

Martina Brandenburger<sup>1</sup>  
 Silke Mikelskis-Seifert<sup>1</sup>  
 Peter Labudde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Freiburg  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Fachhochschule  
 Nordwestschweiz

## **Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen von Studierenden**

Im Rahmen eines Dissertationsvorhabens wird untersucht, welche Faktoren den Erfolg beim Problemlösen beeinflussen und wie groß ein solcher Einfluss jeweils ist. Eine Motivation für die Untersuchung dieses Zusammenhangs bildet der Fakt, dass sowohl im schulischen, als auch universitären Kontext Probleme (z. B. in Form von Übungsaufgaben oder von Aufgaben zur Leistungskontrolle) eine große Rolle spielen (vgl. Fischer & Draxler, 2001; Kühn, 2011). Um zur Klärung der Frage, was „gute“ und „schlechte“ Problemlöser voneinander unterscheidet, beizutragen, werden mehrere Forschungsfragen untersucht, von denen die folgenden im Rahmen dieses Artikels relevant sind: (F1a) Wie kann die Fähigkeit zum Problemlösen in der Physik differenziert gemessen werden? (F1b) Welche Leistungen zeigen Studierende bei Aufgaben zum Problemlösen? (F2) Mit welchen (personenbezogenen) Faktoren hängt der Erfolg beim Problemlösen zusammen und wie groß ist jeweils der Einfluss?

### **Messung des Erfolgs beim Problemlösen**

Zur Untersuchung der ersten Forschungsfrage wurde ein Problemlösetest entwickelt, der an das Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001) angelehnt ist. Die Bearbeitung von wissenszentrierten Problemen erfolgt formal nach vier Phasen (Repräsentation, Lösungsweg finden, Lösung, Evaluation – letztere wird ersetzt durch das Nachvollziehen von Lösungen; ausführlich s.h. z.B. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2013), die unterschiedliche Anforderungen an den Bearbeitenden stellen. Deshalb erschien es nicht angemessen, die Fähigkeit zum Problemlösen lediglich über die Betrachtung vollständiger Problemlöseprozesse zu untersuchen. Scheitert ein Student nämlich bereits bei der Repräsentation, können die weiteren Schritte nicht beobachtet werden, auch wenn der Student diese, mit Hilfe von Hinweisen, vielleicht korrekt durchführen könnte. Es wurde ein Papier-und-Bleistift-Test entwickelt, der die zur Bearbeitung einer Phase des Problemlösens benötigten vorangegangenen Phasen vorgibt. Soll beispielsweise eine Lösung durchgeführt werden, so sind Repräsentation und Lösungsweg angegeben. Es wurden für die Untersuchung vier Probleme so vorbereitet, dass sich zwölf Items für den Problemlösetest ergeben. Die Probleme stammen aus den Bereichen „Energie“ und „Kinematik“ im Rahmen der Mechanik und wurden, wie in der Forschung zum Problemlösen üblich (vgl. Reinhold et al., 1999), teilweise aus Physiklehrbüchern übernommen.

### **Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen**

Zur Auswahl der zu messenden Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen werden Ergebnisse aus der Expertiseforschung und der Forschung zum Problemlösen zusammengeführt (z.B. Smith, 1991; Laukenmann et al., 2000; Friege, 2001). Es werden diejenigen Faktoren berücksichtigt, von denen ein großer Einfluss zu erwarten ist, die stabil sind und sich mit einem Papier-und-Bleistift-Test gut erfassen lassen. Bei den einbezogenen Faktoren handelt es sich um das Fachwissen (einerseits in Physik und andererseits in Mathematik), die Erfahrung beim Problemlösen, das Selbstkonzept in Bezug auf das Problemlösen und das Interesse in Form der Beliebtheit von physikbezogenen Tätigkeiten.

### **Design der Studie**

Um der Komplexität des Problemlösens mit einer größeren Variation von Aufgaben, bei gleichzeitiger angemessener Anzahl von Aufgaben pro Testheft, gerecht werden zu können, wurde ein spezielles Design verwendet. Jedes der vier Testheft besteht aus fünf Teilen: An-

gaben zur Person (z.B. Abiturnote), Problemlösetest, Likert-Skalen zum Selbstkonzept und Interesse (s.h. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2013), Rasch-homogene Fachwissens-tests zur Mathematik (s.h. Brandenburger et al., 2014) und zur Mechanik. Die vier Probleme des Problemlösetests werden über die vier Phasen (mit Überlappungen) durchrotiert, sodass insgesamt 12 unterschiedliche Items bearbeitet werden. Die Testzeit beträgt 90 Minuten.

