

## Probleme lösen mit begleitenden Zusatzfragen - Explorative Studie im Rahmen einer Masterarbeit -

Rebecca Franz\*, Alexander Strahl<sup>†</sup>, Teresa Henning\*, Torsten Franz\*

\* Technische Universität Braunschweig, IFdN, Abt. Physik & Physikdidaktik

<sup>†</sup> Universität Salzburg, School of Education, AG Didaktik der Physik

[rebecca.franz@gmx.de](mailto:rebecca.franz@gmx.de), [alexander.strahl@sbg.ac.at](mailto:alexander.strahl@sbg.ac.at), [t.henning@tu-bs.de](mailto:t.henning@tu-bs.de), [torfranz@tu-braunschweig.de](mailto:torfranz@tu-braunschweig.de)

### Kurzfassung

In dieser explorativen Studie untersuchen wir, inwieweit Lernende beim Prozess des Lösens von Aufgaben durch zusätzliche leitende Fragen unterstützt werden können. Dafür wurden begleitende Zusatzfragen entwickelt, die neben einer regulär fachlich gestellten Aufgabe eine Hilfe zum Bearbeiten einer Übungsaufgabe darstellen sollen. Diese Begleitfragen wurden im Rahmen einer Übung von ca. 170 Studierenden mit dem Nebenfach Physik zunächst erprobt. Zur Auswertung werden die von den Studierenden durchgeführten Berechnungen, Notizen und Ergebnisse berücksichtigt. Zusätzlich soll die Auswertung eines Fragebogens zeigen, inwieweit die Hilfe in Form von zusätzlichen Leitfragen von Studierenden tatsächlich als unterstützend empfunden wurde.

### 1. Einleitung

Regelmäßig werden Schülerinnen und Schüler, aber auch Studierende in allen Fächern mit Aufgabenstellungen und Problemen konfrontiert, die es zu lösen gilt. Oft haben Lernende jedoch Schwierigkeiten Probleme zu lösen, daher müssen sich die Lehrkräfte mit folgenden Fragen auseinander setzen: Wie gehen Lernende an für sie neue Problemstellungen in der Physik heran? Welche Hilfsmittel sind dazu geeignet, gezielt dabei zu unterstützen, Problemstellungen in der Physik zu bewältigen? In der hier beschriebenen Studie [1] wollen wir uns explorativ den Fragen nähern ob:

- Begleitfragen als hilfreich angesehen werden.
- Die Problemlösungen durch Begleitfragen besser werden.

### 2. Grundlagen

#### 2.1. Definitionen

Die von uns zugrunde gelegte Definition von „Problem“ wurde 1976 von Dörner formuliert. Demnach ist ein Problem „... gekennzeichnet durch drei Komponenten: 1. unerwünschter Anfangszustand  $s_a$ , 2. erwünschter Endzustand  $s_w$ , 3. Barriere, die die Transformation von  $s_a$  nach  $s_w$  im Moment verhindert. Wir grenzen Aufgaben von Problemen ab. Aufgaben sind geistige Anforderungen, für deren Bewältigung Methoden bekannt sind ... Aufgaben erfordern nur reproduktives Denken, beim Problemlösen aber muß etwas Neues geschaffen werden.“ [2]. Funke formuliert, dass „Problemlösendes Denken erfolgt, um Lücken in einem Handlungsplan zu füllen, der nicht routinemäßig eingesetzt werden kann.“ [3]. Das Lösen von Problemen erfordert so-

mit nicht nur reproduktive, sondern konstruktive Denkprozesse.

Probleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmale: (1) Unerwünschter Anfangszustand, (2) erwünschter Endzustand, (3) Barriere, die eine Transformation von (1) zu (2) zunächst verhindert</li> <li>• Konstruktive Denkprozesse für Transformation notwendig</li> </ul>
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methoden und Routinen zum Bearbeiten bekannt</li> <li>• Reproduktive Denkprozesse für Transformation notwendig</li> </ul>
Problemlösendes Denken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruktiver Denkprozess, welcher notwendig ist, um vom unerwünschten Anfangszustand zum erwünschten Endzustand zu gelangen</li> </ul>

Tab. 1: Definitionen (in Anlehnung an [2] und [3])

#### 2.2. Psychologische Grundlagen

Für die Erarbeitung eines unterstützenden Hilfsmittels zum Lösen von Problemen wurden Forschungsergebnisse aus der Psychologie berücksichtigt. Dabei erscheinen vor allem das Experten-Novizen-Modell sowie die Cognitive-Load Theory relevant.

