

Martina Brandenburger¹
 Silke Mikelskis-Seifert¹
 Peter Labudde²

¹Pädagogische Hochschule Freiburg
²Pädagogische Hochschule Fachhochschule
 Nordwestschweiz

Wie kann Problemlösen kohärent gefördert werden?

Motivation. Problemlösen ist eine wesentliche Voraussetzung für das Handeln in allen Bereichen des Lebens: In einfachen Alltagssituationen, bei (natur-) wissenschaftlichen Fragestellungen oder bei komplexeren gesellschaftlich relevanten Problemen spielt das Lösen von Problemen eine Rolle. Im Rahmen der Lehrerprofessionalisierungsforschung ist das Problemlösen innerhalb der Förderung der fachbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften zu verorten (vgl. Riese, 2009 in Anlehnung an Baumert / Kunter, 2006 und Blömeke et al., 2008). Von angehenden Lehrkräften ist zu erwarten, dass sie selbst erfolgreich Probleme lösen, um dies den Schülern später vermitteln zu können. Die täglichen Erfahrungen des Lehrbetriebs an Hochschulen machen jedoch deutlich, dass Teile der Lehramtsstudierenden große Schwierigkeiten haben, Probleme erfolgreich zu bearbeiten.

Die Diskrepanz zwischen der Wichtigkeit des erfolgreichen Problemlösens und den Schwierigkeiten, die Studierende haben, ist der Ausgangspunkt für die Forschungsfragen: Was unterscheidet „gute“ von „schlechten“ Problemlösern und wie können angehende Lehrkräfte angemessen und kohärent gefördert werden?

Was ist ein Problem? „Probleme“ sind alle Anforderungen, die das Analysieren und Schlussfolgern auf ein Ziel (oder eine „Lösung“) hin benötigen und Verständnis des bearbeiteten Themenbereichs voraussetzen (vgl. Smith, 1991).

Beispielproblem „Sprung an ein Seil“: Ein Student der Masse 75kg läuft mit einer Geschwindigkeit von 5m/s, greift ein an einem Baum herunterhängendes 2,5m langes Seil und schwingt sich hinaus über einen See. Er lässt das Seil los, wenn seine Geschwindigkeit 0m/s beträgt. Wie groß ist der Winkel zur senkrechten Ausgangsposition des Seils, wenn er das Seil loslässt (vgl. Giancoli, 2006)? Beim oben vorgestellten Problem handelt es sich um ein typisches „Lehrbuchproblem“. Solche Arten von Problemen stellen den Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit dar.

Bekannte Einflussfaktoren auf das Problemlösen. Aus der Forschung zum Problemlösen ist vor allem die Bedeutung des domänenspezifischen Fachwissens bekannt (vgl. z.B. Smith, 1991; Friege, 2001). Aber auch kognitiv-emotionale Aspekte, wie z.B. das Selbstkonzept beeinflussen, wie gut Probleme gelöst werden können (vgl. z.B. Jonassen, 2000; Laukenmann et al., 2000). Von den genannten Einflussfaktoren spielt aus der Perspektive der Hochschullehre vor allem das Fachwissen eine große Rolle. Die übrigen Einflussfaktoren sind, auch aus dem Grund, dass das Problemlösen einen übergeordneten Charakter besitzt (vgl. z.B. auch Klieme et al., 2001), nicht an eine konkrete Veranstaltung gebunden. Somit wird die Notwendigkeit einer (horizontal) kohärenten Lehre deutlich, die beispielsweise das Selbstkonzept oder die Erfahrung der Studierenden über unterschiedliche Lehrveranstaltungen hinweg fördert.

Empirische Untersuchung. Mit Hilfe einer empirischen Untersuchung wurde dazu beigetragen, bereits bekannte Erkenntnisse aus der traditionsreichen Forschung zum Problemlösen zu bestätigen, zu quantifizieren und zueinander in Beziehung zu setzen. Es werden sowohl quantitative als auch qualitative Eigenschaften „guter“ und „schlechter“ Problemlöser herausgearbeitet, die als Grundlage zur gezielten und lehrveranstaltungsübergreifenden Förderung innerhalb der Lehramtsausbildung herangezogen werden können.

