**M07 Hintergrundinformationen zur Unterrichtsplanung mit dem Basismodell „Problemlösen“**

**Lernpsychologische Grundlagen**

„Man kann zwei verschiedene Arten des Problemlösens unterscheiden, das analytische und das dynamische oder explorative Problemlösen (Leutner et al., 2004).

Beim analytischen Problemlösen wird bestehendes Konzept- und Handlungswissen genutzt, um einen Lösungsweg für wohldefinierte Probleme zu finden.

Dynamisches Problemlösen ist dagegen durch das Fehlen von Informationen in der Problemstellung gekennzeichnet (Leutner et al., 2004). Durch das Erschließen der fehlenden Informationen auf Grundlage von Vorwissen und Erfahrung in einem feedbackgesteuerten Prozess wird neues Wissen generiert. Probleme sind somit theoretische oder praktische Aufgabenstellungen, die sowohl als reine Problemlösung (ohne Lernerwartung) als auch als Lernaufgaben gedacht sein können. Im ersten Fall steht die Aneignung von fachlichen Problemlösefähigkeiten als Zweck im Vordergrund. Das neu aufgebaute Wissen wird als Prozess erfahren und in der reflektierenden Arbeitsrückschau in Strategiewissen transformiert. Im zweiten Fall ist das Problem Mittel zum Erwerb von Grundlagenwissen als fachliches Produkt. Hierunter fällt auch das forschend-entwickelnde Lehrverfahren von Schmidtkunz und Lindemann (1976), das als eine Kombination von Problemlösen mit anschließender Konzeptbildung betrachtet werden kann.

In unserer Lehrerfortbildung haben wir als Problemlösekompetenz dagegen das analytische Problemlösen für das Basismodell Problemlösen in den Mittelpunkt gestellt. Problemlöseaufgaben sind nach Dörner (1979) und Smith (1991) durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

* Sie erfordern analytisches Denken und zielgerichtetes Argumentieren im Hinblick auf eine angestrebte Lösung.
* Sie besitzen einen Anfangszustand und einen Endzustand und eine kognitive Barriere, die den Übergang zwischen den Zuständen zunächst verhindert.
* Die Lösung von Problemen verlangt mehr als einfaches Wiedererkennen oder Erinnern einer Abfolge von Handlungsschritten.
* Sie können nicht vollständig durch ein bekanntes oder vorgegebenes Verfahren (algorithmisch) gelöst werden (in Abgrenzung zu Aufgaben, die der Routinebildung dienen).
* Die Lösung eines Problems ist nur auf der Basis eines tieferen Verständnisses des zugrundeliegenden Inhaltsbereichs möglich. Zur weiteren Abgrenzung von einfachen Aufgabenstellungen wird oft noch gefordert, dass eine Problemaufgabe verschiedene Lösungswege ermöglichen sollte.

**Theoretische Grundlagen**: Problemlösetheorien (Dewey, 1910; Duncker, 1935; Wertheimer, 1945; Dörner, 1979; Smith, 1991; Klauser, 1998; Friege, 2001; Leutner et al., 2004).“

**Kompetenzziele im Kontext des Problemlösens**

„Problemlösen als aktive Lernform wird benötigt zur Bearbeitung komplexerer, häufig anwendungsbezogener Aufgaben und Vorhaben. Es dient dazu, die Tragweite und den Nutzen von erworbenen Konzepten auszuloten und die Expertise darin zu steigern. Es greift auf vernetztes Wissen zurück und dient gleichzeitig dazu, vorhandenes Wissen zu vertiefen und weiter zu

vernetzen. Problemlösen setzt wenigstens partiell Faktenwissen und strukturelles Wissen im zu behandelnden Inhaltsbereich voraus.

Durch Problemlösen werden vor allem folgende Prozesskompetenzen der Bildungsstandards gefördert:

* (Herstellen von und) Umgang mit Evidenz (Planen, Untersuchen, Schlussfolgern).
* Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (Reflektieren, Verknüpfen, Anwenden).“

**Einbettung des Basismodells „Problemlösen“ in den Unterricht**

„Von Dewey (1910) stammen die folgenden fünf Phasen eines reflektierenden Denkaktes:



In den ersten Veröffentlichungen zu den Basismodellen (Oser & Patry, 1990) werden diese fünf Schritte im Basismodell Problemlösen aufgegriffen, aber in späteren Veröffentlichungen auf vier Handlungskettenschritte reduziert, indem der erste und zweite Schritt zusammengefasst werden (Oser & Baeriswyl, 2001). Den Autoren scheint dabei eher ein analytisches Problemlösen vorzuschweben, bei dem das Problem wohldefiniert ist und der gewünschte Zielzustand vollständig angegeben werden kann.