Die Experten-Novizen-Forschung vergleicht die Arbeits- und Denkweisen von Experten und Novizen in einem Fachgebiet (zusammenfassend dargestellt in [3]). Es zeigt sich, dass Novizen einen anderen Blick auf Problemstellungen haben als Experten. Sie können diese weder in ihrem vollen Umfang beurteilen noch geplant lösen, so dass eine gezielte Unterstützung im Lösungsprozess notwendig erscheint.

Die Ergebnisse der Experten-Novizen-Forschung lauten zusammengefasst:

- Experten haben umfangreiches Fachwissen auf ihrem Gebiet und erlangen ihr Wissen und Können durch jahrelange Übung.
- Das Abrufen von Wissen zu einem gestellten Problem aus dem Gedächtnis erfolgt bei Experten stärker aufgrund semantischer Beziehungen.
- Bei der Klassifikation von Problemen orientieren sich Novizen an oberflächlichen Merkmalen, Experten hingegen an Tiefenmerkmalen. „... *The novices' descriptions are mostly objects and other surface characteristics, whereas descriptions given by experts all involve laws of physics.*“ [4, S.129].
- Experten überwachen ihr eigenes Vorgehen besser als Novizen.

Die Cognitive-Load-Theory (CLT) beschäftigt sich mit der Belastung des Arbeitsgedächtnisses bei der Verarbeitung von Informationen (vgl. Pass [5], Naldowski [6]). Hier zeigt sich, dass Informationen und Prozesse immer dann das Arbeitsgedächtnis belasten, wenn ihnen noch keine Schemata oder Routinen im Langzeitgedächtnis zu Grunde liegen [7]. Die Leistung des Problemlösers nimmt ab, wenn die kognitive Belastung entweder übermäßig niedrig („cognitive underload“) oder übermäßig hoch („cognitive overload“) ist. In diesem Fall sind Problemlöser nicht in der Lage neue Schemata zu entwickeln und zu lernen [5].

### 2.3. Grundlegende Schlussfolgerungen

Auf Basis dieser Grundlagen und unter Berücksichtigung des Problemlöseprozesses nach Friege [8] wurden folgende Schlüsse für die Erarbeitung der Begleitfragen gezogen:

- Lernende sollen zur Genauigkeit bei der Bearbeitung von Problemen angehalten werden. Dabei soll der Blick auf einzelne wichtige Schritte gelenkt werden.
- Lernende sollen die Informationen aus der Problemstellung bewusst und als eigenständige Schritte herausarbeiten. Von Novizen wird dies i.d.R. nur schnell und eher unvollständig und dadurch häufig fehlerhaft durchgeführt.
- Novizen haben Schwierigkeiten mit der Klassifikation von Problemen, daher soll die Zuordnung des physikalischen Prinzips gezielt erfragt werden.

Die Begleitfragen sollen insgesamt den Denkprozess der Lernenden unterstützen, indem sie das schrittweise Herangehen an ein gestelltes Problem ermöglichen. Da der Ist-Zustand eines Problems von Novizen in der Regel nur oberflächlich erfasst wird, soll er detailliert erfragt werden. Die Begleitfragen werden offen formuliert, so dass keine Ja/Nein-Antworten möglich sind, sondern eine aktive und bewusste Auseinandersetzung mit dem Problem verlangt wird. Das schrittweise Vorgehen soll die

kognitive Belastung verringern und die Novizen unterstützen, das Problem zu erfassen, die neuen Informationen zu strukturieren und zu bearbeiten.

### 3. Die Begleitfragen

Auf Basis der Schlussfolgerungen aus den theoretischen Grundlagen und unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen für die Untersuchung wurden die Begleitfragen entwickelt.

Die zusätzlichen Fragen sind insgesamt so allgemein gehalten, dass sie grundsätzlich der generellen Herangehensweise in der Physik entsprechen und nicht speziell auf die betrachtete Übungsaufgabe zugeschnitten sind. Die Begleitfragen wurden auf einem separaten Blatt vorbereitet, um sie unabhängig von der gestellten Übungsaufgabe an die Teilnehmer der Experimentalgruppen verteilen zu können. Es wurde keine Veränderung an der eigentlichen Übungsaufgabe vorgenommen, um eine bessere Vergleichbarkeit von Experimental- und Kontrollgruppe zu gewährleisten.

Die Begleitfragen lauten wie folgt (Download [9]):

1. Worum geht es in der Aufgabe? Was ist gesucht?
2. In welchem Bereich müssen die Ergebnisse liegen? Schätzen Sie nach Möglichkeit (Alltagsgrößen, Schätzung aus dem „Bauch heraus“).
3. Welche Daten sind gegeben (Größen, Einheiten)? Wie können sie für die Situation geordnet werden?
4. Wie könnte eine Skizze aussehen? Können die gegebenen und gesuchten Daten in der Skizze zugeordnet werden?
5. Welches allgemeine Prinzip liegt dieser Aufgabe zugrunde? Wie können Sie dies mathematisch ausdrücken (Formeln)?
6. Entsprechen die Ergebnisse Ihren Erwartungen?

