


Weg vom Fehlkonzept – Umgang mit unerwarteten Ergebnissen einer Peer Instruction

Alexander Kröner, Barbara Meissner
 Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
 E-Mail: {alexander.kroener, barbara.meissner}@th-nuernberg.de

Die Peer-Instruction-Methode ermöglicht Lehrenden, mittels interaktiver Aufgaben Lernende in die Diskussion mit Lernenden zu bringen – und auf diese Weise das Verständnis der gelehrt Konzepte zu schärfen. Im Zuge einer Umsetzung der Methode lässt sich aber mitunter beobachten, dass der angestrebte Effekt trotz positiver Mitarbeit der Lernenden nicht unmittelbar erreicht wird. Dieser Beitrag thematisiert Erfahrungen, die im Rahmen einer Umsetzung der Methode gewonnen wurden; fachspezifische Aspekte werden dabei weitgehend ausgeblendet. Der Schwerpunkt wird gesetzt auf Beobachtungen zum Antwortverhalten der Studierenden sowie die Klausurergebnisse. Hier bietet der Artikel Lösungsvorschläge insbesondere für den Fall, dass die Methode keine positive Wirkung auf das Verständnis der vermittelten Konzepte hatte.

Abb. 1: Beispiel für eine Peer-Instruction-Frage


F18 Wie lautet der reguläre Ausdruck? 


$L = \{ x \in \{a, b\}^* \mid |x|_a = 2 \}$

A. $b^*(aa)b^*$

B. $(a \cup b)^* a(a \cup b)^* a(a \cup b)^*$

C. $b^* ab^* ab^*$





Einführung

Die Theoretische Informatik (TI) ist an der Technischen Hochschule Nürnberg ein Pflichtfach im zweiten Semester der Studiengänge Informatik und Medieninformatik. Das Fach wird zweizügig gelesen auf Basis eines gemeinsamen Skripts.

Seit WS 2013/14 wird in TI die Peer-Instruction-Methode (PI) nach Mazur (2014) jede zweite Woche eingesetzt. Primäre Ziele der Anwendung sind die Kontrolle der Lernziele und die Auseinandersetzung der Studierenden mit den zuvor in Vorlesung und Übungen behandelten Inhalten. Die technische Umsetzung basiert auf dem System Turning Point (Turning Technologies 2015). Ein Beispiel für eine PI-Frage ist in Abbildung 1 aufgeführt. In Evaluierungen wird die Methode durch die Studierenden sehr positiv bewertet (vgl. Tab. 1).

Der Ablauf einer einzelnen PI-Aufgabenstellung ist entsprechend dem Vorschlag von Mazur (2014) in Nachdenkzeit/1. Abstimmung/Peer-Diskussion/2. Abstimmung untergliedert. Zusätzlich wurden vor der Peer-Diskussion die (Zwischen-) Abstimmungsergebnisse präsentiert.

Ergebnisse der Peer Instruction

Im Folgenden wird eine Auswertung des Antwortverhaltens der Studierenden im SS 2014 diskutiert. Die Reproduzierbarkeit und Signifikanz der Aussagen kann erst in den folgenden Semestern geprüft werden. Da sich die Studierenden nach Belieben der Antwort enthalten konnten, kann die absolute Zahl der Antworten vor und nach einer Peer-Diskussion abweichen. Die Antworten der Studierenden wurden mittels Turning Point anonym zur nachträglichen Auswertung aufgezeichnet. Für die Auswertung wurden die Abstimmungsergebnisse zu einer Frage vor bzw. nach der Peer-Diskussion verglichen. So konnte nachvollzogen werden, wie sich die Verteilung der Antworten durch die Diskussion verändert. Im Folgenden werden anhand von Fragen, bei denen unabhängig vom Dozenten in beiden Vorlesungszügen ähnliches Verhalten beobachtet werden konnte, Ansatzpunkte abgeleitet, wie mit nicht zufriedenstellenden Ergebnissen umgegangen werden kann.