Ein solches Problemlösen zielt vor allem auf den Erwerb von prozeduralem Strategiewissen ab. Die Lösung des Problems bringt aber kaum fachlichen Zugewinn (Reinhold, Lind & Friege, 1999).

Beim problembasierten Lernen sollen die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig das Problem lösen. Es findet also im Gegensatz zur Konzeptbildung keine Phase der Belehrung statt, sondern es wird ein selbstständiges Lernen der Schülerinnen und Schüler erwartet.

Problemstellungen können beispielsweise sein:

* offene Experimentieraufgaben,
* Egg-Race-Aufgaben und Optimierungsaufgaben,
* das Herstellen von Geräten mit einer bestimmten gewünschten Funktionsweise (z.B. elektronische Schaltungen, Flugzeuge, Heißluftballons, Raketen, Fernrohre usw.),
* die Entwicklung von Mess- und Untersuchungsverfahren.

Gute Problemlöseaufgaben sind inhaltlich klar und zielbezogen formuliert und knüpfen an Erfahrungen und Vorwissen der Lernenden an. Sie sollten als subjektiv bedeutsam erlebt werden, neugierig machen, Fragen aufwerfen und herausfordernd sein, indem sie nicht nur eine, sondern mehrere richtige Lösungen ermöglichen und Freiräume für alternative Lösungswege anbieten.

Auf der Metakognitionsebene ist es wichtig, dem hohen Grad an Selbstständigkeit und Kooperation der Lernenden durch die Unterstützung von Arbeitsrückschau, Selbstreflexion und Selbstdiagnose Rechnung zu tragen. Es sollte eine Reflexion und Feedback darüber geben, wie z.B. Wissen (ko-)konstruiert, wie zusammengearbeitet und kommuniziert wurde und welche Strategien sich dabei bewährt haben, aber auch welche Schwierigkeiten aufgetaucht und welche Fehler gemacht worden sind (nach Reusser, 2005).

**Handlungskettenschritte**

1. Problem verstehen

Aktionen:

* Die Schüler entdecken ein „Hier-und-Jetzt-Problem“ in ihrem Erfahrungsbereich.
* Die Lehrkraft vermittelt ein Problem, indem sie z.B. Diskrepanzerlebnisse zwischen Erwartung und Erfahrung erzeugt.
* Identifizierung von Gegebenem und Gesuchtem.
* Problempräzisierung: Das Problem wird möglichst exakt formuliert, indem die Ausgangsbedingungen und das anzustrebende Ziel (der Stunde) deutlich gemacht werden; die Mittel (der Lösungsweg) sind unbekannt und werden gesucht.

Folgende Fragen sollte man sich stellen: *Wie kann allen Schülerinnen und Schülern klar werden, was das Problem ist? Wie kann ich mich darüber vergewissern? Wo gilt das neue Konzept eventuell nicht? In welcher Form kann das Problem präsentiert und festgehalten werden (umgangssprachliche oder fachliche Darstellung, Nutzung von Fachtermini und üblichen Idealisierungen, qualitative oder quantitative Darstellung, Skizzen, Graphen, Formeln)? Wie kann das Ziel eindeutig operationalisiert werden, sodass die Zielerreichung überprüft werden kann?*

1. Entwicklung von Lösungswegen

Aktionen:

* Die Schülerinnen und Schüler schlagen (auch von der Lehrperson als unangemessen beurteilte) Lösungswege vor oder stellen Hypothesen, die sie unter Nutzung von Faktenwissen begründen.
* Es werden mehrere unterschiedliche mögliche Lösungswege (Variation) oder Problemlöseschemata einander gegenübergestellt.
* Für die Lösungswege werden charakteristische Merkmale sowie ihre Vor- und Nachteile benannt.
* Es findet ein Vergleich mit vorher gelösten Beispielproblemen oder Problemschemata statt. Bei fehlenden Problemschemata wird nach (fachlichen) Ordnungsmustern gesucht.
* Es findet eine Auswahl aussichtsreicher Lösungswege statt.