**Tab. 2:** Begleitfragen

### 4. Die Untersuchung: Stichprobe und Ablauf

Die Untersuchung wurde in zwei Übungsgruppen zur Vorlesung für „Physik für Biologen, Biotechnologen, Chemiker und Geoökologen“ an der TU Braunschweig durchgeführt. Diese Übung ist für die Studierenden mit dem Nebenfach Physik keine Pflichtveranstaltung, dient jedoch der Vorbereitung auf eine Pflichtklausur zur Vorlesung. Die hier zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden nicht für die Leistungsbewertung berücksichtigt.

Unsere Studie fand parallel zu einer weiteren Untersuchung statt, bei der es um die Untersuchung des Einflusses von Kontexten auf das Lösen von Aufgaben ging [Henning2014]. Somit arbeitete eine der untersuchten Übungsgruppen mit kontextorientierten

Aufgaben und die zweite Übungsgruppe mit nicht-kontextorientierten Aufgaben.

Da beide Übungsgruppen ihre Aufgaben in unterschiedlichen Formulierungen erhielten (Kontextorientiert = KO vs. Nicht-Kontextorientiert = NKO), wurde für die hier durchgeführte Untersuchung die jeweilige Übungsgruppe in eine Experimentalgruppe und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Beide befanden sich zur Bearbeitung im selben Raum, getrennt durch den Mittelgang des Hörsaals.

Der Ablauf der 45 minütigen Übungen lief wie folgt:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurze Vorstellung des Anliegens</li> <li>• Klärung des Ablaufs</li> <li>• Einteilung der Versuchsgruppen</li> </ul>	5 min
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Austeilen: Aufgaben und Begleitfragen</li> <li>• Bearbeitung der Übungsaufgaben</li> </ul>	30 min
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsammeln aller Übungszettel und Notizen</li> <li>• Austeilen u. Ausfüllen der Fragebögen</li> </ul>	10 min

**Tab. 3:** Untersuchungsablauf

Die Teilnehmer der Kontrollgruppe hatten keine Einsicht in die Art und den Umfang der Begleitfragen. Es wurde darauf geachtet, dass während der Bearbeitung kein Austausch zwischen den Gruppen stattfand.

Vor der Bearbeitung der Begleitfragen wurden den Probanden folgende Hinweise gegeben:

- Die Beantwortung der Fragen ersetzt nicht das Berechnen der Ergebnisse der Übungsaufgabe, sondern stellt eine Unterstützung auf dem Weg zur Lösungsfindung dar.
- Die Fragen sind nicht zwingend in der Reihenfolge zu beantworten, wie sie auf dem Zusatzblatt stehen. Es kann nach eigenen Präferenzen und Vorwissen variiert werden. Frage 6 ist nach Berechnung der Ergebnisse zu betrachten.
- Da eine Schätzung von gesuchten Größen i.d.R. kaum geübt wird, kann der geschätzte Wert stark vom richtigen Ergebnis abweichen. Dadurch sollte man sich nicht verunsichern lassen.

Insgesamt nahmen an beiden Übungssitzungen circa 190 Studierende teil, davon gaben insgesamt 173 Teilnehmende Fragebögen und Rechnungen ab. Nach Durchsicht der Bögen und Entfernung von ungültigen Bögen ergab sich für die Untersuchungsgruppen eine Gesamtzahl von  $N = 169$  Probanden, die sich wie folgt zusammensetzt:

	N gesamt
EG (KO)	43
EG (NKO)	50
EG gesamt	93
KG (KO)	38
KG (NKO)	38
KG gesamt	76
Gesamt	169

**Tab. 4:** Übersicht Teilnehmer

### 5. Der Fragebogen

Die Befragung wurde mittels eines anonymen aber persönlichen Codes durchgeführt, was ermöglichte, die hier erhobenen Daten mit den Daten aus Henning [2014] zu vergleichen.

Für EG und KG wurden zwei z.T. unterschiedliche Fragebögen entworfen. Der identische Teil betrifft die Bewertung der gestellten Übungsaufgabe und die Einschätzung der eigenen Leistung. Der zweite Teil der Fragen verlangt eine Beurteilung der zusätzlichen Begleitfragen. Hier soll ersichtlich werden, ob diese tatsächlich als hilfreich empfunden wurden. Am Ende jedes Fragebogens hatte jeder teilnehmende Studierende die Möglichkeit folgende offene Frage in einem Textfeld frei zu beantworten:

Was hilft Ihnen beim Lösen von Aufgaben in der Physik? (Mehrere Nennungen möglich).