Erfolgreicher Einsatz der PI

Bei erfolgreichem Einsatz der Methode kann nach der PI eine Verstärkung eines bestehenden Trends zu einer richtigen Antwort beobachtet werden, oder sogar der umfassende Wechsel hin zu der richtigen Antwort (vgl. Tab. 2).

In einem solchen Fall kann eine weitere Frage zu dem geprüften Konzept nachgeschaltet werden, um sicherzugehen, dass dieses tatsächlich von den Studierenden sicher richtig angewendet werden kann. Dieses Vorgehen wird zum Beispiel von Porter et al. (2011) empfohlen, bei denen mit diesem Vorgehen vorhandene Verständnislücken aufgedeckt werden konnten.

Tab. 1: Beispiel-Items aus einem Fragebogen zum PI-Einsatz SS 2014; Skala: 1=sehr bis 5=überhaupt nicht; M=Mittelwert, SD=Standardabweichung, N=Anzahl der Antworten

Item	M	SD	N
Das Diskutieren mit meinen Kommilitoninnen und Kommilitonen hat mir geholfen den Inhalt besser zu verstehen.	1,68	0,69	41
Die Methode hilft mir beim Überprüfen meines Lernstandes.	1,34	0,48	41
Wenn Sie die Wahl hätten, für welche Lehrveranstaltungsform würden Sie sich entscheiden	Vorlesung mit PI	Vorlesung	
	97,7 %	2,27 %	44

Tab. 2: Abstimmungsergebnisse zu einer gut funktionierenden PI-Frage

F18 Wie lautet der reguläre Ausdruck? $L = \{ x \in \{a, b\}^* \mid x _a = 2 \}$			
Antwortoptionen		1. Abstimmung $N = 51$	2. Abstimmung $N = 46$
A.	$b^*(aa)b^*$	23,5 %	2,17 %
B.	$(a \cup b)^* a(a \cup b)^* a(a \cup b)^*$	37,25 %	0,00 %
C. (richtig)	$b^*ab^*ab^*$	39,22 %	97,83 %

Nicht erfolgreicher Einsatz der PI

Festhalten an falscher Antwort

Auch nach der Peer-Diskussion halten Studierende an einer falschen Antwort fest (vgl. Tab. 3). Das kann daher rühren, dass zumindest ein Teil dieser Studierenden eine in sich geschlossene Argumentation verinnerlicht hat, die für eine falsche Antwort spricht. Es gelingt den Peers nicht, dieses Fehlkonzept in der Peer-Diskussion zu widerlegen.

Als unmittelbare Maßnahme bietet sich eine Spiegelung des Falles in das Auditorium an. Im Anschluss an die Diskussion und Bewertung aller Antwortmöglichkeiten durch den Dozenten stellt dieser in neutraler Form die Frage, warum man eine (falsche) Antwort als richtig erachten könnte. Die Studierenden beteiligten sich hier im Allgemeinen rege und es konnten falsche Argumentationen aufgeschlüsselt werden. Weiterhin können durch diese Form der Diskussion z. B. ungewöhnliche, aber vertretbare Interpretationen der Aufgabenstellung. Ebenfalls umgesetzt wurde eine „Ad-hoc-Übung“. Diese kann in der (für TI charakteristischen) expliziten Beweisführung liegen, die eine attraktive Antwort formal widerlegt. Es

bietet sich zudem an, bei zeitlichem Spielraum Varianten der Fragestellung vor zu halten und in die Diskussion einfließen zu lassen.

Durch eine Analyse des Antwortverhaltens können solche auffälligen Fragen auch im Nachhinein identifiziert werden. In der Folge kann bei weiteren Einsätzen z. B. zunächst die Zeit zur Peer-Diskussion erhöht werden.

