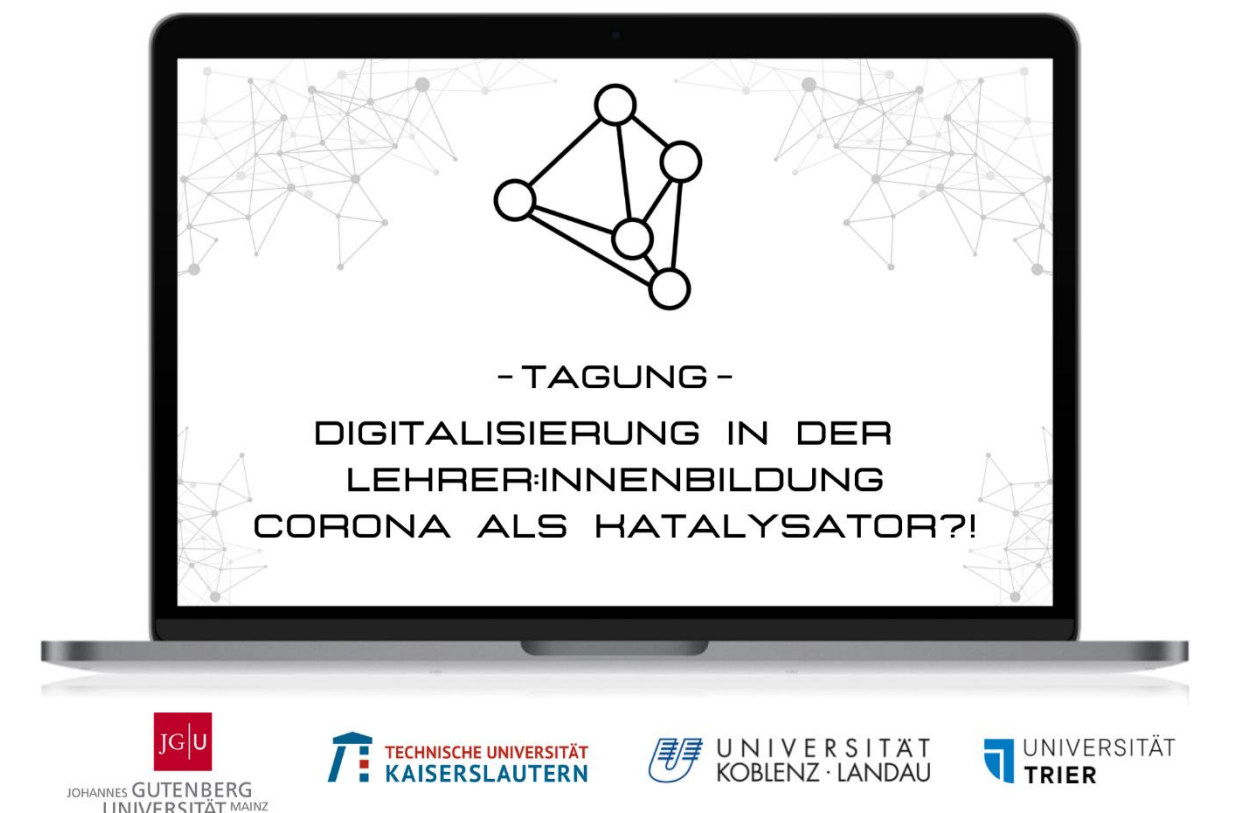
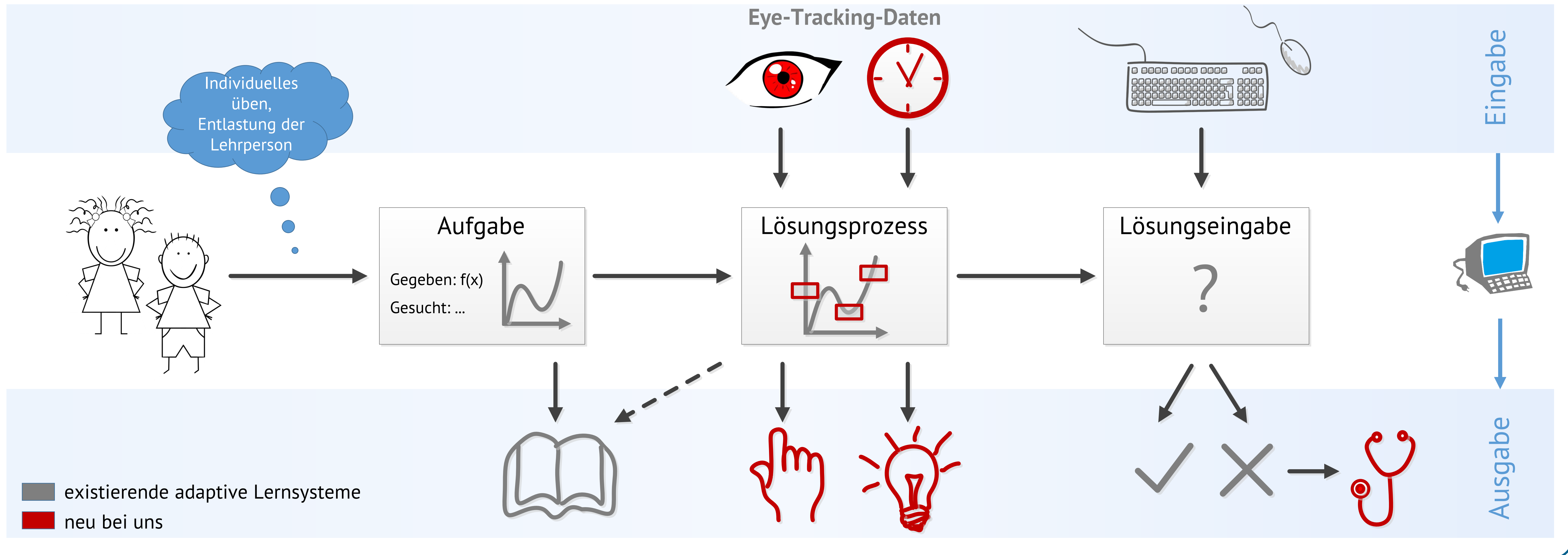