Beide Fragebögen sind zu finden unter [9].

### 6. Auszug aus den Ergebnissen

Die Auswertung gliedert sich in die Betrachtung der Rechenwege und Lösungen der Teilnehmenden sowie die Auswertung der Fragebögen. Die offene Frage aus dem Fragebogen zu Hilfsmitteln bei Problemlösungen wird anschließend separat betrachtet. Eine vollständigere Auswertung der erhobenen Daten findet sich in Franz [1].

#### 6.1. Vorgehen zur Auswertung der Rechenwege

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Teilnehmer der Übung darum gebeten, neben den Begleitfragen auch alle während der Übung durchgeführten Rechnungen und Notizen mit ihrem persönlichen Code zu versehen und zur Auswertung abzugeben. Für die Bewertung und den Vergleich der Rechnungen aus EG und KG wurden, in Anlehnung an die gestellten Begleitfragen, folgende neun Kategorien bei allen Probanden auf Vorhandensein (ja/nein bzw. 1/0) überprüft, um sie anschließend in allen Versuchsgruppen vergleichen zu können:

Kategorie		EG und KG
1	Gesucht	Gesuchte Größen notiert
2	Schätzung	Schätzung gesuchter Größen
3	Gegeben	Gegebene Werte aufgeschrieben
4	Skizze	Skizze
5	Prinzip	Formeln
6	Ergebnisprüfung	Überprüfung der errechneten Werte
7	Lösung für $E_{kin}$	Korrekte Lösung für gesuchte Größe
8	Lösung für $v$	Korrekte Lösung für gesuchte Größe
9	Lösung für $h$	Korrekte Lösung für gesuchte Größe

Tab. 5: Kategorien zur Auswertung der Rechnungen

Die Kategorien 1 bis 6 spiegeln die Planung und Dokumentation der Aufgabe wider und werden als „Lösungsplanung“ betrachtet. Ob die Notizen oder Antworten auf dem Zusatzblatt dabei Potential hatten, zur richtigen Lösung zu führen, wurde nicht beurteilt – lediglich, ob Notizen dazu vorhanden waren. Darüber hinaus wurde mit den Kategorien 7 bis 9 überprüft, ob die jeweiligen Teilnehmer in der Lage waren, die korrekte Lösung für die Teilaufgaben der Übungsaufgabe zu berechnen. Neben der Prüfung dieser neun Kategorien wurde weiterhin festgehalten, ob der jeweilige Teilnehmer erkennbare Rechnungen zur Lösung der Aufgabe durchgeführt hat, da dies weitere Hinweise auf den Umgang mit den Begleitfragen geben kann.

### 6.2. Ergebnisse, Auswertung, Rechenwege

Bei der Durchsicht der abgegebenen Unterlagen fiel schnell auf, dass nicht alle Probanden Rechenwege angegeben hatten. Hier zeigen sich bereits erste Unterschiede zwischen EG und KG, aber auch zwischen den Teilnehmenden aus der Kontextorientierten Übungsgruppe (EG KO-Gruppe) und der Nicht-Kontextorientierten Übungsgruppe (EG NKO-Gruppe):

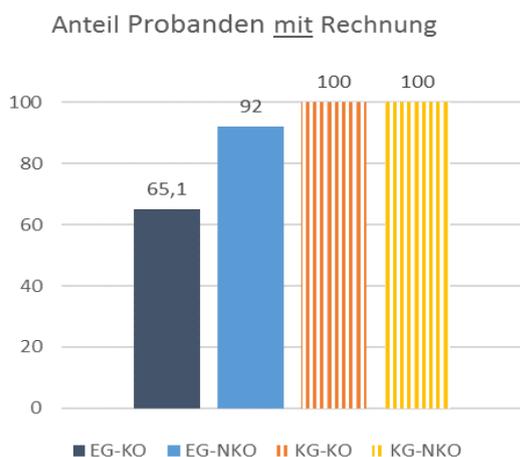


Abb. 1: Häufigkeit abgegebener Rechnungen

Die Teilnehmer der EG gaben insgesamt weniger Rechnungen ab, wobei auffällt, dass insbesondere die Probanden aus der KO-Gruppe die wenigsten Rechnungen abgeben konnten.