Der Erfolg beim Problemlösen wird mit einem speziellen Testheft-Design erhoben, das die Phasen des Problemlösens (vgl. Wissenszentriertes Problemlösen nach Friege, 2001) getrennt voneinander erhebt. Für den Problemlösetest wurden vier Probleme ausgewählt, die über die vier Phasen des Problemlösens (mit Überlappungen) durchrotiert werden, sodass insgesamt zwölf unterschiedliche Items zur Bearbeitung zur Verfügung stehen. Des Weiteren werden erhoben: Angaben zur Person (z.B. Abiturnote, Erfahrung), Likert-Skalen zum Selbstkonzept und Interesse, Rasch-homogene Fachwissenstests zur Mathematik und zur Mechanik. Die Testzeit beträgt 90 Minuten. Die Instrumente und Ergebnisse sind in Brandenburger (2016) vollständig veröffentlicht.

Ergebnisse

Zum Selbstkonzept. Das Selbstkonzept wurde durch Skalen aufgeteilt nach den verschiedenen Phasen des Problemlösens erhoben ($.71 < \alpha < .87$). Die Studierenden schätzen sich grundsätzlich positiv ein. Eine Latente Klassenanalyse konnte zeigen, dass sich Gruppen von Studierenden mit ähnlichem Selbstkonzept über die Skalen hinweg finden lassen. Entsprechend wird für die weitere Auswertung der Mittelwert der Skalen zur Charakterisierung des Selbstkonzepts verwendet.

Skala	<i>M</i>	<i>SD</i>
SK Physik	2.86	0.53
SK Mathe	2.94	0.56
SK Problemlösen	2.70	0.50
SK Repräsentation	2.77	0.52
SK Lösungsweg	2.62	0.53
SK Lösung	3.18	0.47
SK Nachvollziehen	3.14	0.55

N = 128, Likert-Skalen von 1 bis 4

Tabelle 1 Skalen zum Selbstkonzept

Zum Problemlösen. Zum Vergleich von weniger erfolgreichen Problemlösern mit erfolgreicheren (Experten-Novizen-Vergleich) wurde aus der Rasch-Modellierung des Problemlösetests ein Kompetenzmodell entwickelt, das drei Stufen der Problemlösefähigkeit identifiziert. Die Stufen unterscheiden sich in quantitativer („Probleme immer besser lösen können“) und in qualitativer Hinsicht („andere Arten von Problemen lösen können“) voneinander.

Um einen Eindruck davon zu bekommen, ob die oben genannten Faktoren einen Einfluss auf den Erfolg beim Problemlösen haben, wurden die Mittelwerte der Probanden in den drei Stufen des Problemlösens zusammen in nebenstehenden Diagramm (Abb. 1) dargestellt. Es zeigt sich, dass erfolgreiche Problemlöser auf Stufe 3 in allen Bereichen überdurchschnittliche Werte erreichen. Bei den Personen aus Stufe 2 kann ein ähnliches Bild, nur etwas weniger ausgeprägt, beobachtet werden. Interessant sind die Ergebnisse der Studierenden aus Stufe 1, die Probleme nur ansatzweise lösen können. Diese zeigen zwar ähnliche Abiturnoten (in der Graphik umgepolt), besitzen jedoch ein wesentlich geringeres Selbstkonzept und weniger Fachwissen in Mathematik und Mechanik. Die Unterschiede zwischen guten und schlechten Problemlösern stehen im Einklang mit den Erwartungen aus den theoretischen Überlegungen. Es wird vor allem die Bedeutung des vorhandenen Fachwissens in Mechanik deutlich.

