetzmäßigkeiten gesucht, die geeignet sind, menschliches Verhalten und Erleben beim Lösen von Problemen zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen. Entsprechend dominieren experimentalpsychologische Forschungszugänge, bei denen man sich bemüht, interindividuelle Unterschiede zwischen Versuchsteilnehmern zum Beispiel dadurch auszugleichen, dass man sie zufällig auf die zu untersuchenden Versuchsbedingungen verteilt.

Bei Assessment-Studien wie PISA sind es aber die Unterschiede zwischen Personen, die interessieren und möglichst zuverlässig und gültig zu erfassen sind, was die Domäne einer *differentialpsychologischen* Betrachtungsweise ist. So liegt es nahe anzunehmen, dass Personen sich auch im Hinblick auf ihre Fähigkeit und Fertigkeit, Probleme zu lösen, also bezüglich ihrer Problemlösekompetenz, unterscheiden – ansonsten wäre es müßig, Problemlösekompetenz bei PISA überhaupt zu thematisieren. Dabei liegt es nahe, Problemlösekompetenz mit Intelligenz gleichzusetzen oder zumindest eine enge Beziehung zwischen beiden Konstrukten zu sehen. Doch schon ein kurzer Blick auf die Aufgabenstellungen, die in typischen Intelligenztests zu bearbeiten sind, und ein Vergleich mit den Aufgabenstellungen, wie sie in klassischen Untersuchungen der Problemlösepsychologie zum Einsatz kommen, machen deutlich, dass es keine einfache Beziehung zwischen Intelligenz und Problemlösekompetenz geben dürfte. Typische Aufgaben zur Erfassung des Kernbereichs der Intelligenz, bei denen es um „schlussfolgerndes Denken“, „Reasoning“ oder „Verarbeitungskapazität“ geht (vgl. Klieme, 2004; Klieme u.a., 2001; Süß, 1996), erfordern zum Beispiel das Erkennen von Gesetzmäßigkeiten in Zahlen- oder Figurenfolgen (z.B. 1, 2, 4, 7, 11, ...?) oder analoges Schließen (z.B. „Gras“ verhält sich zu „grün“ wie „Himmel“ zu ...?). Die zu testenden Personen haben zahlreiche und unterschiedlich schwierige Aufgaben dieser Art zu bearbeiten, und ihr Wert auf der Intelligenzskala ergibt sich als eine Funktion der Anzahl richtig gelöster Aufgaben. Eine typische Aufgabenstellung der Problemlösepsychologie dagegen ist zum Beispiel das „Bestrahlungsproblem“, wie es von Duncker (1935/1975) verwendet wurde: „Gesucht wird ein Verfahren, um einen Menschen von einer inoperablen Magengeschwulst zu befreien mithilfe von Strahlen, die bei genügender Intensität organisches Gewebe zerstören – unter Vermeidung einer Mitzerstörung der umliegenden gesunden Körperpartien.“ (S. 1; zit. nach Funke, 2003, S. 50) Eine andere typische Aufgabenstellung, wie sie zum Beispiel von Dörner (1989) verwendet wurde, besteht darin, die Rolle eines Bürgermeisters einzunehmen und – wie bei einem herkömmlichen Planspiel (vgl. Leutner, 1989) – die Geschicke einer computersimulierten Stadt zu steuern. Derartige Aufgabenstellungen, wie sie in der Problemlösepsychologie verwendet werden, sind deutlich komplexer als Intelligenztestaufgaben. Außerdem ist zu ihrer erfolgreichen Bearbeitung ein Mindestmaß an bereichsspezifischem Wissen erforderlich. Hinzu kommen komplexere metakognitiv-strategische Kompetenzen der Planung und Überwachung der

eigenen Vorgehensweise. Andererseits ist aber nicht zu übersehen, dass zumindest teilweise Überlappungen in den Anforderungen beider Aufgabentypen bestehen. Entsprechend kann angenommen werden, dass Intelligenz eine Komponente von Problemlösekompetenz ist, die – je nach Art der Problemstellung – beim Zustandekommen einer angemessenen Problemlösung in individuell unterschiedlichem Ausmaß zum Tragen kommt.