Aufgrund der CLT wird hier vermutet, dass ein Teil der Probanden aus der kontextorientierten Gruppe aufgrund der Vielzahl der zu bearbeitenden Informationen (Übungsaufgabe, Zeitungsartikel und Begleitfragen) überlastet war („cognitive overload“). Dieser Effekt wirkt sich in der NKO-Gruppe nicht so stark aus, da hier neben den neuen Begleitfragen, nicht noch der zusätzliche Zeitungsartikel zu verarbeiten war. Um diese Vermutung der kognitiven Überlastung weiter zu untersuchen, wurden die Abitur- und Physiknoten der Probanden der EG ohne Rechnung mit denen der Probanden der EG mit Rechnung verglichen. Die Abitur- und die Physiknote können ein Hinweis auf das Vorwissen und die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Probanden im Fach Physik sein. Der Vergleich führt zu folgendem Ergebnis:

		N	Mittelwert	SD
EG <u>ohne</u> Rechnung	Abiturnote	18	2,45	,467
	Physiknote	15	3,29	,856
EG <u>mit</u> Rechnung	Abiturnote	65	2,29	,617
	Physiknote	61	2,59	,968

Tab. 6: Vergleich Abitur- und Physiknoten EG

In Tabelle 6 wird deutlich, dass sich beide Gruppen vor allem hinsichtlich der Physiknote unterscheiden, so dass die Vermutung des „cognitive overload“ bei dem Teil der EG ohne Rechnung unterstützt wird.

Beim Vergleich der Anzahl korrekter Lösungen in den Versuchsgruppen wurden für die folgende Abbildung die Probanden der EG ohne Rechnung ausgeklammert.

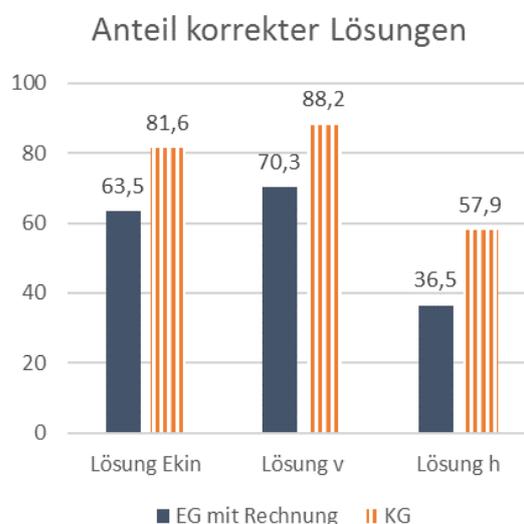


Abb. 2: Anteil korrekter Lösungen

In Abbildung 2 wird deutlich, dass die Studierenden der KG häufiger die richtigen Ergebnisse berechnen konnten.

Da in dieser Untersuchung der Weg zur Problemlösung im Vordergrund liegt, erfolgte auch eine Gegenüberstellung des „Gesamtergebnisses“ der Probanden. Das Gesamtergebnis betrachtet hier die Überprüfung aller 9 Kategorien auf Vorhandensein und umfasst somit die „Lösungsplanung“ und die Anzahl korrekter Lösungen:

	N	Mittelwert	SD
<b>EG ohne Rechnung</b>	19	4,00	1,106
<b>EG mit Rechnung</b>	74	6,82	1,793
<b>EG gesamt</b>	93	6,25	2,025
<b>KG</b>	76	4,54	1,341

Tab. 7: Vergleich Gesamtergebnis Rechnungen

Die Gegenüberstellung der Mittelwerte der Gesamtergebnisse der Versuchsgruppen zeigt, dass die Probanden der EG, welche eine Rechnung abgeben konnten, die meisten der hier geprüften Kategorien erfüllen konnten. Die Teilnehmer der EG ohne Rechnung haben im Mittel 4,00 Fragen zur „Lö-

sungsplanung“ beantwortet (Kategorie 1 bis 6) und liegen somit nah am Mittelwert der KG von 4,54. Hier wird deutlich, dass die Probanden der EG den IST-Zustand des gestellten Problems umfangreicher analysierten, sowie die Lösung detaillierter geplant und dokumentiert haben, als die Probanden der KG.

Da die Probanden der EG mit Unterstützung der Begleitfragen eine umfangreichere Lösungsplanung anfertigten, kann vermutet werden, dass sie zum Teil aufgrund zeitlicher Knappheit nicht mehr in der Lage waren, ihre Rechnungen abzuschließen.

### 6.3. Auswertung Fragebogen: Umgang mit Begleitfragen

Um zu erfahren, ob die Probanden der EG den Umgang mit den hier getesteten zusätzlichen Begleitfragen tatsächlich als hilfreich empfanden, sollten diese im Fragebogen gezielt beurteilt werden. Dabei stellt sich beim Vergleich der Mittelwerte heraus, dass es auch hier Unterschiede zwischen den Probanden mit und ohne Rechnung gibt (siehe Abb. 3).