### Rasch-Modell des Problemlösetests

Für den vorgestellten Problemlösetest wurde zur Auswertung ein eindimensionales Rasch-Modell mit Partial-Credit gewählt, das, wie  $\chi^2$ -Tests zeigen, die Daten im Vergleich zu mehrdimensionalen Modellen am besten abbildet. Die Berechnung erfolgte mit conquest. Es wurden die oben genannten zwölf Items des Problemlösetests mit jeweils zwei Schwellen einbezogen. Die Kodierung der Antworten ist entsprechend 0 (nicht gelöst), 1 (teilweise richtig gelöst / Ansatz), 2 (komplett richtig gelöst / vollständig). Diese Kodierung entspricht gleichzeitig der Bepunktung der Items, demzufolge können pro Testheft maximal 8 Punkte (je zwei pro Phase) erreicht werden. Der Datensatz beinhaltet 279 Studierende aus verschiedenen Studienrichtungen der Physik (Lehramt, Nebenfach, Fach). Der Problemlösetest ist Rasch-homogen (Kriterien vgl. Adams & Wu, 2002); die wMNSQ liegen zwischen 0.80 und 1.20, es findet keine Überschreitung des kritischen t-Werts statt und die klassische Trennschärfe aller Items liegt zwischen 0.57 und 0.74. Die Personenwerte haben ihren Mittelwert bei 0.04 (SD = 0.81). Die Schwierigkeit des Tests kann somit als passend angesehen werden. Ordnet man die Items der Schwierigkeit nach an, ergibt sich das in

Abb. 1 dargestellte Schwierigkeitsprofil. Für eine Komplexitätsreduzierung zur ersten Interpretation der Daten werden Gruppen von Items („Stufen“) gebildet, die von der Schwierigkeit her vergleichbar sind und ähnliche Anforderungen an den Bearbeitenden stellen. Aus statistischer Sicht sind hierbei

besonders „Sprünge“ in der Itemschwierigkeit interessant. Über diese statistische Betrachtung hinaus, lässt sich die Anordnung der Items auch aus inhaltlichen Gründen erklären. Insbesondere der Bereich der Items (Energie oder Kinematik) scheint einen großen Einfluss auf die Schwierigkeit zu haben. Um dies graphisch darzustellen, wurden für die Items aus dem Bereich „Energie“ als Kreuze dargestellt, die Items aus dem Bereich „Kinematik“ als Kreise (jeweils noch mit der Abstufung hell und dunkel für die Schwellen „Ansatz“ und „vollständig“). Es lässt sich so erkennen, dass sich die Items aus dem Bereich „Energie“ tendenziell weiter links anordnen, also einfacher sind, wohingegen die Items zur „Kinematik“ schwieriger und somit weiter rechts im Schwierigkeitsprofil zu finden sind. Zusammengefasst können Personen, die einen Personenwert innerhalb einer der gefundenen Stufen besitzen, folgende Anforderungen erfüllen: *Stufe 1*: Die Bearbeitenden können Ansätze in einfacheren Bereichen (Energie) erarbeiten. (2.0/8.0 Punkten; 22% der Population). *Stufe 2*: Die Bearbeitenden können Probleme in einfacheren Bereichen (Energie) vollständig bearbeiten und in schwierigeren Bereichen (Kinematik) Ansätze finden (4.0/8.0 Punkten; 46% der Population). *Stufe 3*: Die Bearbeitenden können auch Probleme aus schwierigeren Bereichen (Kinematik) vollständig bearbeiten (5.8/8.0 Punkten; 32% der Population).

### Ergebnisse

Für eine erste Auswertung wurden Gruppenvergleiche der erreichten Punkte (von maximal 8 Punkten) durchgeführt. Es ergibt sich ein Unterschied zwischen Frauen ( $M = 3.46$ ,