Angesichts der deutlichen Unterschiede und zumindest partiellen Gemeinsamkeiten typischer Intelligenztestaufgaben und klassischer Problemlöseaufgaben erstaunt nicht, dass die Befundlage bezüglich der Korrelation zwischen Intelligenz und Problemlösekompetenz uneinheitlich ist. So machte zum Beispiel Dörner über viele Jahre hinweg (seit Dörner & Kreuzig, 1983) vehement darauf aufmerksam, dass der Problemlöseerfolg in komplexen computersimulierten Planspielen – wenn überhaupt – nur sehr schwach mit Intelligenz korreliert, wie sie mit traditionellen Intelligenztests gemessen wird: Es sind längst nicht die hoch intelligenten Personen, die zum Beispiel in der computersimulierten Stadt „Lohhausen“ als erfolgreiche Bürgermeister in Erscheinung treten. Diese Thematik wurde in der Folge sehr kontrovers diskutiert (vgl. Kröner, 2001; Süß, 1999) und führte zu einer Fülle empirischer Studien mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen: Mal korrelierten die beiden Konstrukte, mal nicht; mal stieg, mal sank die Korrelation, wenn bestimmte Eigenschaften der Problemstellung (z.B. Komplexität, Intransparenz o.Ä.) experimentell reduziert oder erhöht wurden.

Für die uneinheitlichen Forschungsergebnisse zur Rolle der Intelligenz beim Problemlösen lässt sich eine recht einfache Erklärung aufzeigen, die auf Arbeiten von Elshout (1987) und Raaheim (1988) zurückführbar ist und dementsprechend als Elshout-Raaheim-Hypothese bezeichnet werden kann (Leutner, 2002): Intelligenz kommt beim Problemlösen immer genau dann ins Spiel, wenn auf Seiten des Problemlösers ein mittleres Ausmaß an Wissen – nicht zu wenig, aber auch nicht zu viel – vorhanden ist, das zur Lösung eines bestimmten Problems genutzt werden kann. In solch einem Fall korrelieren Intelligenz und Problemlöseerfolg maximal. Ist das nutzbare Wissen sehr gering, hilft auch keine Intelligenz, und ist es sehr hoch, ist Intelligenz nicht mehr erforderlich, da das Problem zu einer einfach zu bewältigenden Aufgabe geworden ist. Diese Hypothese eines umgekehrt u-förmigen Verlaufs der Korrelation zwischen Intelligenz und Problemlöseerfolg mit zunehmendem lösungsrelevantem Wissen konnte in experimentellen Arbeiten bestätigt werden (Leutner, 2002). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass es beim Problemlösen in nicht unerheblichem Ausmaß um die intelligente Anwendung von Wissen geht. Letztendlich erscheint es vor diesem Hintergrund sogar lohnenswert auszuloten, inwieweit komplexere Problemstellungen so gestaltet werden können, dass sie sich zur Intelligenzmessung eignen. Arbeiten von Kröner (2001) zeigen erste ermutigende Ergebnisse.

Die Frage nach dem Zusammenhang von Intelligenz und Problemlösekompetenz lässt sich aber auch umkehren, wenn man Intelligenz anders konzeptualisiert. Bei den bisherigen Überlegungen stand die mit herkömmlichen Intelligenztests erfasste Intelligenz im Fokus der Aufmerksamkeit, und es gibt gute, empirisch gestützte Argumente,

die auf diese Weise operationalisierte Intelligenz als Komponente von Problemlösekompetenz zu betrachten. Anders sieht es aus, wenn man Intelligenz – wie in der gegenwärtigen amerikanischen Diskussion – deutlich weiter fasst. So vertreten zum Beispiel Sternberg und Kaufman (1998) ein Konzept von Intelligenz, bei dem Problemlösekompetenz eher als Komponente von Intelligenz in Erscheinung tritt bzw. Intelligenz nahezu gleichzusetzen ist mit Problemlösekompetenz. Sie unterscheiden (vgl. Klieme u.a., 2001) drei Komponenten der Intelligenz: (a) analytische Fähigkeiten wie zum Beispiel „identifying the existence of a problem, defining the nature of a problem, setting up a strategy for solving the problem, and monitoring one's solution process“, (b) kreative Fähigkeiten, „required to generate problem-solving options“, und (c) praktische Fähigkeiten, die benötigt werden, um Problemlösungen in realen Kontexten anzuwenden. Diese Konzeption von Intelligenz entspricht weitgehend dem, was bei PISA unter Problemlösekompetenz verstanden wird und sich in der Beschreibung der beim Problemlösen erforderlichen kognitiven Prozesse wieder findet.