Nutzung von Eyetracking zur Verbesserung von adaptiven Lernsystemen

Kathrin Kennel, Stefan Ruzika, TU Kaiserslautern



Ziel des Projekts



Motivation & Hypothesen

Adaptive Lernsysteme analysieren die Eingaben des Lernenden und reagieren auf dieser Grundlage. Dies erfordert eine hohe Diagnosefähigkeit des Systems. Durch eine zusätzliche Erfassung von Blickdaten könnte diese erhöht werden. Bisher gibt es allerdings nur wenige Versuche Eyetracking zu integrieren [Scheiter et al., 2019]. Studien zeigen, dass sich das Blickverhalten von Studierenden, die eine Aufgabe richtig lösen, von jenen unterscheidet, die eine Aufgabe falsch lösen [Gegenfurtner et al., 2011]. Die folgenden Hypothesen sollen am Beispiel der Differentialrechnung überprüft werden:

1. Schüler:innen, die eine Aufgabe richtig lösen, schenken den relevanten Bereichen mehr visuelle Aufmerksamkeit als Schüler:innen, die die Aufgabe falsch lösen.
2. Auf der Grundlage ausgewählter Eye-Tracking-Metriken ist eine Vorhersage über die Richtigkeit der Antwort möglich.

Um dem jeweiligen Schüler individuell helfen zu können, ist es notwendig, dass Fehler erkannt werden. Madsen et al. zeigten bereits, dass es Zusammenhänge zwischen Blickmustern und Fehlkonzepten gibt. Diese Überlegung führt zu den folgenden Hypothesen:

3. Schüler, die einen bestimmten Fehler machen, zeigen ein entsprechendes Fehlertypisches Blickverhalten.
4. Für bestimmte Fehler können Eyetracking-Metriken identifiziert werden, die einen hohen Prozentsatz der Fehlererkennung garantieren.

Pilotstudie

Erhebung: 44 Schüler:innen lösten 29 Aufgaben zum Thema „Grafisches Differenzieren“ (Thema wurde bereits im Unterricht behandelt). Im Anschluss an die jeweilige Aufgabe wurde die Antwortsicherheit abgefragt. Die Aufgaben wurden auf einem 22-Zoll-Computerbildschirm präsentiert.

Eye-Tracker: Die Augenbewegungen wurden mit einem stationären Eye-Tracking-System Tobii X3-120 mit einer Abtastfrequenz von 120 Hz aufgezeichnet. Zur Erkennung von Fixationen und Sakkaden wurde ein I-VT-Algorithmus mit Schwellenwerten von $8500^\circ/s^2$ für die Beschleunigung und $30^\circ/s$ für die Geschwindigkeit verwendet [Salvucci und Goldberg, 2000].

Auswertung: Die kodierten Antworten (0 für falsche Antwort, 1 für richtige Antwort) teilten die Teilnehmer für jedes Item in zwei Gruppen. Um die relevanten Bereiche zu ermitteln, wurde ein Expertenrating durchgeführt. Diese Bereiche wurden dann als AOIs (areas of interest) gekennzeichnet. Um zu untersuchen, ob sich die Blickdaten derer, die richtig geantwortet haben, von den anderen unterscheidet, wurde die TVD (total visit duration) und der FC (fixation count) in den relevanten Bereichen relativ zur gesamten Graphfläche betrachtet. Die Datenanalyse wurde mit der Programmiersprache "R" durchgeführt. Dabei wurde für jedes Item und jede Metrik ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Für einige Items wurde zusätzlich geprüft, ob sich die beiden Gruppen auch hinsichtlich anderer Eye-Tracking-Maße unterscheiden, z.B. in der Anzahl der Transitionen oder der Anzahl der Sakkaden in eine bestimmte Richtung.

