



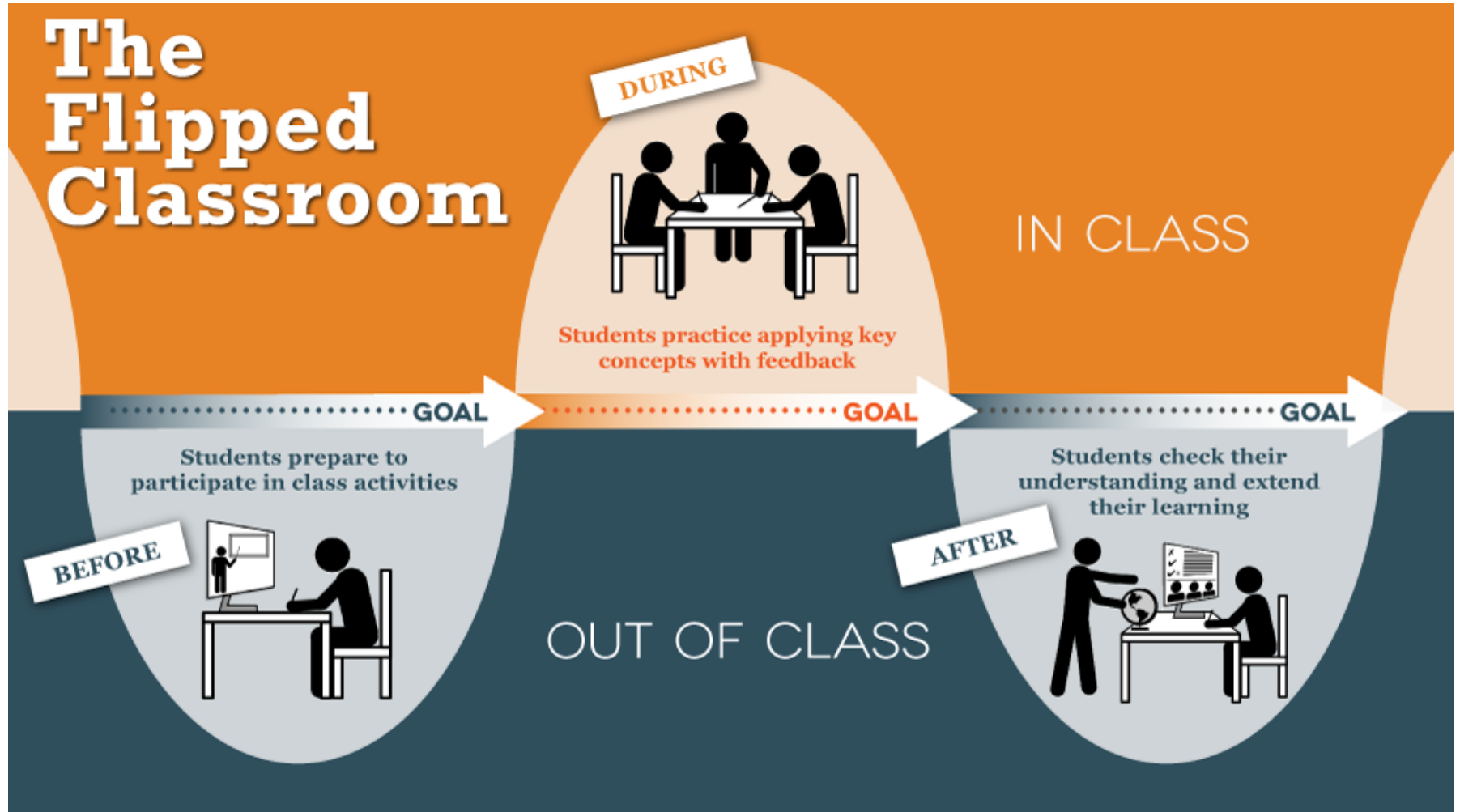
# Flipped vs. Unflipped Classroom at ETH

Tag für Physik und Ausbildung 2019

# Inhalt

- Flipped Classroom
- Beispiel an der ETH Zurich
- Vergleich Flipped Classroom mit Vorlesung
- Ergebnisse
- Allgemeine Erfahrungen

# Was ist *Flipped Classroom*?



# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens

# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens



[...] research indicates that students taught interactively have considerably better conceptual understanding and problem-solving skills than students taught with lecture. Furthermore, active learning correlates with better attendance, improved student 'affect' and higher retention in the sciences.

(Fraser et al., 2014)

# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens
- Auslagerung von elementarer Wissensvermittlung

# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens
- Auslagerung von elementarer Wissensvermittlung

**Matrizenmultiplikation**

**Aufgabe**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 2 \\ 1 & 4 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 1 & 4 \\ 2 & 1 & 1 \\ 3 & 5 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 & 8 & 7 \\ 19 & 15 & 16 \\ 20 & 20 & 11 \end{pmatrix}$$

2. Zeile · 2. Spalte → Element 2. Zeile, 2. Spalte

**Rechnung**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 2 \\ 1 & 4 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 1 & 4 \\ 2 & 1 & 1 \\ 3 & 5 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} + & + & + \\ + & 15 & + \\ + & + & + \end{pmatrix}$$

**Erläuterung**

Das Produkt  $A \cdot B$  der Matrizen  $A$  und  $B$  ist definiert, wenn die Anzahl der Spalten der Matrix  $A$  mit der Anzahl der Zeilen der Matrix  $B$  übereinstimmt. Die Ergebnismatrix hat dann so viele Zeilen wie die Matrix  $A$  und so viele Spalten, wie die Matrix  $B$ . Hier können Sie sich ansehen, wie die Elemente der Ergebnismatrix bestimmt werden.