Folgende Fragen sollte man sich stellen: *Gibt es unterschiedliche Lösungswege für das Problem? Welche Lösungswege können die Schülerinnen und Schüler mit ihrem Wissen vorschlagen? Besteht eine Ambivalenz zwischen den Lösungswegen oder kann man unmittelbar erkennen, welcher Lösungsweg der Beste ist?* *Nach welchen Kriterien kann man die Lösungswege unterscheiden und sortieren? Welche Lösungswege sollen exemplarisch zum Testen ausgewählt werden? Ist eine Zwischensicherung der Lösungswege erforderlich?*

1. Testen von Lösungswegen

Aktionen:

* Durcharbeiten der vorgeschlagenen Lösungswege. Dabei werden eventuell weitere untergeordnete Probleme (Erkennen und Beschaffen fehlender Informationen) bearbeitet.
* Wenn kein zielführender Lösungsweg formuliert werden konnte, besteht die Möglichkeit mittels Trial-und-Error Lösungswege zu explorieren.
* Die Ergebnisse verschiedener Lösungswege werden für den anschließenden Vergleich dokumentiert und für die Präsentation vorbereitet.

Folgende Fragen sollte man sich stellen: *Soll jede Gruppe einen oder mehrere Lösungswege erproben? Werden ausgewählte Lösungswege auf (mehrere) Gruppen verteilt oder soll jede Gruppe ihren eigenen Lösungsweg weiterverfolgen? Welche Hilfen für die Umsetzung der Lösungswege müssen gegeben werden? Welcher experimentelle Aufbau bzw. welches experimentelle Design (Kontrollansatz) ist notwendig, um den Lösungserfolg feststellen zu können und einen Vergleich der Lösungswege zu begünstigen? Welches Material muss vorgehalten werden? Welche Probleme bei der Auswertung und Darstellung können entstehen?*

1. Evaluation und Anwendung der Lösungswege

Aktionen:

* Vergleichende Präsentation verschiedener Lösungswege und abwägende Beurteilung
* Ziel- oder Funktionskontrollen, Kontrolle der Einheiten und Größenordnungen, Plausibilität oder Widersprüche zu Fakten, Grenzfallbetrachtungen; bei Misserfolg eines Lösungsansatzes prüfen, woran es gelegen haben könnte (z.B. unzureichende Problempräzisierung usw.)
* Abstrakte Verallgemeinerung des Lösungswegs als Problemlöseschema; die Übertragbarkeit oder Verallgemeinerbarkeit des gewählten Lösungsweges wird analysiert.
* Bewusstmachen von Problemlösestrategien; Erkennen von Problemklassen, in denen ein solches Schema angewendet werden kann; Vergleich und Abgrenzung von bestehenden Schemata.
* Anwendung des Lösungswegs auf neue Probleme des gleichen Typs.

Folgende Fragen sollte man sich stellen*: In welcher Form können die Schülerinnen und Schüler Ihre Lösungen für das Problem präsentieren? Wie lassen sich die Schülerlösungen vergleichen und einordnen? Was an der erfolgreichen Problemlösung ist übertragbar? Welche vergleichbaren Problemstellungen gibt es? Wie kann das Problemlöseschema dokumentiert und gesichert werden?*

**Bemerkungen**

Das Basismodell Problemlösen bereitete den Lehrkräften in der Fortbildung die größten Schwierigkeiten bei der Umsetzung. Es fiel ihnen schwer, geeignete Problemstellungen zu finden. Vielfach wurde der zweite Handlungskettenschritt nicht explizit durchgeführt. Dem lag das Verständnis zugrunde, dass die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig zur Problemlösung kommen sollten. Dadurch wurden aber die erforderlichen Problemlösekompetenzen bereits vorausgesetzt.

Ziel des Basismodells Problemlösen ist aber der angeleitete Erwerb der Problemlösekompetenzen. Hierfür erscheint es unbedingt erforderlich, sich über mögliche Lösungswege auszutauschen, bevor diese durchgeführt werden. Schwächeren Schülergruppen, die zu keinen eigenständigen Lösungsideen gelangen konnten, wird erst durch diese Phase die Möglichkeit gegeben, einen sinnvollen Lösungsweg auszuprobieren. Die wechselseitige Befruchtung führt auch zu besseren Lösungsergebnissen. Außerdem zeigte es sich, dass die Charakterisierung der verschiedenen Lösungswege bereits im zweiten Handlungskettenschritt stattfinden sollte. Dadurch wird von Anfang an der Fokus stärker auf den Lösungsprozess und weniger auf das Lösungsprodukt gelegt.