Die Aussagen 6, 8 und 10 können herangezogen werden um zu beurteilen, ob die Begleitfragen verständlich waren. Hier zeigt sich, dass die Begleitfragen gut bzw. eher gut verständlich waren. Bei Aussage 8 und 10 zeigen sich Unterschiede zwischen den Probanden der EG mit und ohne Rechnung. So empfanden die Teilnehmer ohne Rechnung die Begleitfragen tendenziell als komplizierter und es fiel ihnen eher nicht leicht die Begleitfragen zu beantworten. In Aussage 7 gaben die Probanden mit

## Umgang mit Zusatzfragen (Mittelwerte)

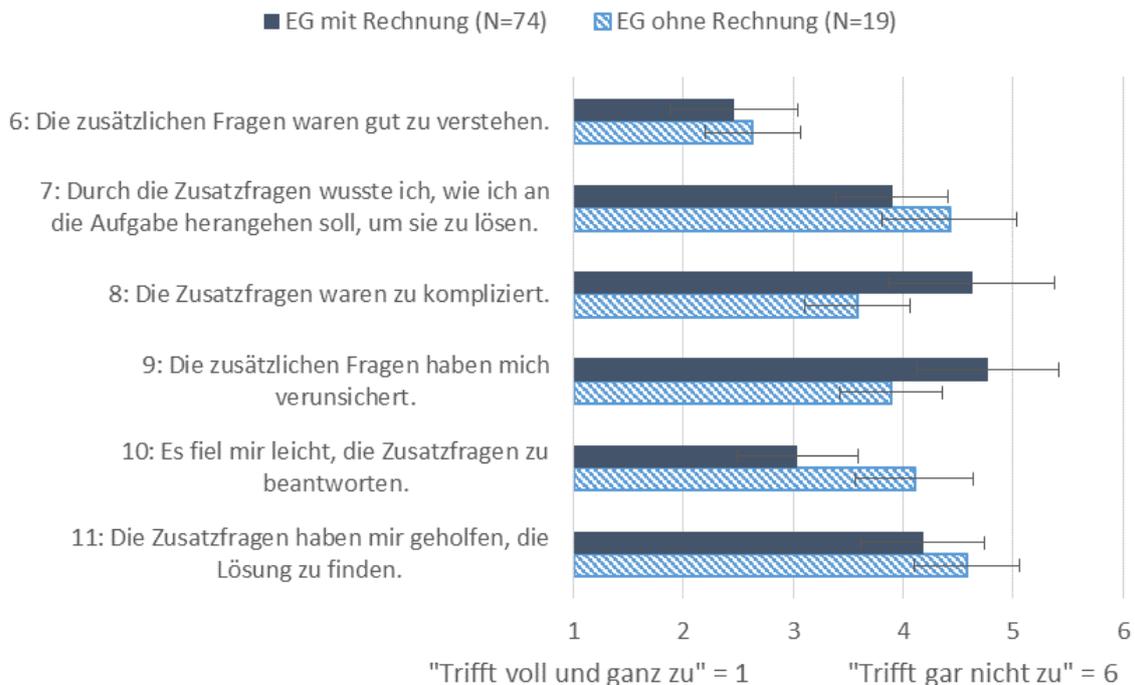


Abb. 3: Umgang mit Begleitfragen (Mittelwerte)

Rechnung im Mittel einen Wert von 3,9 an. Auch die Probanden ohne Rechnung sind der Ansicht, dass sie durch die Begleitfragen eher nicht wussten, wie sie an die Aufgabe herangehen sollten (4,42). Aufgrund von Aussage 9 wird ersichtlich, dass sich die Teilnehmer der EG eher nicht bzw. nicht verunsichert durch die Zusatzfragen fühlten. Dabei fühlten sich die Probanden mit Rechnung insgesamt weniger verunsichert (4,77) als die Probanden ohne Rechnung. Aussage 11 erfragt, ob die zusätzlichen Fragen bei der Lösungsfindung geholfen haben. Die Aussage tendenz steht hier zwischen „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft nicht zu“. Zwar werden die Probanden somit nicht bzw. eher nicht durch die Begleitfragen verunsichert, dennoch helfen sie ihnen nach eigener Einschätzung nicht bzw. eher nicht dabei, eine Herangehensweise für die Aufgabe bzw. die Lösung zu finden.