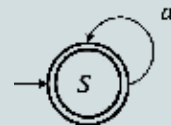
Im vorliegenden Beispiel werden in der Aufgabe zudem zwei Konzepte zugleich abgerufen, ohne dass die Teilkonzepte zuvor isoliert Thema einer Aufgabe gewesen wären. Deshalb ist geplant, eine einfachere Frage zu einem beinhalteten Teilkonzept vorzuschalten. So soll zunächst sichergestellt werden, dass die nötigen Grundlagen zur Beantwortung der komplexeren Frage präsent sind.

Tab. 3: Abstimmungsergebnisse zu einer PI-Frage, bei der die Studierenden auch nach der Diskussion wieder dieselbe falsche Antwort wählen.

F21 Wie sieht das Produktions-System P der A zugeordneten Grammatik aus?

Die Sonderregelung für das leere Wort sei erlaubt.

$A = (\{a\}, \{S\}, S, \delta, \text{gem. Graph}, \{S\})$



Antwortoptionen		1. Abstimmung $N = 55$	2. Abstimmung $N = 49$
A.	$P = \{ S \rightarrow a \}$	1,82 %	0,00 %
B.	$P = \{ S \rightarrow aS \mid a \mid \epsilon \}$	67,27 %	83,67 %
C.	$P = \{ S \rightarrow a^* \}$	9,09 %	2,04 %
D.	$P = \{ S \rightarrow aS \mid a \}$	10,91 %	0,00 %
E. (richtig)	$P = \{ R \rightarrow S \mid \epsilon; S \rightarrow aS \mid a \}$	10,91 %	14,29 %

Wechsel von richtiger zu falscher Antwort

Nach der Diskussion erfolgt eine Abwanderung von der richtigen zu einer falschen Antwort (vgl. Tab. 3).

Hier lässt sich die Hypothese, dass eine Fehlvorstellung in der Diskussion sehr überzeugend vertreten wird, erneut als mögliche Erklärung anbringen. Da den Studierenden Zwischenergebnisse der Abstimmung kommuniziert werden, besteht im Fall einer Mehrheit bei einer

bestimmten falschen Antwort auch die Möglichkeit, dass sich Studierende der Mehrheit anschließen. Die Zwischenergebnisse deshalb auszublenden birgt allerdings auch Nachteile in sich: Wenn sich die Antworten vor der Diskussion zum Beispiel sehr stark auf mehrere Antworten verteilen, zeigt das Zwischenergebnis den Studierenden deutlich den Diskussionsbedarf.

Falls der Anteil der Studierenden, die an einer falschen Antwort festhalten, die richtigen Antworten deutlich überwiegt, kann der Dozent alternativ die Diskussion der Antworten entfallen lassen und durch eine erneute Präsentation (von Auszügen) des entsprechenden Vorlesungsabschnitts ersetzen. Im Anschluss kann die Aufgabe gleich oder in leichter Variation erneut gestellt werden.

Kein klarer Trend

Auch nach der PI resultiert die Abstimmung in einer angenäherten Gleichverteilung über die angebotenen Antworten (vgl. Tab. 4) – ein Konzeptwechsel findet nicht statt.

Hypothese ist hier, dass kein spezifisches Fehlkonzept vorliegt, sondern die Studierenden mehrheitlich sehr unsicher bezüglich der Fragestellung sind. Dies kann man als Indiz dafür werten, dass die Fragestellung auf Themen basiert, die in Vorlesung und Übungen bislang nicht ausreichend behandelt wurden. Als Maßnahme wird eine Vertiefung dieser Inhalte vorgeschlagen. Im vorliegenden Beispiel wurden zusätzliche Inhalte erstellt (z. B. Filme), die eine Wiederholung der zugehörigen Vorlesung im Selbststudium befördern sollen. Im Anschluss kann die Aufgabe gleich oder in leichter Variation erneut gestellt werden.

