

Adaptive Tutorial Exercises with STACK

Dr. Michael Kallweit, Farhad Razeghpour

Part of Erasmus + Program

02. June 2023



Dr. Michael Kallweit

Lecturer (Didactics of Mathematics)

✉ michael.kallweit@rub.de



Farhad Razeghpour

PhD Student (Didactics of Mathematics)

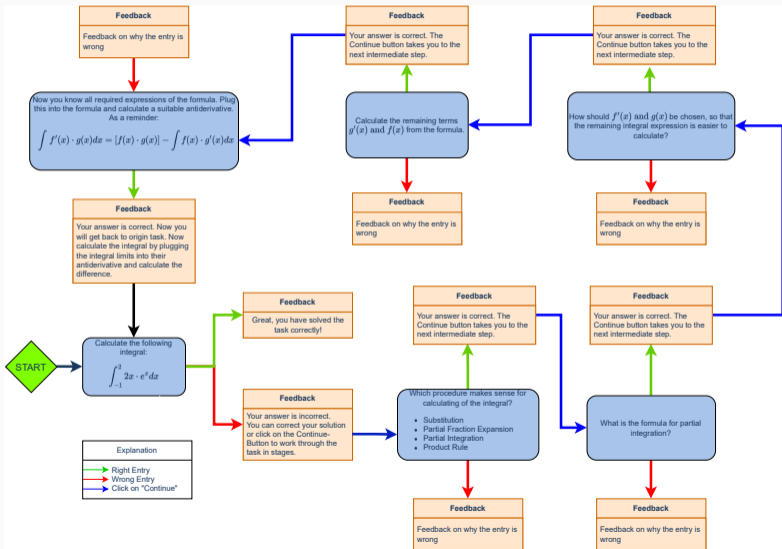
✉ farhad.razeghpour@rub.de

- What constitutes effective feedback?
 - Addresses causes of errors and points out solution strategies
 - Closes gap between the current and desired learning state (Hattie & Timperley, 2007)
 - Is read and applied (Narciss, 2008)
- How is feedback given?
 - Incorrect entries cannot be returned back to causes with sufficient certainty (VanLehn, 1990)
 - Feedback is given when task is completed, so no direct application is possible
 - Feedback is often not read (Tärning et al., 2020)

Solution: Adaptive Tasks Created with STACK

Sample Task

How is an adaptive task structured?



Characteristics & Advantages of Adaptive Tasks

- Students can work on the task in stages
- While processing the intermediate steps, they can get more precise feedback about the causes of their error
- Higher motivation to read and deal with feedback because they are actively involved to correct their solution
- Reducing the Feedback by not giving the whole solution counteracts cognitive overload (Skulmowski & Xu, 2022)

Characteristics & Advantages of Adaptive Tasks

Man setzt die in der Aufgabe gegebenen Angaben in die Formel für die Teststatistik ein:

$$T = \frac{\bar{Y} - \bar{X}}{\sqrt{\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right) \cdot s_P^2}} = \frac{34 - 31}{\sqrt{\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right) \cdot 10}} = \frac{3}{\sqrt{1}} = 3$$

Der kritische Wert ist durch das 5 %-Quantil der t_{38} -Verteilung gegeben.

$$t_{38,0.05} = 1.68595420616$$

Sie können diesen Wert entweder aus einer passenden Tabelle ablesen, oder den R-Befehl `qt(0.95, 38)` verwenden.

Am Ende verwerfen Sie also die Hypothese, falls $T \geq 1.68595420616$ ist.

Figure 1: KCR-Feedback

Characteristics & Advantages of Adaptive Tasks

Man setzt die in der Aufgabe gegebenen Angaben in die Formel für die Teststatistik ein:

$$T = \frac{\bar{Y} - \bar{X}}{\sqrt{\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right) \cdot s_P^2}} = \frac{34 - 31}{\sqrt{\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right) \cdot 10}} = \frac{3}{\sqrt{1}} = 3$$

Der kritische Wert ist durch das 5 %-Quantil der t_{38} -Verteilung gegeben.

$$t_{38;0.05} = 1.68595420616$$

Sie können diesen Wert entweder aus einer passenden Tabelle ablesen, oder den R-Befehl `qt(0.95, 38)` verwenden.

Am Ende verwerfen Sie also die Hypothese, falls $T \geq 1.68595420616$ ist.

Figure 2: KCR-Feedback



a) Wählen Sie eine geeignete Teststatistik für dieses Testproblem aus.