**Anleitung**

1. Wählen Sie eine Aufgabe (unten).
2. Klicken Sie dann in der oben angezeigten Aufgabe auf ein Element der Ergebnis-Matrix und sehen Sie sich im Feld „Rechnung“ (links) an, wie dieses Element berechnet wird.

**Aufgabe**

© 2011 Cornelsen Verlag, Berlin

<https://www.cornelsen.de>

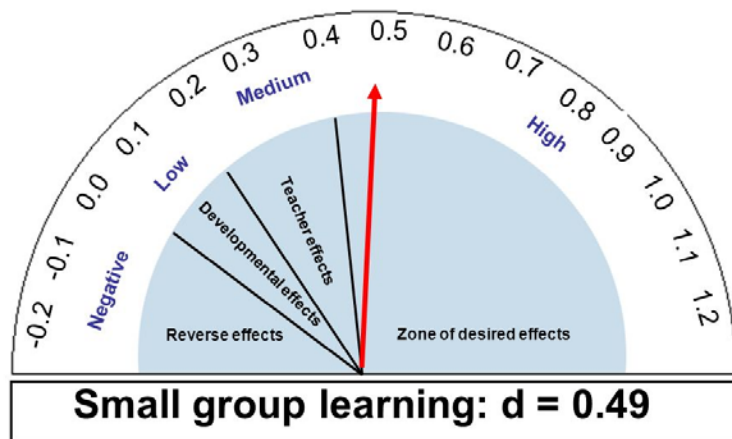
# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens
- Auslagerung von elementarer Wissensvermittlung
- Das Lernen in Kleingruppen fördern



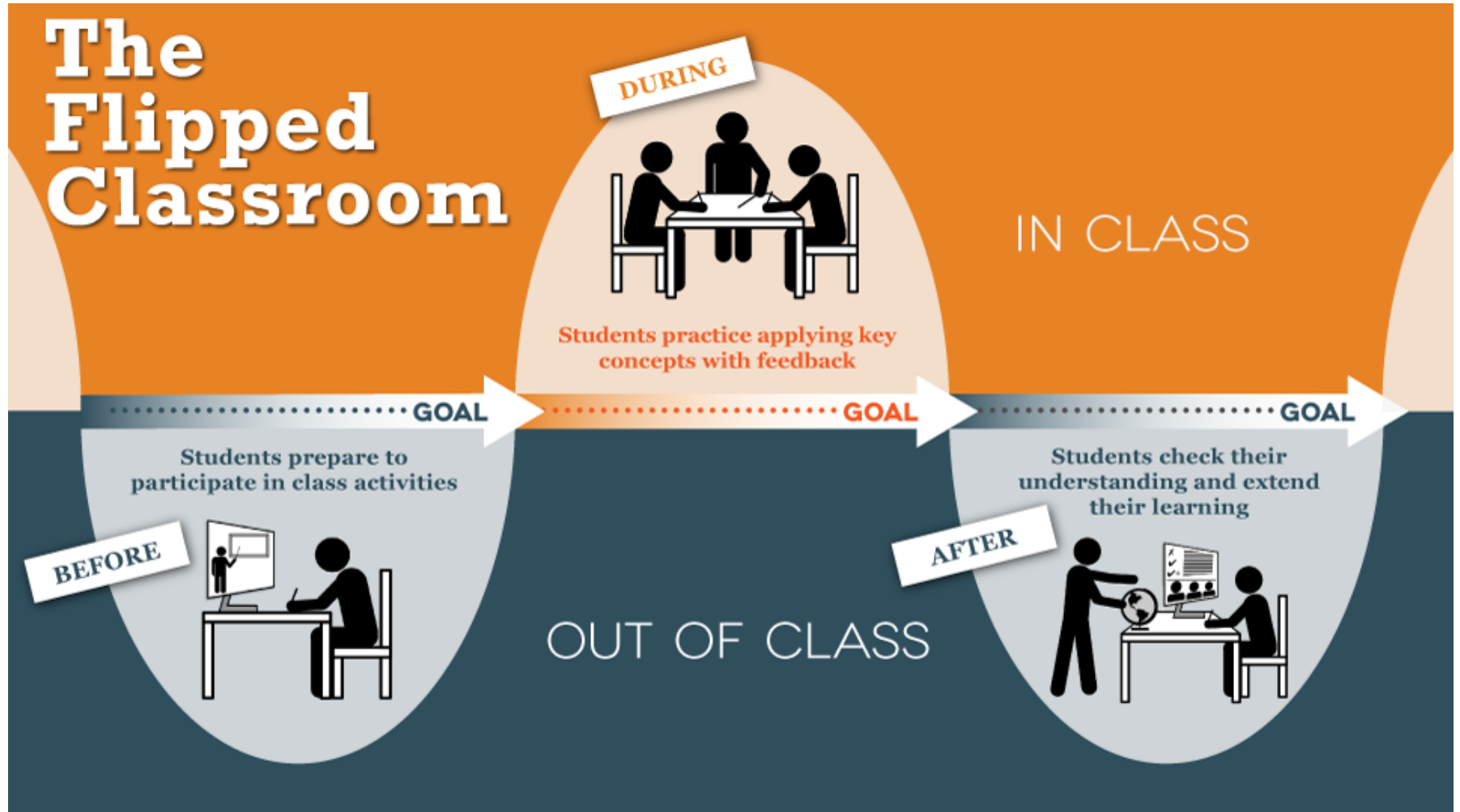
# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens
- Auslagerung von elementarer Wissensvermittlung
- Das Lernen in Kleingruppen fördern