Neben der Frage nach der Abgrenzung von Intelligenz und Problemlösekompetenz interessiert – insbesondere auch vor dem Hintergrund der Elshout-Raaheim-Hypothese – die Frage danach, inwieweit sich fächerübergreifende Problemlösekompetenz überhaupt von fachbezogenen Kompetenzen abgrenzen lässt. Rein definitorisch dürfte dies unschwer möglich sein, wenn man Problemlösekompetenz bei PISA über solche Testaufgaben definiert, bei denen „die zur Lösung nutzbaren Wissensbereiche nicht einem einzelnen Fachgebiet der Mathematik, der Naturwissenschaften oder des Lesens entstammen“ (OECD, 2003, S. 156; zit. nach Leutner u.a., 2004, S. 148). Andererseits stellen aber auch die bei PISA verwendeten Lese-, Mathematik- und Naturwissenschaftsaufgaben fachliche Anforderungen, die sich – je nach fachlichem Wissensstand – dem Schüler oder der Schülerin als Problem darstellen und die Nutzung solcher universell einsetzbarer Problemlösestrategien erforderlich machen, die in gleicher Weise auch bei der Bearbeitung fächerübergreifender Problemstellungen zum Einsatz kommen. Insofern ist es aus psychologischer Sicht eine offene Frage, ob sich Problemlösekompetenz empirisch hinreichend gut abgrenzen lässt, und zwar einerseits von Intelligenz und andererseits von fachlicher Kompetenz.

## 1.5 Analytische und dynamische Aspekte des Problemlösens

Die bei PISA zu Grunde gelegte Definition von Problemlösekompetenz als „Fähigkeit einer Person, kognitive Prozesse zu nutzen, um sich mit solchen realen, fachübergreifenden Problemstellungen auseinanderzusetzen und sie zu lösen, bei denen der Lösungsweg nicht unmittelbar erkennbar ist und die zur Lösung nutzbaren Wissensbereiche nicht einem einzelnen Fachgebiet der Mathematik, der Naturwissenschaften oder des Lesens entstammen“ (OECD, 2003, S. 156; zit. nach Leutner u.a., 2004, S. 148), lässt offen, von welcher Art die einzusetzenden Problemstellungen sein sollen. Es wird lediglich gefordert, dass sie real bzw. zumindest realitätsnah sind und dass der Lösungs-

weg und die nutzbaren Wissensbereiche nicht offensichtlich sind (genau dies definiert ein Problem, und zwar ein fächerübergreifendes Problem). Schaut man in die Problemlösepsychologie, dann findet man eine Vielzahl von Ansätzen, Probleme und Problemstellungen unterschiedlichster Art zu klassifizieren (vgl. Funke, 2003). Das derzeit wohl umfassendste Klassifikationssystem, das anhand einer kognitiven Aufgabenanalyse einer sehr großen Anzahl („mehrere hundert“) von in verschiedenen Kontexten auffindbaren Aufgaben- und Problemstellungen entstanden ist, wurde von Jonassen (2000) vorgeschlagen.

Für den gegenwärtigen Zweck reicht es aus, im Sinne von Klieme u.a. (2001), Klieme (2004) sowie Wirth und Klieme (2003) analytische und dynamische Aspekte des Problemlösens zu unterscheiden und damit zwei Problemtypen zu differenzieren, bei denen das zur Lösung eines Problems erforderliche Wissen aus sehr verschiedenen Quellen geschöpft wird (vgl. auch Leutner u.a., 2004):