Auswirkung auf die Klausur

Die schriftliche Prüfung des Fachs beinhaltet u. a. Aufgaben, deren Struktur an die Aufgaben der PI angepasst wurde. Bei deren Korrektur entstand der Eindruck, dass auch in der PI erfolgreich eingesetzte Fragen in der Prüfung falsch beantwortet wurden. Ein möglicher Grund könnte die fehlende Nachhaltigkeit der in einer PI-Sitzung gewonnenen Erkenntnisse sein. Grund zu dieser Annahme ist der zeitliche Abstand zwischen PI-Sitzung und Prüfung. Angedacht ist daher eine Wiederholung besonders auffälliger Fragen zeitnah zur Prüfung.

Tab. 4: Abstimmungsergebnisse zu einer PI-Frage, bei der nach der Diskussion kein klarer Trend zu einer Antwortmöglichkeit vorliegt.

F9 Zu beweisen: L ist nicht regulär!

Annahme: $L = \{0^n 1 m 0^n \mid m, n \in \mathbb{N}_0\}$ ist nicht regulär.

Wählen Sie ein Wort x (zerlegbar in uvw) aus L und eine "Pumpanzahl" $i \in \mathbb{N}_0$ so, dass das durch "Pumpen" erzeugte Wort $(uv^i w)$ nicht in L ist! Beachten Sie die Schranken: $p \in \mathbb{N}$; $|uv| \leq p \leq |x|$; $|v| > 0$

Antwortoptionen		1. Abstimmung $N = 52$	2. Abstimmung $N = 54$
A.	$x: 00000100000 \quad i: 5$	11,54 %	14,81 %
B. (richtig)	$x: 0^p 1 0^p \quad i: 0$	13,46 %	22,22 %
C.	$x: (010)^p \quad i: 5$	17,31 %	20,37 %
D.	Keine Antwort ist richtig	40,38 %	18,52 %
E.	Keine Ahnung	17,31 %	24,07 %

Grenzen der Aussagekraft

Die hier gebotene Darstellung basiert auf persönlichen Beobachtungen und ist daher nicht als allgemein gültig oder vollständig zu betrachten. Dies gilt insbesondere für die Beobachtung, dass eine erfolgreiche Anwendung der Methode nicht zwingend eine positive Auswirkung auf den Prüfungserfolg nach sich zieht. In der Literatur finden sich hierzu widersprüchliche Ergebnisse, die zum Teil keinen, zum Teil einen positiven Effekt auf Prüfungsergebnisse belegen (Chui et al. 2013, Anthis 2011). Dort wird vermutet, dass in solchen Fällen individuelle Rahmenbedingungen, wie Charakteristika des Veranstaltungsfaches, das genaue didaktische Design oder psychologische Faktoren der Studierenden-Gruppe, ausschlaggebend sind.

Zudem kann auch die Aufgabenstellung selbst – sei es die einzelne Aufgabe oder die Abfolge von Aufgaben – Auswirkungen auf das Abstimmungsverhalten von Studenten haben. Dies ist zum Beispiel die Vermutung bei der in Tab. 3 dargestellten Frage, deren Beantwortung die Anwendung zweier verschiedener Konzepte zugleich erfordert. Die vorgeschlagenen Maßnahmen greifen in solchen Fällen unter Umständen nicht. Eine genauere Untersuchung aus Sicht der PI ungünstiger Aufgabenstellungen stellt daher eine nötige Ergänzung dieser Arbeit dar. Die Schwierigkeit, gerade im Bereich komplexer Fächer der Informatik effektive Fragen zu formulieren, scheint zum Beispiel bei Porter et al. (2011) für Veranstaltungen zu Rechnerarchitektur sowie zur Theoretischen Informatik offensichtlich zu werden: In Anlehnung an Smith et al. (2009) entwickelten sie Paare aus hintereinandergeschalteten Fragen zu ein und demselben Konzept. Smith et al. konnten auf diese Weise für einen Biologie-Kurs belegen, dass ein sehr hoher Anteil der Studierenden einen (zumindest kurzfristigen) Lernerfolg basierend auf der Peer-Diskussion zeigte. Porter et al. (2011) fand für die untersuchten Informatikveranstaltungen dagegen deutlich heterogenere Ergebnisse. Auch zeigte sich teilweise selbst bei gut funktionierenden PI-Fragen, dass der Anteil richtig antwortender Studierender in einer nachgeschalteten, analogen Frage deutlich abnahm. Diese Ergebnisse könnten ein weiterer Hinweis sein, dass die Formulierung effektiver PI-Fragen anspruchsvoll ist und die Bedeutung fachdidaktischer Überlegungen und wiederholter Optimierungsschleifen nicht unterschätzt werden sollte.