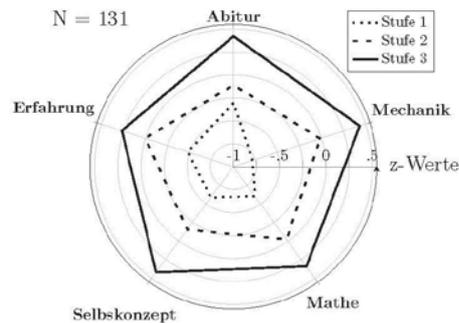


Abb. 1 Unterschiede Stufen Problemlösen

Bei den Personen aus Stufe 2 kann ein ähnliches Bild, nur etwas weniger ausgeprägt, beobachtet werden. Interessant sind die Ergebnisse der Studierenden aus Stufe 1, die Probleme nur ansatzweise lösen können. Diese zeigen zwar ähnliche Abiturnoten (in der Graphik umgepolt), besitzen jedoch ein wesentlich geringeres Selbstkonzept und weniger Fachwissen in Mathematik und Mechanik. Die Unterschiede zwischen guten und schlechten Problemlösern stehen im Einklang mit den Erwartungen aus den theoretischen Überlegungen. Es wird vor allem die Bedeutung des vorhandenen Fachwissens in Mechanik deutlich.

Ansatzpunkte für eine kohärente Förderung? Die erhobenen Einflussfaktoren (Selbstkonzept, Fachwissen Mechanik, Fachwissen Mathe, Erfahrung beim Problemlösen, Abiturnote) korrelieren alle mit dem Erfolg beim Problemlösen. Es ist nicht davon auszugehen, dass alle erhobenen Prädiktorvariablen direkt mit dem Erfolg beim Problemlösen in Beziehung stehen, sondern dass die Korrelationen über indirekte Effekte entstehen. Um indirekte Effekte

aufzudecken, wurden Mediationsanalysen durchgeführt. Bei der Abiturnote, bei der Erfahrung beim Problemlösen und beim Fachwissen in Mathematik zeigt sich, dass die Variablen nur indirekt über das Fachwissen in Mechanik wirken und in der Gegenwart des Physikwissens ihren signifikanten Einfluss auf die erreichte Punktzahl beim Problemlösen verlieren. Lediglich das Selbstkonzept behält einen „eigenen“ Einfluss. Beim direkten Einfluss zeigt das Selbstkonzept einen ähnlich großen Effekt wie das Physikwissen ($r = .42$). Dieser Effekt wird abgeschwächt, dass das Selbstkonzept auch einen Einfluss auf das Physikwissen bzw. umgekehrt das Physikwissen einen Einfluss auf das Selbstkonzept hat. Wird das Fachwissen in Mechanik als Prädiktor in die Regression des Erfolgs beim Problemlösen aufgenommen, wird der Zusammenhang zwischen dem Selbstkonzept und dem Erfolg beim Problemlösen abgeschwächt ($b_{SK} = 4.77$, $p = .017$, $b_{FWMech} = 0.20$, $p = .001$, $R^2 = .24$). Die Abschwächung und damit der indirekte Effekt ist signifikant ($\beta = 0.17$, 95%KI [0.08; 0.28]) bei mittlerem Effekt ($\kappa^2 = 0.16$, 95%KI [0.08; 0.29] Sobel $p = .001$). Das Selbstkonzept bleibt als Prädiktor auch unter der Einbeziehung des Fachwissens Mechanik bedeutsam für die Vorhersage des Erfolgs beim Problemlösen, weshalb das Selbstkonzept und das Fachwissen Mechanik im Rahmen einer linearen Regression als Einflussfaktoren untersucht werden.