#### 6.4. Auswertung der offenen Frage: Hilfen bei Problemlösungen

Mit Hilfe der offenen Frage am Ende der Fragebögen wurde erfragt, welche Hilfestellungen von Studierenden tatsächlich bewusst benannt werden können und welche sie somit als nützlich für die Lösung von Aufgaben in der Physik empfinden. Insgesamt nutzten 84,6 % der Probanden (N=143) die Möglichkeit sich mit einem Kommentar zu äußern (EG: 81,7 %; KG: 88,2 %).

Zur Auswertung der freien Kommentare wurde ein iteratives Verfahren angewandt: Zunächst wurde jeder Kommentar vollständig schriftlich erfasst, anschließend erfolgte eine inhaltliche Analyse sowie

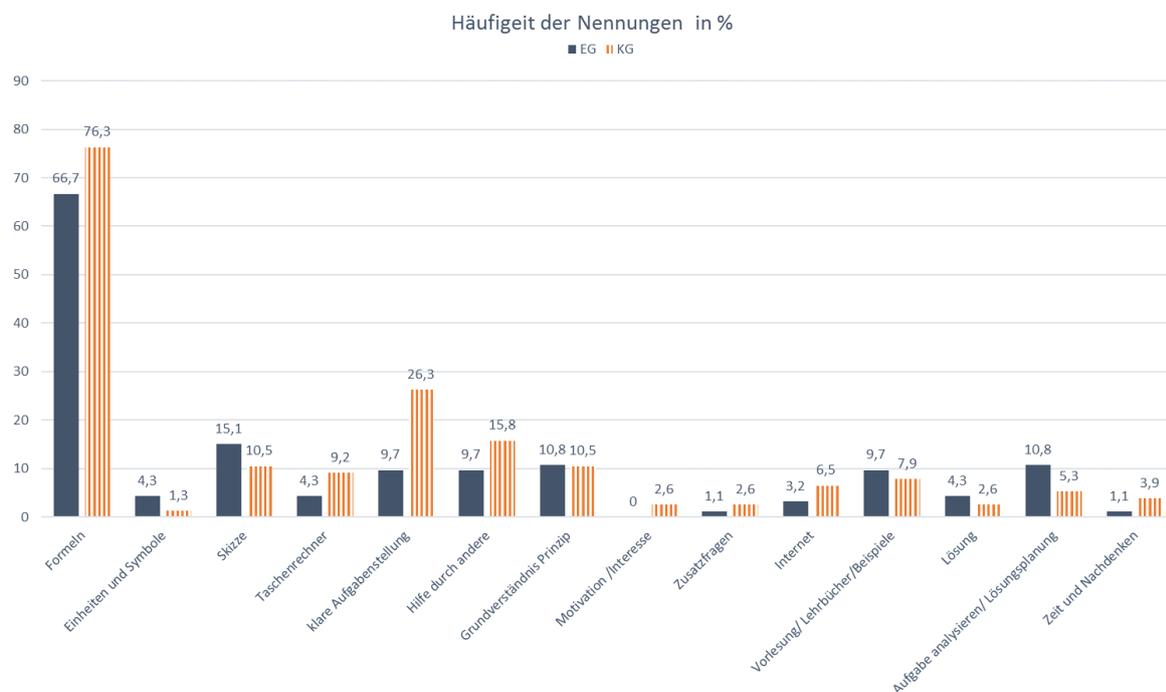
die schrittweise Erstellung von Kategorien. Mehrere Aussagen innerhalb eines Kommentars wurden auf mehrere Kategorien verteilt. Zum Beispiel:

Kommentar 1: „beraten mit anderen Personen (in der Klausur wäre ich also aufgeschmissen); Formelsammlung“ → Zuordnung zu Kategorien `Gruppenarbeit` und `Formelsammlung`

Kommentar 2: „wenn Formeln gegeben sind, in der VL aufpassen, Internet“ → Zuordnung zu Kategorien `Formeln`, `Vorlesung` und `Internet`

Nach der Durchsicht aller aufgestellten Kategorien konnte ein Teil der zunächst einzeln gelisteten Kategorien aufgrund inhaltlicher Nähe wiederum in Cluster zusammengefasst werden. Abb. 4 zeigt die anteilige Häufigkeit der Cluster in EG und KG.