Hattie, John (2009): Visible learning

# Beispiel ETH: Einführende Physikveranstaltung

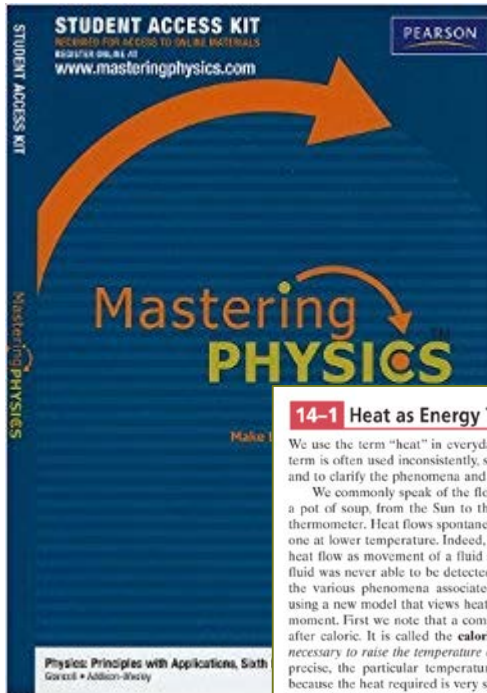


# Beispiel ETH: Einführende Physikveranstaltung



<https://facultyinnovate.utexas.edu>

# (A) Vorbereitungsphase (MasteringPhysics)



## 14-1 Heat as Energy Transfer

We use the term “heat” in everyday life as if we knew what we meant. But the term is often used inconsistently, so it is important for us to define heat clearly, and to clarify the phenomena and concepts related to heat.

We commonly speak of the flow of heat—heat flows from a stove burner to a pot of soup, from the Sun to the Earth, from a person’s mouth into a fever thermometer. Heat flows spontaneously from an object at higher temperature to one at lower temperature. Indeed, an eighteenth-century model of heat pictured heat flow as movement of a fluid substance called *caloric*. However, the caloric fluid was never able to be detected. In the nineteenth century, it was found that the various phenomena associated with heat could be described consistently using a new model that views heat as being akin to work, as we will discuss in a moment. First we note that a common unit for heat, still in use today, is named after caloric. It is called the **calorie** (cal) and is defined as *the amount of heat necessary to raise the temperature of 1 gram of water by 1 Celsius degree*. [To be precise, the particular temperature range from 14.5°C to 15.5°C is specified because the heat required is very slightly different at different temperatures. The difference is less than 1% over the range 0 to 100°C, and we will ignore it for most purposes.] More often used than the caloric is the **kilocalorie** (kcal), which is 1000 calories. Thus 1 kcal is the heat needed to raise 1 kg of water by 1°C. Often a kilocalorie is called a **Calorie** (with a capital C), and it is by this unit that the energy value of food is specified. In the British system of units, heat is measured in British thermal units (Btu). One Btu is defined as the heat needed to raise the temperature of 1 lb of water by 1°F. It can be shown (Problem 4) that 1 Btu = 0.252 kcal = 1055 J.

The idea that heat is related to energy was pursued by a number of scientists in the 1800s, particularly by an English brewer, James Prescott Joule (1818–1889). Joule and others performed a number of experiments that were crucial for establishing our present-day view that heat, like work, represents a transfer of energy. One of Joule’s experiments is shown (simplified) in Fig. 14-1. The falling weight causes the paddle wheel to turn. The friction between the water and the paddle wheel causes the temperature of the water to rise slightly (barely measurable, in fact, by Joule). The same temperature rise could also be obtained by heating the water on a hot stove. In this and many other experiments (some involving electrical energy), Joule determined that a given amount of work done was always equivalent to a particular amount of heat input. Quantitatively, 4.186 joules (J) of work was found to be equivalent to 1 calorie (cal) of heat. This is known as the **mechanical equivalent of heat**:

**MasteringPHYSICS**

**Block on an Incline Adjacent to a Wall**

A wedge with an inclination of angle  $\theta$  rests next to a wall. A block of mass  $m$  is sliding down the plane, as shown. There is no friction between the wedge and the block or between the wedge and the horizontal surface.

**Part A**

Find the magnitude,  $F_{\text{net}}$ , of the sum of all forces acting on the block.

