

■ Ausgangslage

Vorlesungen in großen Gruppen leiden unter der grundsätzlichen Schwierigkeit, ob zwischen den Akteuren auf beiden Seiten ein lernförderlicher Dialog zustande kommt: Seitens der Studierenden mag das Bedürfnis bestehen, ein unmittelbares und möglichst individuelles Feedback zu ihrem Lernfortschritt zu erhalten oder aktiv in die Veranstaltung mit einbezogen zu werden. Auf der anderen Seite wünscht sich der Lehrende eine ebenso zeitnahe Rückkopplung zum Vorwissens- oder Leistungsstand seiner Lerngruppe, um darauf mit den geeigneten didaktischen Maßnahmen reagieren zu können. Um diesem gegenseitigen Wunsch mehr Rechnung zu tragen, wurde eine einsemestrige Vorlesungsveranstaltung zur Klassischen Mechanik mit dem unterstützenden Einsatz des electronic Classroom Response Systems (CRS) PINGO [1] durchgeführt. Anhand von konkreten Umsetzungsbeispielen und der gemachten Erfahrungen soll das Potential derartiger Instrumente für die physikalische Lehre diskutiert werden – sei es, um Lerninhalte zu motivieren, zu rekapitulieren, zu evaluieren oder ganz allgemein, um dazu beizutragen, dass sich Lehrende und Lernende besser aufeinander einstellen.

■ Auswahl an PINGO-Fragen zu den verschiedenen Themenbereichen der Klassischen Mechanik^[2, 3]