Andernfalls geben sich die Schülerinnen und Schüler im letzten Handlungskettenschritt schnell mit der erfolgreichen Lösung des Problems zufrieden und zeigen wenig Bereitschaft, ihr strategisches Vorgehen zu reflektieren. Aber auch für die Lehrkräfte war es schwierig und ungewohnt, statt der Lösung das Lösungsverhalten auf der Metaebene zu reflektieren.

Das Basismodell Problemlösen nimmt nur einen geringen Anteil von um die 5% bis 10% im regulären deutschen Physikunterricht ein. Zumeist wird es nur wie beim forschend-entwickelnden Unterricht von Schmidtkunz und Lindemann (1976) verkürzt als Problemaufriss in das Basismodell Konzeptbildung eingebettet (Geller, Neumann & Fischer, 2014). Ein solcher problembasierter Unterricht trägt aber gar nicht oder sogar negativ zum Erwerb deklarativen Wissens bei (Reyer, 2004; Geller, 2014). Das könnte an der unvollständigen Umsetzung des Basismodells liegen. Vor allem der zweite Handlungskettenschritt (Entwickeln von Lösungswegen), der häufig nicht ausreichend umgesetzt wird, ist bedeutsam für den Erwerb von deklarativem Wissen (Vollmeyer & Funke, 1999).

Dagegen scheint es durchaus positive Wirkungen auf das prozedurale Wissen zu geben (Gruehn, 2000; Hattie, 2008). In unserer Fortbildung wurde daher anstelle des Erwerbs von fachlichem Wissen die Förderung von strategischem Wissen zum Problemlösen in den Mittelpunkt gestellt. Hierfür wird das fachliche Wissen bereits vorausgesetzt.

Maynes (2012) weist darauf hin, dass ein solches Problemlösen zur Ausgestaltung der Anwendungsphase bei der direkten Instruktion bzw. dem aktiven Umgang im Basismodell Konzeptbildung geeignet ist. Wir haben in der Fortbildung empfohlen, die beiden Basismodelle, nicht zu verschachteln, sondern nacheinander zu durchlaufen. Erstens ist sonst nicht klar, ob die Sicherung des fachlichen Konzeptwissens oder des strategischen Problemlösewissens das Ziel ist, und zweitens sollte zunächst das Konzept durch Aufgaben gefestigt werden, die ähnlich zum Prototyp sind, bevor es durch eine komplexe Aufgabenstellung herausgefordert wird.“

Quelle: Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H.E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht*. *Materialien zur Lehrerfortbildung.* Münster: Waxmann, S. 55-59.

**Literaturangaben**

Dewey, J. (1910/2002). *Wie wir denken*. Mit einem Nachwort. Neu hrsg. von Rebekka Horlacher. Zürich: Pestalozzianum.

Dörner, D. (1979). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.

Duncker, K. (1935/1974). *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer

Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen*. Berlin: Logos Verlag.

Geller, C. (2014). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb – eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz.* Dissertation Universität Duisburg-Essen.

Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung.* Münster: Waxmann.

Hattie, J. A. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement.* New York: Routledge.Klauser, F. (1998). Problem-Based Learning. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1 (2), 273–293

Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K. & Wirth, J. (2004). Die Problemlösekompetenz in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), PISA 2003. *Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland – Was wissen und können Jugendliche?* (S. 125–146), Münster: Waxmann.

Maynes, N. (2012). Examining a False Dichotomy: The role of Direct Instruction and Problem-Solving Approaches in Today’s Classrooms. *International Journal of Business and Social Science*, 3 (8), 40–46.

Oser, F.K. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction of Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (4. Aufl., S. 1031–1065). Washington: American Educational Research Association.

Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23 (2), 159–182.

Schmidtkunz, H. & Lindemann, H. (1976). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren.* München: List Verlag

Smith, M.U. (1991). *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains.* Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates.

Vollmeyer, R. & Funke, J. (1999). Personen- und Aufgabenmerkmale beim komplexen Problemlösen. *Psychologische Rundschau*, 50 (4), 213–219.

Wertheimer, M. (1945/1964*). Produktives Denken*. Frankfurt/Main: Kramer.