Express  $F_{\text{net}}$  in terms of  $\theta$  and  $m$ , along with any necessary constants.

$$F_{\text{net}} = mg \sin \theta$$

Correct

[submit](#) [hints](#) [my answers](#) [show answer](#) [review part](#)

**Part B**

Find the magnitude,  $F_{\text{wall}}$ , of the force that the wall exerts on the wedge.

Express  $F_{\text{wall}}$  in terms of  $\theta$  and  $m$ , along with any necessary constants.

$$F_{\text{wall}} = \frac{mg \cos(2\alpha)}{2}$$

Try Again; 5 attempts remaining

[submit](#) [hints](#) [my answers](#) [show answer](#) [review part](#)

**Feedback** Close

The correct answer does not depend on the variable:  $\alpha$ .

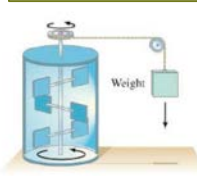
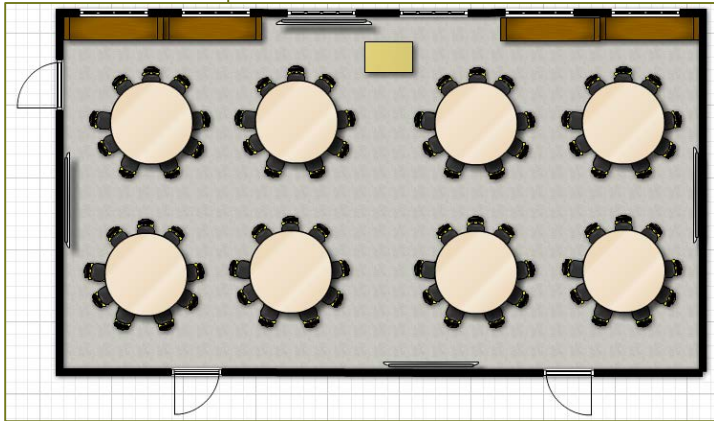
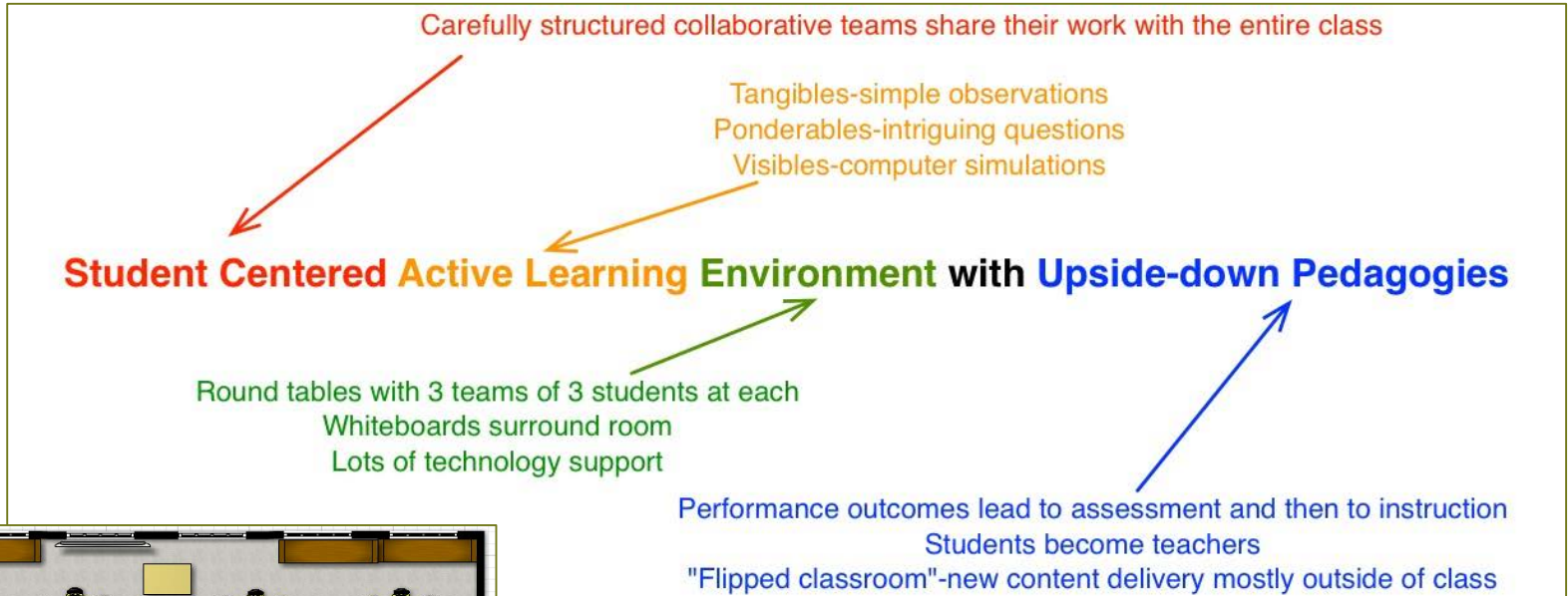


FIGURE 14-1 Joule’s experiment on the mechanical equivalent of heat.