Thema	Frage	Antwort	Ergebnis
Gauß-Verteilung	Reaktionstest zwischen aufeinanderfolgenden Lichtsignalen als virtuelles Classroom-Experiment, (N = 51)	korrigiertes PINGO-Histogramm	
	Auf welchen drei Grundgrößen ist die Physik aufgebaut? (N = 50, MC) ^a	(a) Fläche, Volumen, Dichte (b) Länge, Zeit, Masse (c) Kraft, Energie, Leistung (d) Geschwindigkeit, Beschleunigung, Raumzeit (e) Lichtgeschwindigkeit, Erdbeschleunigung, Elektronenmasse (f) Kelvin, Celsius, Fahrenheit (g) Sekunde, Minute, Stunde (h) Mol, kg, bar	10% 5 68% 34 30% 15 8% 4 8% 4 8% 4 8% 4 10% 5
SI-System	Wissen		
	Fallgesetz	Ein Würfel aus Styropor, Holz und Stahl von identischem Volumen werden zur selben Zeit über den Rand eines 200 m hohen Wolkenkratzers geschoben. Die Luftreibung soll keine Rolle spielen. Welcher der drei Würfel trifft als erstes am Boden auf? (N = 45, SC)	0% 0 2% 1 38% 17 60% 27
Bewegungsgesetze	Intuition		
	Drei Stuntmen rasen mit ihren Motorbikes auf einen Abgrund im Grand Canyon zu. Gregor hat die größte, Michael die mittlere und Klaus die kleinste Fahrgeschwindigkeit. Während sich die drei jeweils mit einem Fallschirm retten, stürzen ihre Motorbikes in die Tiefe. Wessen Motorbike schlägt als erstes im Flussbett des Colorado Rivers auf? (N = 45, SC)	13% 6 2% 1 11% 5 73% 33	
Newton'sche Axiome	Sie bringen einen 5 kg schweren Bowling-Ball ohne Anlauf aus dem Stand innerhalb von 0,1 s auf die Geschwindigkeit von 5 m/s. Welche Kraft müssen Sie aufwenden? (N = 22, SC)	(a) 2,5 N (b) 5 N (c) 25 N (d) 50 N (e) 250 N (f) 500 N	18% 4 9% 2 14% 3 9% 2 50% 11 0% 0
	Beschleunigung		
Gleitreibung	Ein Quader aus Stahl wird einmal aufrecht stehend und einmal liegend auf einer ebenen Fläche positioniert. In welchem Fall muss mehr Kraft aufgewendet werden, um den Stahlquader – unter Berücksichtigung der Reibung – in Bewegung zu versetzen? (N = 38, SC)	(a) Die Reibungskraft beim aufrecht stehenden Quaders am größten. (b) Die Reibungskraft ist im Falle des liegenden Quaders am größten. (c) Die Reibungskraft ist in beiden Fällen gleich groß.	0% 0 79% 30 21% 8
	Rollreibung	Die drei abgebildeten Zylinder haben den exakt gleichen Rollreibungskoeffizienten mit $\mu_{\text{Roll}} = r \cdot \tan \alpha_{\text{Roll}}$. Die schiefe Ebene wird zunehmend geneigt. Welcher der drei Zylinder beginnt zuerst zu rollen? (N = 52, SC)	29% 15 0% 0 12% 6 60% 31
Arbeit	Welche mechanische Arbeit ist mindestens notwendig, damit ein Schleppflift am Feldberg 20 Personen von durchschnittlich je 50 kg über eine Strecke von insgesamt 200 m vom Startpunkt in einer Höhe von 1400 m auf den Gipfel in 1493 m zieht? (N = 30, SC)	(a) 91 kJ (b) 196 kJ (c) 0,91 MJ (d) 1,96 MJ (e) 9,1 MJ (f) 19,6 MJ	10% 3 7% 2 20% 6 37% 11 20% 6 7% 2
	(Kopf-) Rechnen		
Kraft und Potential	Finden Sie die beiden Zentralkraftfelder. (N = 37, MC)	(a) $\vec{F}(x,y) = \frac{1}{(x^2+y^2)^{3/2}} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ (b) $\vec{F}(x,y) = (x+y) \cdot \hat{r}$ (c) $\vec{F}(x,y) = \frac{1}{(x^2+y^2)^{3/2}} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ (d) $\vec{F}(x,y) = (x^2+y^2) \cdot \hat{r}$ (e) $\vec{F}(x,y) = (x \cdot y) \cdot \hat{r}$ (f) $\vec{F}(x,y) = \frac{1}{(x^2+y^2)^{3/2}} \cdot \begin{pmatrix} x \\ 0 \end{pmatrix}$	32% 12 24% 9 43% 16 24% 9 24% 9 35% 13
	Impuls(-erhaltung)	In welchen der folgenden Beispielen/Fällen handelt es sich um einen inelastischen oder vollkommen inelastischen Stoß? (N = 36, MC)	42% 15 58% 21 47% 17 50% 18 33% 12 31% 11
Zentrifugal- und Corioliskraft	Welche Aussagen sind korrekt? (N = 49, MC)	(a) Bei ausreichend großem ω wandern die beiden Kugeln (fast) bis zum höchsten Punkt der Bahn in Θ . (b) Bei vorgegebenem ω wird die leichtere rote Kugel weiter nach außen getrieben als die schwerere schwarze. (c) Bei vorgegebenem ω werden beide Kugeln immer gleich weit nach außen getrieben. (d) Bei vorgegebenem ω wird die schwerere schwarze Kugel weiter nach außen getrieben als die leichtere rote. (e) Die beiden Kugeln steigen maximal bis zur Höhe h auf. (f) Bei vorgegebenem ω steigen die Kugeln um so weiter nach oben, je kleiner der Radius R der Kreisbahn ist.	24% 12 43% 21 39% 19 16% 8 61% 30 29% 14
	Rotationsbewegung	„Virtuelles Labor zur Einübung des Begriffssystems der Rotationsbewegung“ (DD 2.3), Montag, 29.02.2016, 15:10-15:30, V 404	
Trägheitsmoment	Die Abbildung zeigt zwei Körper, welche aus mehreren Punktmassen in verschiedenen Abständen zur senkrecht auf der Zeichenebene stehenden Drehachse aufgebaut sind. Welche Aussage zum Trägheitsmoment der beiden Körper ist korrekt? (N = 32, SC)	(a) Das Trägheitsmoment von Körper 1 ist viermal so groß wie von Körper 2. (b) Das Trägheitsmoment von Körper 1 ist ein Viertel des Trägheitsmomentes von Körper 2. (c) Das Trägheitsmoment von Körper 1 ist doppelt so groß wie von Körper 2. (d) Das Trägheitsmoment von Körper 1 ist halb so groß wie von Körper 2. (e) Wäre Körper 1 um genau einen Massenpunkt leichter, so hätten beide Körper das gleiche Trägheitsmoment. (f) Beide Körper besitzen das exakt gleich große Trägheitsmoment.	3% 1 16% 5 13% 4 23% 8 6% 2 38% 12
	Kreisel	Für die Präzessionsfrequenz eines nicht-kräftefreien symmetrischen Kreisels gilt: $\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot r}{I \cdot \omega_{\text{Spin}}}$. Was folgt für die Präzessionsfrequenz, wenn die Kreiselscheibe – bei sonst unveränderten Abmessungen – die doppelte Dichte hat, mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit rotiert und der Neigungswinkel der Kreisellachse $\alpha = 30^\circ$ beträgt? (N = 28, SC)	4% 1 11% 3 57% 16 14% 4 7% 2 7% 2
Schwingungen	Eine an einer Feder auf- und abschwingende Kugel wird vollständig unter Wasser getaucht. Welche Beobachtung machen Sie bzw. welche Beschreibung ist korrekt? (N = 30, MC)	(a) Nach dem Untertauchen klingt die Amplitude der Schwingung ab. (b) Nach dem Untertauchen gilt: $x(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) \cdot e^{-\gamma t}$; $\gamma > 0$ (c) Die Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung ist kleiner als jene der ungedämpften Grundschiwingung. (d) Die Kreisfrequenz der gedämpften Schwingung ist größer als jene der ungedämpften Grundschiwingung. (e) Die Dämpfung ist proportional zur Geschwindigkeit. (f) Die Dämpfung ist proportional zur Auslenkung.	80% 24 23% 7 57% 17 13% 4 50% 15 47% 14