- Beim *analytischen* Problemlösen werden die Ausgangslage und die sich daraus ergebende Problemstellung, oft unter Nutzung von Graphiken und Abbildungen, verbal beschrieben, und sowohl die Ausgangslage wie auch die Problemstellung verändern sich in der Regel nicht im Verlauf des Problemlöseprozesses. Alle relevanten Informationen sind von Beginn an entweder explizit gegeben oder können durch schlussfolgerndes Denken abgeleitet werden. Die Hauptanforderung besteht demgemäß in der Analyse gegebener und daraus erschließbarer Informationen sowie im Entwickeln einer Lösung. Dabei ist unter anderem zu klären, was das Problem letztendlich zum Problem macht und welches Wissen für die Lösung des Problems herangezogen werden kann. Wissen ist somit Input des Problemlöseprozesses, und Problemlösen besteht – zumindest zu einem wesentlichen Teil – in der geschickten Anwendung von Wissen. Beispiele für Probleme dieses Typs gibt es zuhauf, zum Beispiel die klassischen Problemstellungen der Problemlösepsychologie wie das von Duncker (1935/1975) verwendete Bestrahlungsproblem, aber auch zahlreiche Aufgabenstellungen, wie sie typischerweise in Schule und Unterricht verwendet werden oder aber auch als so genannte „Denksportaufgaben“ außerhalb von Schule und Unterricht beliebt sind. Charakteristisch für analytisches Problemlösen ist, dass die Ausgangssituation und das Ziel wohldefiniert sind. Sowohl das Entwickeln einer Lösung als auch ihre Bewertung erfolgen auf der Basis von Informationen, die entweder von Beginn an vorgegeben sind oder aus den gegebenen Informationen erschlossen werden können.
- Beim *dynamischen* Problemlösen dagegen sind nicht alle zur Lösung erforderlichen Informationen vorgegeben, und sie lassen sich auch nicht vollständig schlussfolgernd ableiten. Stattdessen muss der Problemlöser in die Problemsituation eingreifen, die daraus resultierenden Situationsveränderungen beobachten und aus den Beobachtungen Schlussfolgerungen ableiten. Auf diese Weise kann er Wissen über Eingriffe und ihre situationsändernden Effekte erwerben, das dann zusammen mit Vorwissen die Grundlage für das Entwickeln und Bewerten von Problemlösungen bildet. Im Vergleich zum analytischen Problemlösen ist Wissen damit nicht nur Input, sondern auch Output des Problemlösens. Typisches alltägliches Beispiel für eine solche Problemstellung ist ein neu erworbenes Mobiltelefon, dessen Funktionen man nutzen

möchte, ohne die Bedienungsanleitung studieren zu wollen, oder der Fahrkartenautomat, an dem man eine Fahrkarte kurzfristig lösen muss, ohne eine Bedienungsanleitung studieren zu können. Derartige dynamische Problemsituationen sind häufig durch Komplexität, also Vernetztheit, Intransparenz und auch Polytelie (vielfache, z.T. konkurrierende Zielvorgaben) gekennzeichnet und – unter der Bezeichnung „Komplexes Problemlösen“ – Gegenstand kognitionspsychologischer Forschung (vgl. Dörner, 1989; Funke, 2003; Frensch & Funke, 1995).

Kompetenz auf dem Gebiet des analytischen Problemlösens lässt sich mit statischen Papier-und-Bleistift-Tests erfassen. Zur Erfassung von Kompetenz auf dem Gebiet des dynamischen Problemlösens sind jedoch zum Beispiel computersimulierte dynamische Systeme erforderlich, wie sie in der Forschung zum komplexen Problemlösen üblich sind (Klieme u.a., 2001; Kröner, 2001; Wirth, 2004; Wirth & Klieme, 2003). Eine noch zu klärende Frage ist allerdings, ob sich die beiden Aspekte des Problemlösens nicht nur konzeptuell, sondern auch empirisch voneinander unterscheiden lassen und welche Rolle sowohl Intelligenz als auch fachliches Wissen bei beiden Aspekten spielen.

## 1.6 Selbstregulation beim dynamischen Problemlösen

Dynamisches Problemlösen bezieht sich auf eine Situation, die ihren Zustand eigendynamisch und/oder als Reaktion auf die Handlungen des Problemlösers kontinuierlich verändert. Durch geschicktes Handeln und geschicktes Beobachten der Wirkungen des eigenen Handelns hat der Problemlöser die Möglichkeit, funktionales Wissen darüber zu erwerben, welche Variablen und Mechanismen die Situation beeinflussen und wie die Situation so gestaltet werden kann, dass sie einen wünschenswerten Zielzustand annimmt. Letztendlich geht es nicht nur um die intelligente Anwendung, sondern vor allem auch um den intelligenten Erwerb von Wissen. Erfolgreiches Problemlösen in einer derartigen dynamischen Problemsituation erfordert somit strategisches, selbstreguliertes und feedback-gesteuertes Lernen oder *Learning by Doing* und damit eine Kompetenz, die insbesondere auch außerhalb von Schule und institutionalisiertem Unterricht von ganz besonderer Bedeutung ist.