Der Cluster *Formeln* wurde mit 120 Einzelnennungen am häufigsten benannt. Damit sind 71 % aller Versuchsteilnehmer der Ansicht, dass Formeln bei der Lösung von Problemstellungen hilfreich sind. Es fällt auf, dass in der EG das Thema Formeln von ca. 10 % weniger als hilfreich benannt wurde als in der KG. Eine Ursache dafür könnte sein, dass die Aufmerksamkeit der EG durch die Begleitfragen auf andere Aspekte und Hilfsmittel gelenkt wurde. Ein solcher Unterschied zwischen EG und KG zeigt sich auch im Cluster `Klare Aufgabenstellung`: 26,3 % der KG empfinden eine klare Aufgabenstellung als hilfreich wohingegen lediglich 9,7 % der EG dieses Thema benennen. Die Auswertung des Fragebogens zeigte, dass die Probanden der KG die Übungsaufgabe tendenziell als besser verständlich einschätzten



**Abb. 4:** Frage: Was hilft Ihnen beim Lösen von Aufgaben in der Physik? (Mehrere Nennungen möglich) (relative Häufigkeit der Nennungen in der Experimental- und der Kontrollgruppe)

als die Probanden der EG, dennoch wünschen sich vor allem die Teilnehmer der KG eine klare Aufgabenstellung. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Probanden der EG durch die strukturierenden Begleitfragen ihr eigenes Vorgehen als wichtiger einschätzen, als die Form der Aufgabenstellung. Des Weiteren zeigt auch die Nennung der 'Hilfe durch Dritte', dass die Probanden der KG häufiger die Unterstützung durch Tutoren oder Kommilitonen als hilfreich ansehen als die Probanden der EG.

Häufiger von den Probanden der EG wurden hingegen die Cluster 'Aufgabe analysieren/ Lösungsplanung' und 'Skizze' benannt. Hier rückt die Analyse der Problemstellung durch den Bearbeiter in den Vordergrund. Insgesamt gibt es für beide Cluster dennoch nur sehr wenige Nennungen, obwohl die Analyse einer Aufgabe (Gegeben-Gesucht-Lösung) eigentlich eine aus der Schule gut bekannte Vorgehensweise sein sollte. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Studierenden diese Hilfestellungen entweder automatisch (unbewusst) nutzen und sie daher nicht benennen können, oder, dass sie sie schlichtweg nicht nutzen. Die Auswertung der Rechenwege zeigte, dass die Probanden der KG in der Regel nur sehr wenige Schritte bei der Lösungsplanung und somit Aufgabenanalyse nutzten.

Die in der offenen Frage festgestellten Antworttendenzen zeigen, dass die Arbeit der EG mit den zusätzlichen Begleitfragen einen Einfluss auf die Beantwortung der offenen Frage nach Hilfsmitteln hatte. Infolgedessen erscheint es möglich, die Aufmerksamkeit der Lernenden mit Hilfe von Leitfragen auf die verschiedenen Aspekte des Problemlöseprozesses zu lenken und diese gezielt zu üben und zu erlernen.

## 7. Schlussfolgerungen und Fazit

In der hier zusammengefassten explorativen Studie [1] haben wir versucht, uns der Frage zu nähern, ob Begleitfragen beim Lösen von Physikaufgaben förderlich sind. In dem von uns untersuchten Setting konnten wir keine Verbesserung, sondern eine Verschlechterung der Lösungswahrscheinlichkeit der Aufgaben feststellen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Studierenden innerhalb der gegebenen Zeit durch die Beantwortung der Begleitfragen

überfordert waren. Gleichzeitig konnte bei den Probanden der Experimentalgruppe festgestellt werden, dass durch Anwendung der Begleitfragen eine umfangreichere Dokumentation des Problems bzw. der Lösung erreicht wurde.

## 8. Literatur

- [1] Rebecca F. (2014): Probleme lösen in der Physik - eine Fragebogenstudie zum Umgang mit unterstützenden Fragen. Masterarbeit, TU Braunschweig
- [2] Dörner, D. (1976): Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart: Kohlhammer.
- [3] Funke, J. (2003): Problemlösendes Denken. 1. Aufl. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- [4] Chi, M.T.H.; Feltovich, P. J.; Glaser, R. (1981) Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5, 121-152
- [5] Paas, F; Renkl, A.; Sweller, J. (2004): Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. In *Instructional Science* (32), S. 1-8.
- [6] Nadolski, R. J.; Kirschner, P. A.; van Merriënboer, J. J. G. (2005): Optimizing the number of steps in learning tasks for complex skills. In: *British Journal of Educational Psychology* (75), S. 223–237.
- [7] Rey, G. D. (2013): E-Learning. Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung. Online verfügbar unter <http://www.elearning-psychologie.de/index.html> (29.05.14)
- [8] 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.
- [9] Zusatzmaterial: [http://www.strahl.info/veroeffentlichungen/2014\\_PhyDid\\_B\\_Probleme\\_loesen\\_Zusatzfragen\\_Zusaetze.pdf](http://www.strahl.info/veroeffentlichungen/2014_PhyDid_B_Probleme_loesen_Zusatzfragen_Zusaetze.pdf)
- [10] Henning T. (2014), Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. Unveröffentlichte Dissertation, 2014, TU Braunschweig,