■ Charakterisierung der Lerngruppe

Rund drei Viertel der Vorlesungs-/Befragungsteilnehmenden studieren im 1. FS (~ 72%)*. Hinsichtlich der Studienausrichtung handelt es sich um eine heterogene Lerngruppe: (* Die Zahlenangaben entstammen einer PINGO-Umfrage in der 1. Vorlesungsveranstaltung vom 07.10.2015 mit N = 71-80 Teilnehmenden)

- Wirtschaftsingenieurwesen (WI): ~ 13/80 (16%)*
- Medizininformatik (MI): ~ 26/80 (33%)*
- Medizintechnik (MT): ~ 13/80 (16%)*
- Elektrotechnik (ET): ~ 28/80 (35%)*

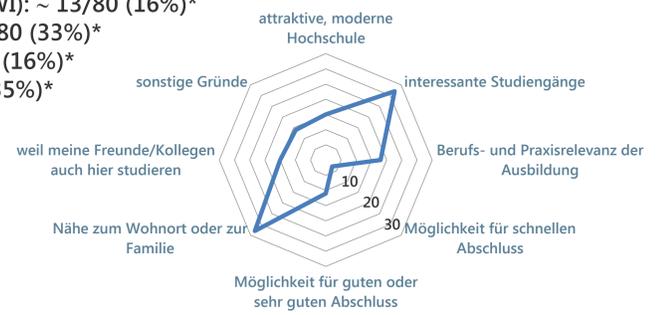


Abbildung | Ergebnis der PINGO-Umfrage „Warum studieren Sie an der Hochschule Trier (Mehrfachnennungen möglich)?“ unter N = 60 Teilnehmenden

■ Evaluation von PINGO

Im Rahmen Ihrer Vorlesung wurde das Online-Befragungsinstrument PINGO eingesetzt.

Wie beurteilen Sie die Verwendung von PINGO vor dem Hintergrund dieser einsemestrigen Vorlesung? (Sie dürfen mehrere Stimmen vergeben.) (N = 29, MC)



Wie beurteilen Sie den Einsatz des Online-Befragungsinstrumentes PINGO für Sie ganz persönlich? (Sie dürfen mehrere Stimmen vergeben.) (N = 26, MC)



■ Pros und Kontras PINGO in der Physikvorlesung

- | | |
|---|--|
| + Rückkopplung zum (Vor-)Wissensstand | - Zeitaufwand zur Vorbereitung didaktisch sinnvoller Fragen (ca. 30 Minuten/Frage) |
| + Vergleichsmöglichkeit mit Mitstudierenden | - Zeitbedarf zum Durchführen von PINGO in der Vorlesung (ca. 5 Minuten/Frage inkl. kurzer Besprechung) |
| + Leistungsstatistik der Lerngruppe | - Schwierigkeiten mit der Darstellung von Formeln und Abbildungen (Verwendung von PowerPoint ratsam) |
| + hilfreiche Unterstützung der Didaktik | - kleinere technische Probleme (Internet) |
| + interessante Art Physik zu lehren/lernen | |
| + Wiederverwertbarkeit der PINGO-Fragen | |

■ Fazit

Mit PINGO lässt sich „frischen Wind“ in die Physikvorlesung bringen – sei es zur Motivation, Wiederholung oder Evaluation. Insbesondere hält es die (größere) Lerngruppe zusammen, indem der gegenseitige Dialog gefördert wird. Dank dem unmittelbaren Feedback gelingt es den Studierenden besser, die eigene Leistung – auch im Vergleich mit ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen (Wettbewerbscharakter) – einzuschätzen. Die Studierenden finden es gut, wenn die PINGO-Fragen anschließend gemeinsam besprochen werden. Leider entfaltet PINGO (noch) keine zusätzliche Motivation, die Inhalte selbst nachzuvollziehen, obwohl das Lernen mit PINGO als interessant beurteilt wird.

[1] W. Reinhardt et al.: „PINGO: Peer Instruction for Very Large Groups“, In: EC-TEL 2012, Saarbrücken 2012
[2] Tobias Roth, Alexander Schwingel, Carola Greß, Ulla Hein, Roman Kirsch, Julia Appel: „Vorstellung eines Blended-Learning-Lab Konzeptes für die Grundlagenlabore in MINT-Fächern“, PhyDid B, DPG-Frühjahrstagung, Frankfurt/Main 2014
[3] T. Roth, H. Berg, J. Permesang, A. Schwingel, T. Andres, C. Hornberger: „Virtuelle Grundlagenlabore als vielseitiges Lehr-Lern-medium in Blended-Learning-Lab-Szenarien“, PhyDid B, DPG-Frühjahrstagung, Wuppertal 2015