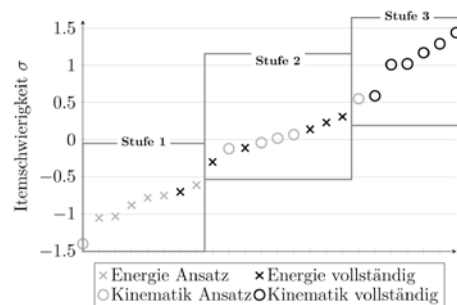


Abb. 1: Schwierigkeitsprofil

SD = 2.23) und Männern ( $M = 4,62$ ,  $SD = 2,01$ ). Diese Differenz von  $-1,16$ , 95% KI  $[-1,68, -0,61]$  ist signifikant ( $t(277) = -4,56$ ,  $p = .000$  bei mittlerem Effekt  $d = 0,52$ ). Es bleibt anzumerken, dass für diesen Vergleich jedoch keine Kovariate, wie zum Beispiel der Studienschwerpunkt, mit einbezogen wurden, von denen jedoch ein stärkerer Einfluss als das Geschlecht an sich zu erwarten ist. Die Unterteilung der Population nach Studienschwerpunkt, d.h. ob Studierende Physik als Nebenfach (z.B. im Studium der Biologie) ( $M = 3,50$ ,  $SD = 2,03$ ) oder als Hauptfach ( $M = 4,53$ ,  $SD = 2,16$ ) belegen, führt bei einer Differenz von  $-1,03$ , 95% KI  $[-1,52, -0,53]$  ebenfalls zu signifikanten Unterschieden ( $t(269) = -3,96$ ,  $p = .000$  bei mittlerem Effekt  $d = 0,48$ ). Auch dieser Unterschied war zu erwarten, da davon ausgegangen werden kann, dass Studierende des Hauptfachs zum einen über mehr Fachwissen verfügen und sich zum anderen im Studium länger/intensiver mit dem Problemlösen beschäftigt haben. Ausgehend davon ist überraschend, dass sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Studierenden, die Physik als Fachstudium ( $M = 4,59$ ,  $SD = 2,23$ ) angeben, und Studierenden des Lehramts ( $M = 4,53$ ,  $SD = 2,15$ ) bei einer Differenz von  $0,07$ , 95% KI  $[-0,82, 0,99]$  finden lassen ( $t(156) = 0,15$ ,  $p = .881$ ).

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 einem Diagramm dargestellt (Abb. 2). Es zeigt sich, dass erfolgreiche Problemlöser aus 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.

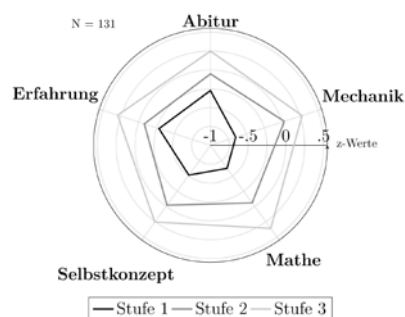


Abb. 2: Mittelwertvergleiche der Stufen können. Diese zeigen zwar ähnliche Abiturnoten (in der Graphik umgepolt), besitzen jedoch ein wesentlich geringeres Selbstkonzept und weniger Fachwissen in Mathematik und Mechanik.

### Ausblick

Finales Ziel der Untersuchung ist die Aufstellung eines Modells, das die Zusammenhänge zwischen den Prädiktorvariablen und dem Erfolg beim Problemlösen adäquat darstellt. Hierzu sollen die Daten, die mit den unterschiedlichen Instrumenten erhoben wurden unter anderem mit Varianzanalysen, Klassenbildung mit LCA und (linearer) Regression zusammengeführt werden.

### Literatur

- Adams, R. J.; Wu, M. (2002): PISA 2000 technical report. Paris: OECD.
- Brandenburger, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2013). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?. In: S. Bernholt (Hrsg.), GDCP Jahrestagung 2012, 761-763. Kiel: IPN-Verlag.
- Brandenburger, M., Mikelskis-Seifert, S. & Labudde, P. (2014). Einfluss der Kenntnisse in Mathematik auf das Problemlösen in Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), GDCP Jahrestagung 2013, 294 - 296. Kiel: IPN.
- Fischer, H.; Draxler, D. (2001): Aufgaben und naturwissenschaftlicher Unterricht. In: MNU 54 (7), 388–393.
- Friege, G. (2001): Wissen und Problemlösen. Berlin: Logos-Verlag.
- Kühn, S. M. (2011): Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe und im Abitur. In: ZfDN 17, 35–55.
- 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: ZfDN 6, 139–155.
- Reinhold, P.; Lind, G.; Friege, G. (1999): Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. In: ZfDN 5 (1), 41–62.
- Smith, M. U. (1991): A View from Biology. In: Mike U. Smith (Hg.): Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1–19.