# (B) Kontaktphase (SCALE-UP)





# (C) Nachbearbeitungsphase (Übungen)



PHYSIK I (FS 17)

Übung 03

402-0062-00L

Vorbereitung: 7.3/9.3.2017

Abgabe: 14.3/16.3.2017

Besprechung: 21.3/23.3.2017

## 1. Aufgabe

- a) Ein Hochgeschwindigkeitszug fährt mit  $300 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  in eine ebene Kurve. Die maximal zulässige Beschleunigung, welcher Passagiere ausgesetzt werden dürfen, sei:  $0.05 g = 0.49 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Wie gross ist somit der minimal tolerierbare Kurvenradius  $R_{\text{min}}$ ?
- b) Wie gross darf die Geschwindigkeit maximal sein, wenn der Kurvenradius nur 1 km beträgt?

## 2. Aufgabe

Eine Masse  $m = 90 \text{ kg}$  bewegt sich mit einer Geschwindigkeit  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Auf diese Masse wirkt für eine Zeitdauer von  $t = 2 \text{ s}$  eine Kraft  $F = 45 \text{ N}$  immer rechtwinklig zur momentanen Bewegungsrichtung. Was für einen Winkel hat die momentane Bewegungsrichtung nach 2 s gegenüber der anfänglichen Bewegungsrichtung?

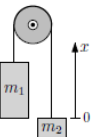
## 3. Aufgabe

Sie rennen mit  $v = 18 \text{ km/h}$  horizontal über die Kante des 10-m-Turms im Freibad. In welcher horizontalen Distanz von der Absprung-Kante treffen Sie auf dem Wasser auf?

## 4. Aufgabe

Zwei Körper der Masse  $m_1 = 5.2 \text{ kg}$  und  $m_2 = 1.5 \text{ kg}$  sind der Schwerkraft auf der Erdoberfläche ausgesetzt und mit einem Seil über eine Rolle verbunden. Die Masse von Seil und Rolle, sowie die Reibung der Rolle können vernachlässigt werden. Zur Zeit  $t = 0 \text{ s}$  hängen beide Massen in derselben Höhe  $x(t = 0) = 0$  und sind in Ruhe.

- a) Berechnen Sie die Höhen der beiden Massen zum Zeitpunkt  $t = 1 \text{ s}$ .
- b) Bei  $t = 1 \text{ s}$  reisse plötzlich das Seil. Berechnen Sie die Höhen der Massen zwei Sekunden nach dem Reissen des Seils.



# Vergleich mit paralleler Vorlesung

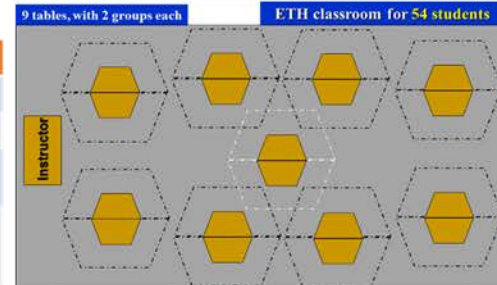


During the spring semester 2017, we have divided a non-physics undergraduate student cohort into two parallel teaching settings, one focusing on skill development (SCALE-UP) and one focusing on content delivery (LECTURE). In the SCALE-UP setting, students had to prepare the content prior to coming to class (flipped classroom).



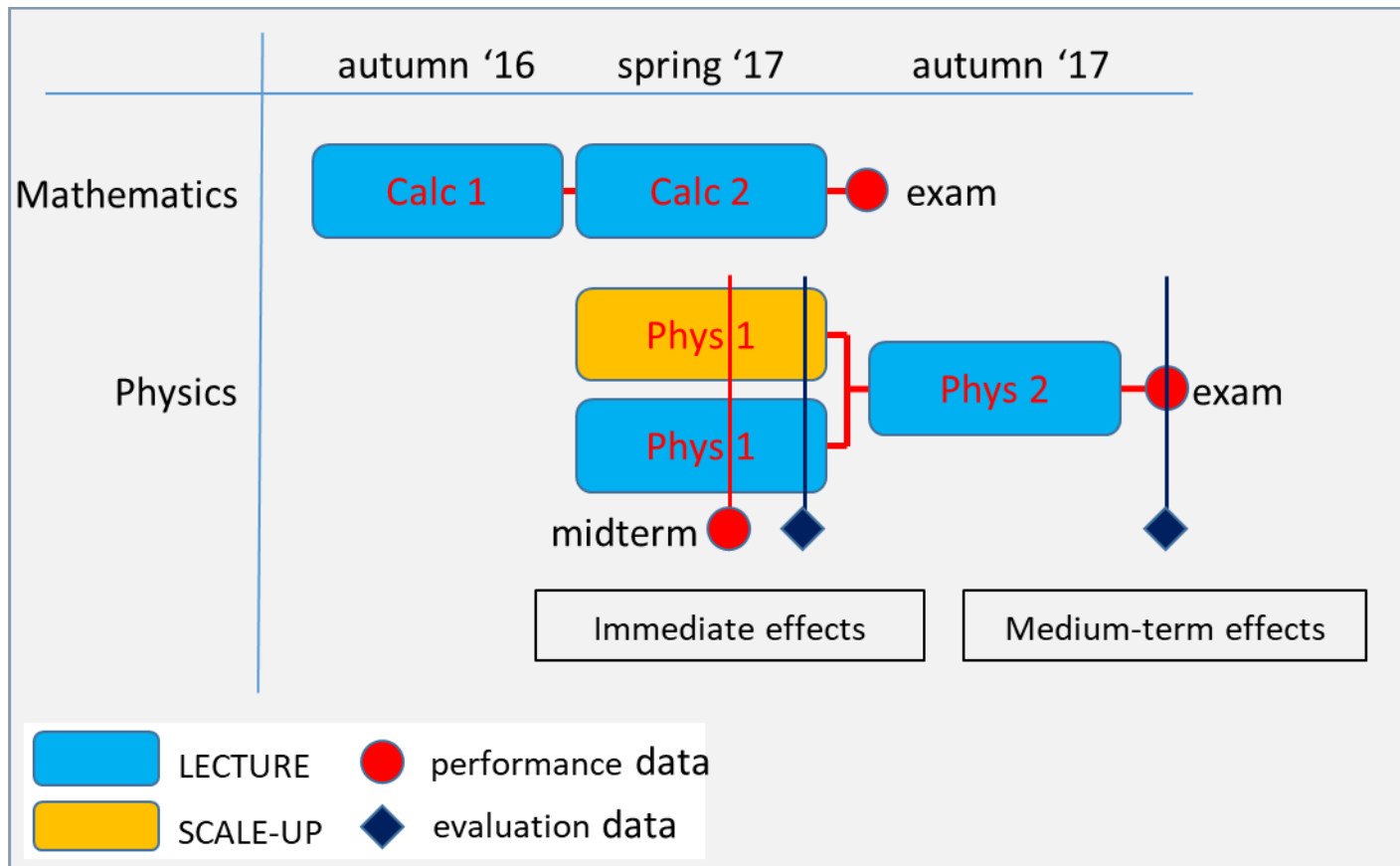
	LECTURE
Instructors	1 Full Professor + 16 TAs
Students	318
Room infrastructure	amphitheater with 372 seats
Main in-class activities	lecturing, classroom demonstrations, peer instruction