- $T = \frac{(n-1) \cdot s_X^2}{\sigma_0^2}$
- $T = \frac{\bar{Y} - \bar{X}}{\sqrt{\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n}\right) \cdot s_P^2}}$
- $T = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_0)}{\sqrt{n \cdot s_X^2}}$
- $X = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - \theta_i \cdot n)^2}{\theta_i \cdot n}$
- $F = \frac{s_Y^2}{s_X^2}$

✘ Falsche Antwort.

Diese Teststatistik gehört zum F-Test zum Vergleich der Varianzen zweier Stichproben.

Figure 3: Feedback on Adaptive Task

Insights of a study at the Ruhr-University on the effects of adaptive tasks

Research Questions & Method

- Research Questions
 - To what extent does student performance differ in a mathematics course depending on the number of completed adaptive tasks?
 - To what extent does the performance of students differ in tasks with and without prior adaptive training opportunities?
- Method
 - 287 engineering students were offered 10 STACK homework assignments about stochastics and statistics
 - For half of these tasks, they were offered adaptive tasks as preparation
 - Voluntary decision to use adaptive tasks
 - At the end of the semester, an exam was written that contained tasks similar to homework
 - The adaptive tasks differed from the homework and the exam tasks in their numerical values and contexts

Topic 1:

Binomial Distribution

Intermediate Steps: 7

Nodes: 24

Über einen Nachrichtenkanal wird ein Zeichen mit einer Wahrscheinlichkeit 0.96 korrekt übertragen. Eine Nachricht besteht aus 50 Zeichen. Wir bezeichnen die Zahl der falsch übertragenen Zeichen mit X .

a) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeitsverteilung von X

Antwort:

Hinweis: Wenn Sie etwas in das Feld eingeben, bekommen Sie eine Liste mit Vorschlägen, die zu Ihrer Eingabe passen.

b) Bestimmen Sie den Erwartungswert und die Varianz von X .

Antwort:

$$E(X) =$$

$$\text{Var}(X) =$$

c) Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit $P(X \geq 2)$.

Antwort:

Prüfen

The Adaptive Tasks

Topic 1:

Binomial Distribution

Intermediate Steps: 7

Nodes: 24

Topic 2:

Confidence Interval

Intermediate Steps: 8

Nodes: 18

Die Mitarbeiter:innen des Lehrstuhls Mathematik XII haben 20 Großpackungen von Schokolinsen gewogen. Das mittlere Gewicht betrug 171 g, die empirische Standardabweichung war 2 g. Wir nehmen an, dass das Gewicht einer zufällig gewählten Packung $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ -verteilt ist, wobei μ und σ^2 unbekannte Parameter sind.

a) Bestimmen Sie ein 95.0%-Konfidenzintervall für den unbekanntes Erwartungswert μ . Geben Sie die Intervallgrenzen bitte mit mindestens zwei Nachkommastellen an. Sie können das Intervall so eingeben: [a, b].

Antwort:

b) Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- Wir können sicher sein, dass der unbekannte Parameter μ in dem Konfidenzintervall liegt.
- Wenn wir das von uns verwendete Verfahren immer wieder anwenden, so wird der unbekannte Parameter μ in 95.0% aller Fälle im Konfidenzintervall liegen.

c) Bestimmen Sie ein 95.0%-Konfidenzintervall für die unbekannte Varianz σ^2 . Geben Sie die Intervallgrenzen bitte mit mindestens zwei Nachkommastellen an. Sie können das Intervall so eingeben: [a, b].

Antwort:

Prüfen

The Adaptive Tasks

Topic 1:

Binomial Distribution

Intermediate Steps: 7

Nodes: 24

Topic 2:

Confidence Interval

Intermediate Steps: 8

Nodes: 18

Ein Professor fährt täglich mit dem Fahrrad die 8.8 km lange Strecke von seiner Wohnung zur Universität. Im Januar 2020 ist er an 20 Tagen gefahren; dabei war die mittlere Fahrzeit $\bar{x} = 26$ min und die Stichprobenvarianz $s_x^2 = 8 \text{ min}^2$. Im August 2020 ist er erneut an 20 Tagen gefahren; diesmal war die mittlere Fahrzeit $\bar{y} = 29$ min und die Stichprobenvarianz $s_y^2 = 12 \text{ min}^2$.

a) Wählen Sie eine geeignete Teststatistik für dieses Testproblem aus.

Antwort:

b) Bestimmen Sie den Wert Ihrer Teststatistik.

Antwort:

c) Bestimmen Sie den kritischen Wert zu Ihrer Teststatistik zum Niveau $\alpha = 5\%$.

Antwort:

d) Wie lautet Ihre Testentscheidung, wenn zum Niveau $\alpha = 5\%$ getestet werden soll?