Untersuchungen von Kröner (2001) zum Beispiel zeigen, dass es nicht beliebig ist, welche Strategien Problemlöser einsetzen, um herauszufinden, wie ein computersimuliertes dynamisches System funktioniert: Erfolgreiche Problemlöser unterscheiden sich von weniger erfolgreichen Problemlösern dadurch, dass sie beim Explorieren des Systems nicht mehrere Parameter gleichzeitig verändern, sondern nach dem Prinzip der isolierenden Bedingungsvariation vorgehen. Untersuchungen von Wirth (2004) zeigen darüber hinaus, dass erfolgreiche Problemlöser bei der Exploration solcher Systeme neue Informationen zunächst identifizieren, um sie dann möglichst schnell in die sich entwickelnde Wissensstruktur zu integrieren, während weniger erfolgreiche Problemlöser wenig selbstreguliert handeln und Informationen nur dann identifizieren und integrieren, wenn sie ihnen vom System dargeboten werden. Die Auswahl von Strategien des

Wissenserwerbs und die selbstgesteuerte Regulation des Strategieeinsatzes scheinen beim dynamischen Problemlösen eine besondere Rolle zu spielen, was möglicherweise ein konstituierendes Element von Problemlösekompetenz darstellt und bei der Erfassung von Problemlösekompetenz entsprechend nicht vernachlässigt werden sollte. Letztendlich ist dies aber eine Frage, die empirisch zu klären ist.

Festzuhalten ist aber, dass dynamische Problemstellungen in Form computersimulierter dynamischer Systeme mit der Option, Log-Files aufzuzeichnen und auszuwerten, gegenüber analytischen Problemstellungen in Papier-und-Bleistift-Form neue Möglichkeiten eröffnen, nicht nur die *Ergebnisse* von Problemlöse- unter Einschluss von Lernprozessen zu beobachten, sondern darüber hinaus auch ausgewählte Aspekte der Lern- und Problemlöseprozesse selbst mit zu untersuchen.

Eckhard Klieme · Detlev Leutner  
Joachim Wirth (Hrsg.)

# Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern

Diagnostische Ansätze, theoretische  
Grundlagen und empirische Befunde  
der deutschen PISA-2000-Studie



VS VERLAG FÜR SOZIALWISSENSCHAFTEN

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
 Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
 detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Auflage September 2005

Alle Rechte vorbehalten

© VS Verlag für Sozialwissenschaften/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2005

Lektorat: Stefanie Laux

Der VS Verlag für Sozialwissenschaften ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.  
 www.vs-verlag.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg  
 Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin  
 Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier  
 Printed in Germany

ISBN 3-531-14736-6

## Inhalt

<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
Detlev Leutner, Joachim Funke, Eckhard Klieme und Joachim Wirth	
<b>1 Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz</b>	<b>11</b>
1.1 Einleitung: Fächerübergreifende Kompetenzen als Gegenstand von PISA	11
1.2 Der Kompetenzbegriff bei PISA	12
1.3 Problemlösen als Konzept und Forschungsgegenstand der kognitiven Psychologie	13
1.4 Problemlösen als Konzept und Forschungsgegenstand der differenziellen Psychologie	14
1.5 Analytische und dynamische Aspekte des Problemlösens	16
1.6 Selbstregulation beim dynamischen Problemlösen	18
Detlev Leutner, Joachim Wirth, Eckhard Klieme und Joachim Funke	
<b>2 Ansätze zur Operationalisierung und deren Erprobung im Feldtest zu PISA 2000</b>	<b>21</b>
2.1 Einleitung	21
2.2 Operationalisierung von Problemlösekompetenz	22
2.3 Empirische Erprobung im Feldtest	26
2.4 Zusammenfassende Diskussion	36
Eckhard Klieme, Johannes Hartig und Joachim Wirth	
<b>3 Analytisches Problemlösen: Messansatz und Befunde zu Planungsaufgaben</b>	<b>37</b>
3.1 Projektaufgaben: Konzeption und Auswertungsstrategie	39
3.2 Validität und Niveaustufen des analytischen Problemlösens	47
3.3 Analytische Problemlösekompetenz in Abhängigkeit von Schulform, Bundesland und Geschlecht	50
3.4 Fazit	52
Joachim Wirth und Joachim Funke	
<b>4 Dynamisches Problemlösen: Entwicklung und Evaluation eines neuen Messverfahrens zum Steuern komplexer Systeme</b>	<b>55</b>
4.1 Einleitung	55
4.2 Instrument und Leistungsmaße	56