	SCALE-UP
Instructors	1 Full Professor + 3 TAs
Students	54
Room infrastructure	9 tables, each with 6 seats
Main in-class activities	peer instruction, group problems, hands-on experiments



- Welche kurzfristigen und welche langfristigen Leistungsgewinne können wir im Flipped-Classroom erwarten?
- Welchen Einfluss hat Flipped-Classroom auf das Lernverhalten und auf die Selbsteinschätzung?

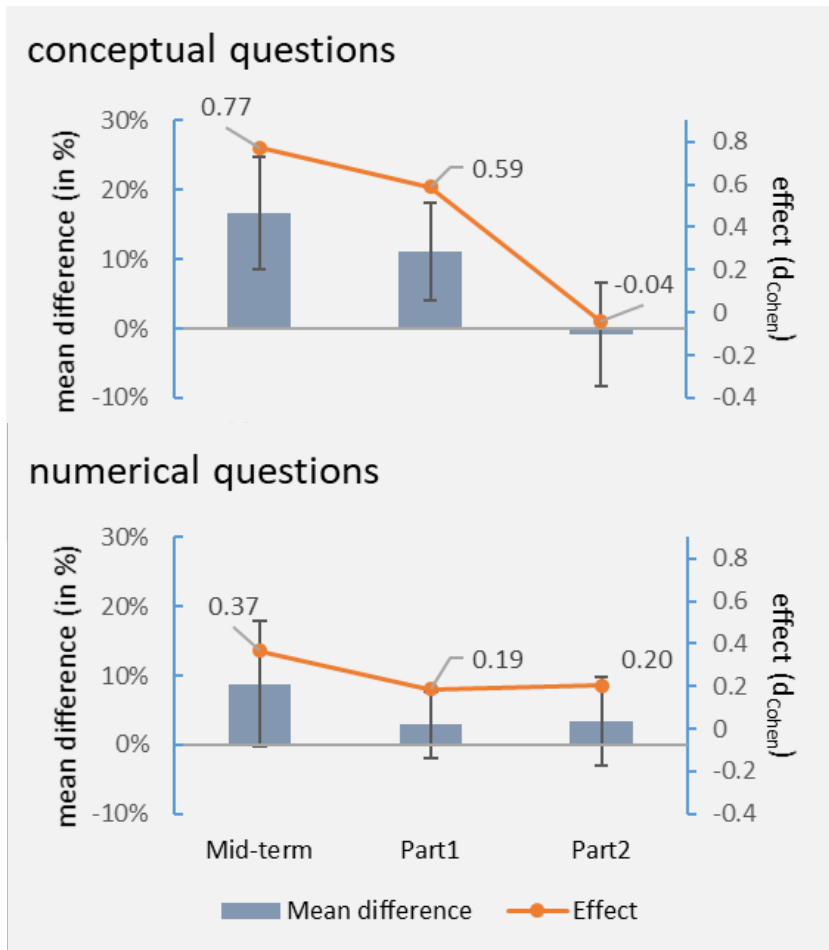
# Messungen



$N_{\text{LECTURE}} = 133$   
 $N_{\text{SCALE-UP}} = 35$



# (A) Lerngewinn und Lernverhalten



Fehlerbalken = 95% CI

Lerngewinn der Studierenden  
im SCALE-UP:

$$M_{\text{SCALE-UP}} - M_{\text{LECTURE}}$$

Identischer Lernstoff: Mid-term und Part1  
Neuer Lernstoff: Part2

Mid-term → Kurzezeiteffekt

Part1 → Langzeiteffekt

Part2 → Lernverhalten (Transfer)