Wie im oberen Abschnitt dargelegt, wird der Erfolg beim Problemlösen lediglich von zwei Variablen, dem Fachwissen in Mechanik und dem Selbstkonzept, direkt beeinflusst. Zur Absicherung des Zusammenhangs wird mit diesen beiden Größen als unabhängige Variablen eine lineare Regression auf die erreichten Punkte beim Problemlösetest als abhängige Variable durchgeführt. Um zu prüfen, ob der Einschluss des Selbstkonzepts in die Regression zu einer signifikante Verbesserung des Modells führt, wurden zwei hierarchisch aufeinander aufbauende Regressionen berechnet. Die Modellparameter finden sich in neben stehender Tabelle. Modell 1 enthält das Fachwissen in Mechanik als einzigen Prädiktor. Das Modell erklärt 21% der vorhandenen Varianz (mittlerer Effekt). Durch die Aufnahmen des Selbstkonzepts in Modell 2 erhöht sich die Varianzerklärung auf 25% ($F(1,125) = 6.6$ signifikante Erhöhung mit $p = .012$), was einem mittlerem bis großem Effekt entspricht. Zum Vergleich des Einflusses der beiden Variablen werden die standardisierten Regressionskoeffizienten β verglichen. β_{FWMech} ist 0.33 und somit etwas höher als β_{SK} mit 0.23; der Einfluss des Fachwissens ist größer als der des Selbstkonzepts.

Modell 1	<i>b</i>	<i>SE b</i>	β	<i>p</i>
Konstante	2.58	0.42		.001
95% KI	[1.77; 3.41]			
FW Mechanik	0.27	0.05	0.45	.001
95% KI	[0.18; 0.37]			
$R^2 = .21$; $F(1, 126) = 32.4$; $p = .000$				
Modell 2	<i>b</i>	<i>SE b</i>	β	<i>p</i>
Konstante	-0.56	1.30		.661
95% KI	[-2.99; 2.03]			
FW Mechanik	0.20	0.05	0.33	.001
95% KI	[0.09; 0.31]			
Selbstkonzept	1.28	0.51	0.23	.017
95% KI	[0.23; 2.23]			
$R^2 = .25$; $F(1, 125) = 20.2$; $p = .000$				
$N = 128$				

Tabelle 2 Lineare Regression

die Varianzerklärung auf 25% ($F(1,125) = 6.6$ signifikante Erhöhung mit $p = .012$), was einem mittlerem bis großem Effekt entspricht. Zum Vergleich des Einflusses der beiden Variablen werden die standardisierten Regressionskoeffizienten β verglichen. β_{FWMech} ist 0.33 und somit etwas höher als β_{SK} mit 0.23; der Einfluss des Fachwissens ist größer als der des Selbstkonzepts.

Abschluss. Die vorgestellten Ergebnisse zur Unterscheidung von „guten“ und „schlechten“ Problemlösern unterstreichen die Bedeutung des Fachwissens für erfolgreiches Problemlösen. Des Weiteren konnte das (problemlösebezogene) Selbstkonzept der Studierenden als unabhängiger Faktor identifiziert werden. Aus der Perspektive einer kohärenten Lehre bietet sich entsprechend die Förderung des Selbstkonzeptes über mehrere Lehrveranstaltungen hinweg an, um Studierende in der Ausbildung zu unterstützen. Auch bedarf es einer lehramtsübergreifenden Entwicklung der Problemlösefähigkeit bei Studierenden.

Literatur

- Brandenburger, M. (2016): Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. Berlin: Logos-Verlag.
- Blömeke, S.; Kaiser, G.; Lehmann, R. (Hg.) (2008): Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare; erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. Münster [u.a.]: Waxmann.
- Brunner, M.; Kunter, M.; Krauss, S.; Klusmann, U.; Baumert, J.; Blum, W. et al. (2006): Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COAKTIV Projekts. In: Prenzel, M. Allolio-Näcke, L. (Hg.): Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster [u.a.]: Waxmann, S. 54–82.
- 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.
- Giancoli, D. C. (2006): Physik. 3. Aufl. München [u.a.]: Pearson Studium.
- Jonassen, D. H. (2000): Toward a design theory of problem solving. In: ETR&D 48 (4), S. 63–85.
- Klieme, E.; Funke, J.; Leutner, D.; Reimann, P.; Wirth, J. (2001): Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz? Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. In: Zeitschrift für Pädagogik 47, S. 179–200.
- Laukenmann, M.; Bleicher, M.; Fuß, S.; Gläser-Zikuda, M.; Mayring, P.; von Rhöneck C. (2000): Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6, S. 139–155.
- Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos-Verlag.
- Smith, M. U. (1991): A View from Biology. In: Smith, M. U. (Hg.): Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, S. 1–19.