Zusammenfassung & Ausblick

Neben einigen Erfahrungsberichten (z. B. Simon et al. 2010, Zingaro 2010) gibt es nur wenige Studien, die systematische Aussagen zur Effektivität der Peer-Instruction Methode nach Mazur (2014) im Fachbereich Informatik zulassen. In diesem Artikel wurde eine Umsetzung der Methode im Fach „Theoretische Informatik“ diskutiert. Im Fokus standen Fälle, in denen die Methode nicht die angestrebte Wirkung erzielte. Mögliche Ursachen können qualitativ sehr unterschiedlich sein – ausgehend von ungünstigen Fragestellungen über Wechselwirkungen mit der Historie aus Vorlesungen und Übungen bis hin zum konkreten Ablauf der Methode im Einzelfall. Gegenmaßnahmen können auf den Ablauf der

PI direkt abzielen (z. B. Erhöhung der Diskussionszeit), die Gestaltung des Vorlesungsabschnitts unmittelbar nach der PI-Frage (z. B. inhaltliche Vertiefung) oder die Ausgestaltung der PI-Frage selbst.

Weiteres Ziel ist, die genannten Phänomene in Zusammenarbeit mit anderen Gruppen zu diskutieren. Zudem soll untersucht werden, ob und wie weit die in diesem Artikel diskutierten Phänomene – und Vorschläge zu deren Behandlung – auf andere Lehrveranstaltungen übertragen werden können. So fordert das Informatik-Fach „Interaktive Systeme“ andere Kenntnisse und Fähigkeiten der Studenten. Dort wird derzeit der Einsatz der PI unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Fach TI getestet.

Literatur

Anthis, K. (2011): Is it the clicker or is it the question? Untangling the effects of student response system use. *Technology and Teaching* 38(3), 189–193. DOI: 10.1177/0098628311411895.

Chui, L.; Martin, K.; Pike, B. (2013): A quasi-experimental assessment of interactive student response systems on student confidence effort and course performance. *Journal of Accounting Education* 31, 17–30. DOI: 10.1016/j.jaccedu.2013.01.002.

Mazur, E. (2014): *Peer Instruction: A User's Manual*. Harlow: Pearson Education Limited.

Porter, L.; Lee, C.; Simon, B.; Zingaro, D. (2011): Peer Instruction: do students really learn from peer discussion in computing? In: *ICER 11 – Proceedings of the ACM SIGCSE 2011 Workshop on International Computing Education Research*. Providence, Rhode Island, USA; 45–52. DOI: 10.1145/2016911.2016923.

Simon, B.; Kohanfars, M.; Lee, J.; Tamayo, K.; Cutts, Q. (2010): Experience Report: Peer Instruction in Introductory Computing. In: *SIGCSE'10 – Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. Milwaukee, Wisconsin, USA; 341–345. DOI: 10.1145/1734263.1734381.

Smith, M.; Wood, W.; Adams, W.; Wieman, C.; Knight, J.; Guid, N.; Su, T. (2009): Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions. *Science* 323 (5910), 122–124. DOI: 10.1126/science.1165919.

Turning Technologies (2015): Turning Point. <https://www.turningtechnologies.com/polling-solutions/turningpoint> [letzter Zugriff: 23.6.2015]

Zingaro, D. (2010): Experience Report: Peer Instruction in Remedial Computer Science. In: *Ed-Media 2010 – Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*. Toronto, Kanada; 5030–5035.