## (B) Selbsteinschätzung

Course survey question (spring '17)	Scale	Medians	U-test
How often did you attend the course unit?	1: always 2: usually 3: half of time	1   1	p=.140
How many hours on average per week did you spend doing work outside of contact hours?	1: 0-1h 2: 2-4h 3: 5-7h	2   2	p=.917
<b>I am able to explain the most important material learned in this course to a younger student.</b>	1: not true - 5: abs. true	<b>3.5   3</b>	<b>p=.004</b>
Exam survey question (autumn '17)	Scale	Medians	U-test
I am able to explain the most important material learned in this course to a younger student.	1: not true - 5: abs. true	4   4	p=.216
How many days did you spend for the preparation of the exam?	1: 1-2d 2: 7-13d 3: 14-20d 4: >20d	2   2	p=.490
<b>How would you estimate your grade in the examination?</b>	1: failed - 6: full points	<b>3   2</b>	<b>p=.012</b>

Medians:  $Mdn_{SCALE-UP} | Mdn_{LECTURE}$ ,  $N_{course} = 105$ ,  $N_{exam} = 131$ .

# Ergebnisse

- Flipped Classroom (SCALE-UP) fördert das konzeptuelle Verständnis.
- Flipped Classroom (SCALE-UP) hat keinen negativen Effekt auf das Lösen typischer Physikaufgaben.
- Das Lernverhalten konnte mit einem 14wöchigen Flipped-Classroom nicht nachhaltig verbessert werden.
- Die SCALE-UP Gruppe war engagierter und fühlt sich sicherer.
- Der zeitliche Lernaufwand ist für beide Gruppen identisch.

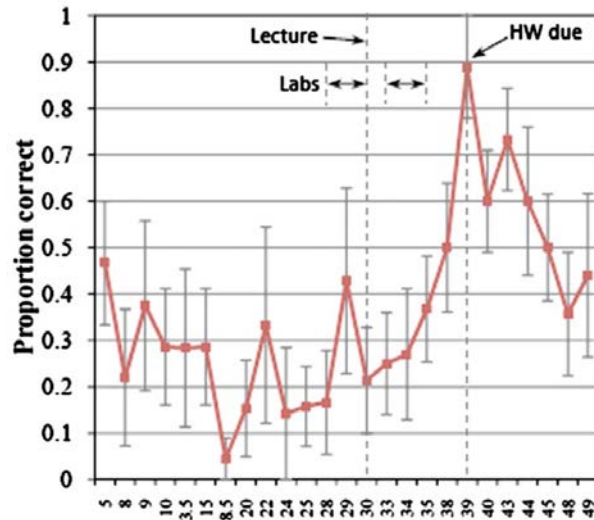
# Allgemeine Erfahrungen

- Im Flipped-Classroom muss das Vorwissen konsequent eingefordert werden (auf reine Wissensvermittlung in der Präsenz verzichten!).
- Aktivitäten in Kleingruppen sind essenziell.
- Videos sind keine notwendige Voraussetzung.
- Bei grossen Studierendenzahlen benötigt Flipped Classroom erhöhte Ressourcen (Betreuung / Räume)

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

# Warum *Flipped Classroom*?

- Förderung des aktiven Lernens



Lab= laboratory course  
HW=homework assignment

[...] evidence that the increase in performance was not due to what students learned in the traditional lectures, but what they learned by doing homework [...]

(Heckler/Sayre, 2010)

# Leistungsunterschiede

Table 1. Test statistics of the student performance for each set of questions.

	SCALE-UP Mean (SD)	LECTURE Mean (SD)	t-statistics	Effect size
complete				
Mid-term	61.75 (22.59)	48.99 (20.01)	<b>3.27 (p=.001)</b>	0.621
Phys1	50.71 (9.34)	46.66 (11.71)	<b>2.16 (p=.034)</b>	0.360
Phys2	46.47 (12.61)	44.75 (11.56)	0.77 (p=.443)	0.146
conceptual				
Mid-term	64.84 (23.57)	48.12 (21.11)	<b>4.07 (p&lt;.001)</b>	0.773
Phys1	57.86 (20.01)	46.76 (18.58)	<b>3.09 (p=.002)</b>	0.588
Phys2	61.43 (22.96)	62.26 (19.05)	-0.22 (p=.825)	-0.042
numerical				
Mid-term	58.65 (25.00)	49.85 (23.79)	1.92 (p=.056)	0.366
Phys1	68.14 (11.32)	65.28 (16.33)	1.20 (p=.233)	0.185
Phys2	59.07 (17.53)	55.64 (16.83)	1.06 (p=.289)	0.202

$N_{\text{SCALE-UP}}=35$ ;  $N_{\text{LECTURE}}=133$ ; means are referring to the students' performance in percent; SD = standard deviation; effect sizes associated with independent t-tests are computed using Cohen's d. Statistically significant results are marked in bold.