Antwort:

Prüfen

Topic 3:

Hypothesis Test

Intermediate Steps: 6

Nodes: 6

The Adaptive Tasks

Topic 1:

Binomial Distribution

Intermediate Steps: 7

Nodes: 24

Topic 2:

Confidence Interval

Intermediate Steps: 8

Nodes: 18

Die Lufthansa weiß aus Erfahrung, dass Passagiere mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% zum Flug erscheinen. Für einen Transatlantikflug hat sie 900 Tickets verkauft. Wir bezeichnen mit X die Anzahl der Passagiere, die zum Flug erscheinen.

Bestimmen Sie näherungsweise die Wahrscheinlichkeit, dass nicht mehr als 819 Passagiere zum Abflug erscheinen. Verwenden Sie dazu die Normalapproximation und geben Sie das Ergebnis auf mindestens 3 Nachkommastellen genau an.

Antwort:

Prüfen

Das Gewicht eines bei Wanderern beliebten Müsliriegels ist normalverteilt mit Erwartungswert 44 g und Varianz 9 g^2 .

Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein zufällig ausgewählter Müsliriegel weniger als 45.5 g wiegt?

Antwort:

Prüfen

Topic 3:

Hypothesis Test

Intermediate Steps: 6

Nodes: 6

Topic 4:

Normal Distribution

Intermediate Steps: 7

Nodes: 13

Checking the Difficulty of the Homework

- Verification that homework with adaptive tasks are not easier to solve than those without adaptive tasks

→ Performance of 80 students who did not work on adaptive tasks:

	SD	M
Homework with adaptive Tasks	0.29	0.15
Homework without adaptive Tasks	0.3	0.18

Results I

To what extent does student performance differ in a mathematics course depending on the number of completed adaptive tasks?

- Analysis of variance on the average performance in homework for which adaptive tasks exist

Group	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>H</i> (2)	<i>p</i>
0	80	0.29	0.15		
1	110	0.27	0.6	152.78	< .001
2	97	0.17	0.86		

- A significant part of variance in average performance in homework can be explained by the number of completed adaptive Tasks

Results II

To what extent does student performance differ in a mathematics course depending on the number of completed adaptive tasks?

- Analysis of variance on the average performance in exam tasks for which adaptive tasks exist

Group	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>H</i> (2)	<i>p</i>
0	80	0.24	0.56		
1	110	0.22	0.68	35.48	< .001
2	97	0.19	0.77		

- A significant part of variance in average performance in exam can be explained by the number of completed adaptive Tasks

Results III

To what extent does the performance of students differ in tasks with and without prior adaptive training opportunities?

- Paired t-test on average performance in homework with and without preparing adaptive tasks.

Tasks	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>t</i> (96)	<i>p</i>
Homework with Adaptive Tasks	97	0.17	0.86	2.74	.004
Homework without Adaptive Tasks	97	0.16	0.81		

- Students who complete adaptive tasks have significantly higher performance on homework with preparing adaptive tasks than on those without.

Results IV

To what extent does the performance of students differ in tasks with and without prior adaptive training opportunities?

- Paired t-test on average performance in exam tasks with and without preparing adaptive tasks.

Tasks	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>t</i> (96)	<i>p</i>
Exam Tasks with Adaptive Tasks	97	0.19	0.77	3.19	< .001
Exam Tasks without Adaptive Tasks	97	0.19	0.72		

- Students who complete adaptive tasks have significantly higher performance on exam tasks with preparing adaptive tasks than on those without.

Technical Background

Technical Background

- Integration of an external Javascript file
- Task and intermediate steps are defined as div sections with a unique ID
- Buttons are defined in feedback fields of the response trees that address the div sections.
- When learners click on a button, certain content is hidden and other content is displayed.
- Further information: Case Study: Adaptive Self-learning Exercises (Kallweit, 2019)
- Goal: Integration in new STACK Version

- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). *The Power of Feedback. Review of Educational Research, 77(1)*, 81–112.
- Kallweit, M. (2019). Adaptive Self-learning Exercises. Retrieved from <https://stack-assessment.org/CaseStudies/2019/Adaptive>
- Narciss, S. (2020). Feedbackstrategien für interaktive Lernaufgaben. In H. Niegemann & A. Weinberger (Ed.), *Handbuch Bildungstechnologie. Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (369–392). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_35
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: a New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educ Psychol Rev 34*, 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>

- Tärning, B., Lee, Y. J., Andersson, R., Månsson, K., Gulz, A., & Haake, M. (2020). Assessing the black box of feedback neglect in a digital educational game for elementary school. *Journal of the Learning Sciences*, 29(4-5), 511-549. <https://doi.org/10.1080/10508406.2020.1770092>
- VanLehn, K. (1990). *Mind Bugs: The Origins of Procedural Misconceptions*. The MIT Press.

Thank you for your attention!
Let's talk about it!