# Langzeiteffekte

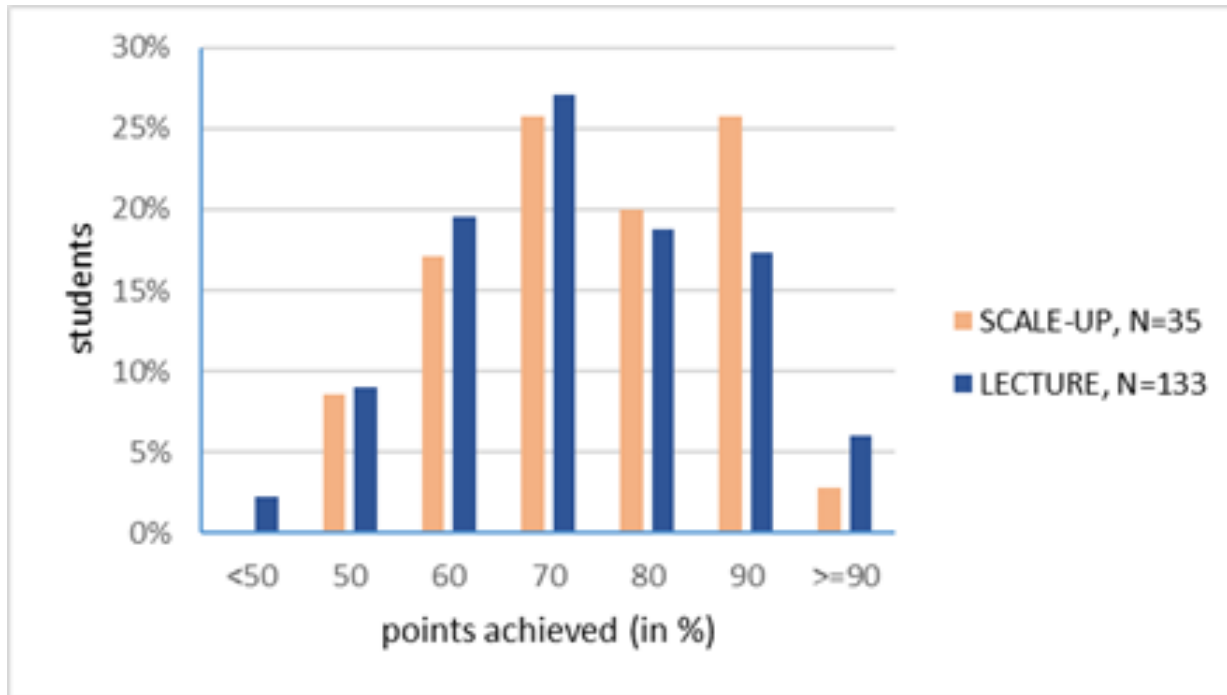
Table 2. Test statistics comparing the performance between Mid-term and Phys1.

	Mean (SD/SE)	t-statistics	r
LECTURE			
complete	-2.23 (17.19/1.49)	-1.56 (p=.121)	<b>0.516</b>
conceptual	-1.36 (22.70/1.97)	-0.69 (p=.490)	<b>0.351</b>
numerical	15.43 (21.84/1.89)	<b>8.15 (p&lt;.001)</b>	<b>0.458</b>
SCALE-UP			
complete	-11.03 (17.31/2.93)	<b>-3.77 (p=.001)</b>	<b>0.705</b>
conceptual	-6.98 (19.91/3.37)	<b>-2.07 (p=.046)</b>	<b>0.593</b>
numerical	9.49 (22.10/3.73)	<b>2.54 (p=.016)</b>	<b>0.468</b>

$N_{\text{SCALE-UP}}=35$ ;  $N_{\text{LECTURE}}=133$ ; Mean is referring to the paired mean differences:  $M_{\text{Phys1}} - M_{\text{Midterm}}$ ; SD = standard deviation; SE = standard error; r = Pearson correlation coefficient. Statistically significant results are marked in bold.



# Leistungsvergleich in Mathematik



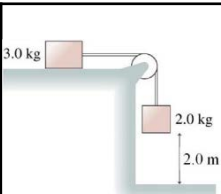
# Beispielaufgaben

## Konzeptfrage:

An object explodes in a rigid pipe and breaks into 3 pieces. A 6 gram piece comes out the right end of the pipe, and a 4 gram piece comes out the left end at twice the speed of the 6 gram piece. From which end of the pipe does the 3rd piece emerge?

Be sure to provide a careful explanation of your answers in words and/or equations.

## Numerische Aufgabe:



A 3 kg block sits on top of a frictionless table, and a 2 kg block hangs over the edge of the table, connected by a pulley to the upper block. The hanging block is initially 2 m above the floor and is released from rest.

- Using energy considerations only, find the speed of the 2 kg block just before it hits the floor.
- Using work and energy considerations only, find the tension in the string.

# Kommentare der Studierenden

## Vorlesung:

*Die Vorlesung ist sehr klar gegliedert und mit Beispielen/Vorzeigen sehr hilfreich fürs Verständnis.*

## SCALE-UP:

*Ich habe Scale-Up sehr gemocht, weil dieses Format mich viel mehr zum mitdenken angeregt hat, als wenn ich in einer normalen Vorlesung gewesen wäre.*