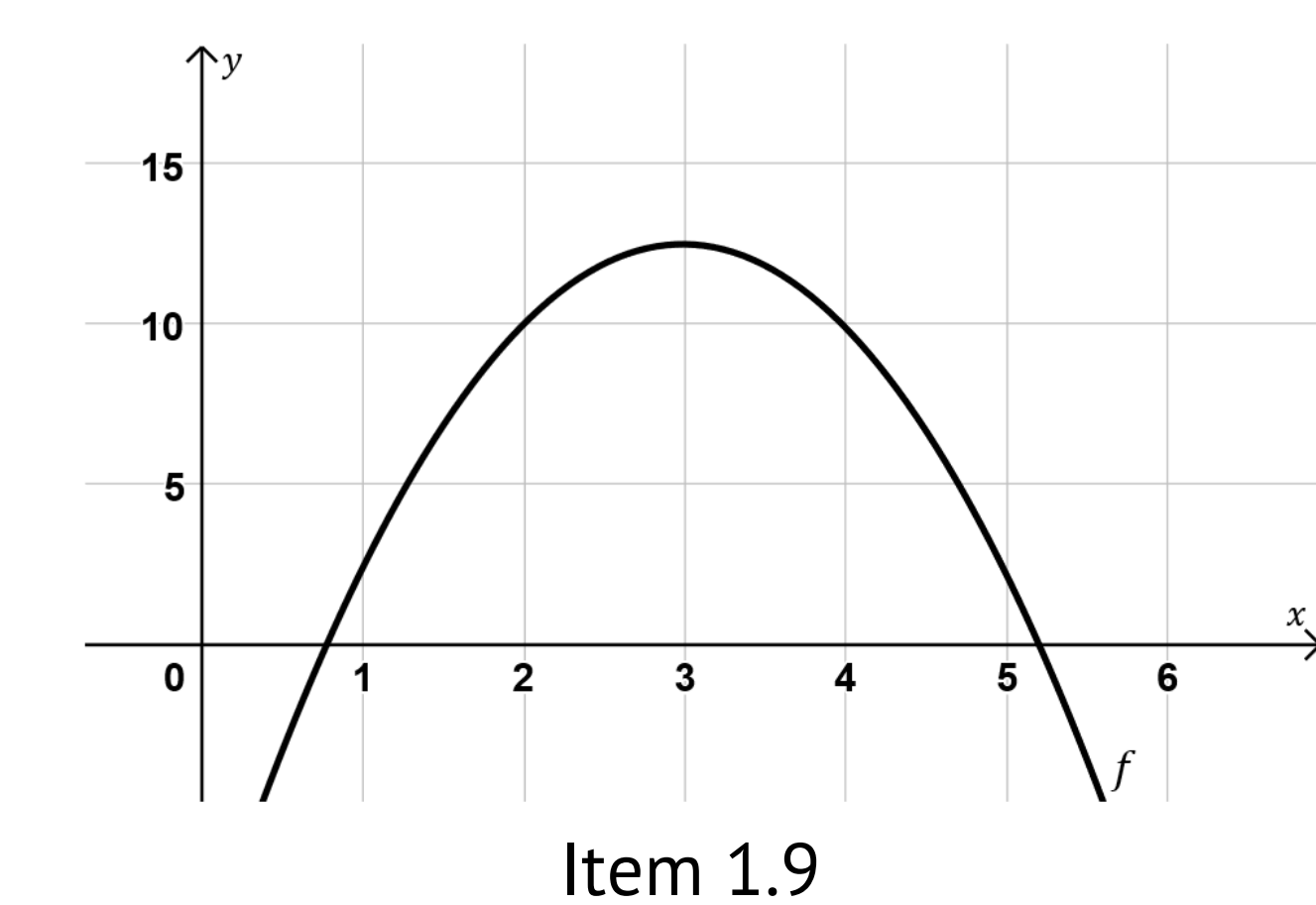
Erste Ergebnisse und zukünftige Forschung

Ergebnisse: Für die Anzahl der Fixationen in den relevanten Bereichen im Verhältnis zu allen Fixationen im Graphbereich ergibt der Mann-Whitney-U-Test für 17 der 28 Items signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Signifikanzniveau: 5%; p-Werte korrigiert nach Benjamini-Hochberg). Bei Item 1.9 wurde die Anzahl der Sakkaden in tangentialer Richtung (mit einer Toleranz von $\pm 5^\circ$) relativ zu allen Sakkaden im Graphbereich betrachtet. Der Mann-Whitney-U-Test ergab ein signifikantes Ergebnis ($p=0,0057$). Für Item 3.4 wurden alle Transitionen zwischen je zwei AOIs an derselben x-Position ausgewertet. Schüler:innen, die die Aufgabe richtig gelöst haben, zeigten eine größere Anzahl von Transitionen zwischen diesen Bereichen ($p=0,0099$), da sie höchstwahrscheinlich den Zusammenhang zwischen den Extrempunkten einer Funktion und den Nullstellen der Ableitungsfunktion kennen.

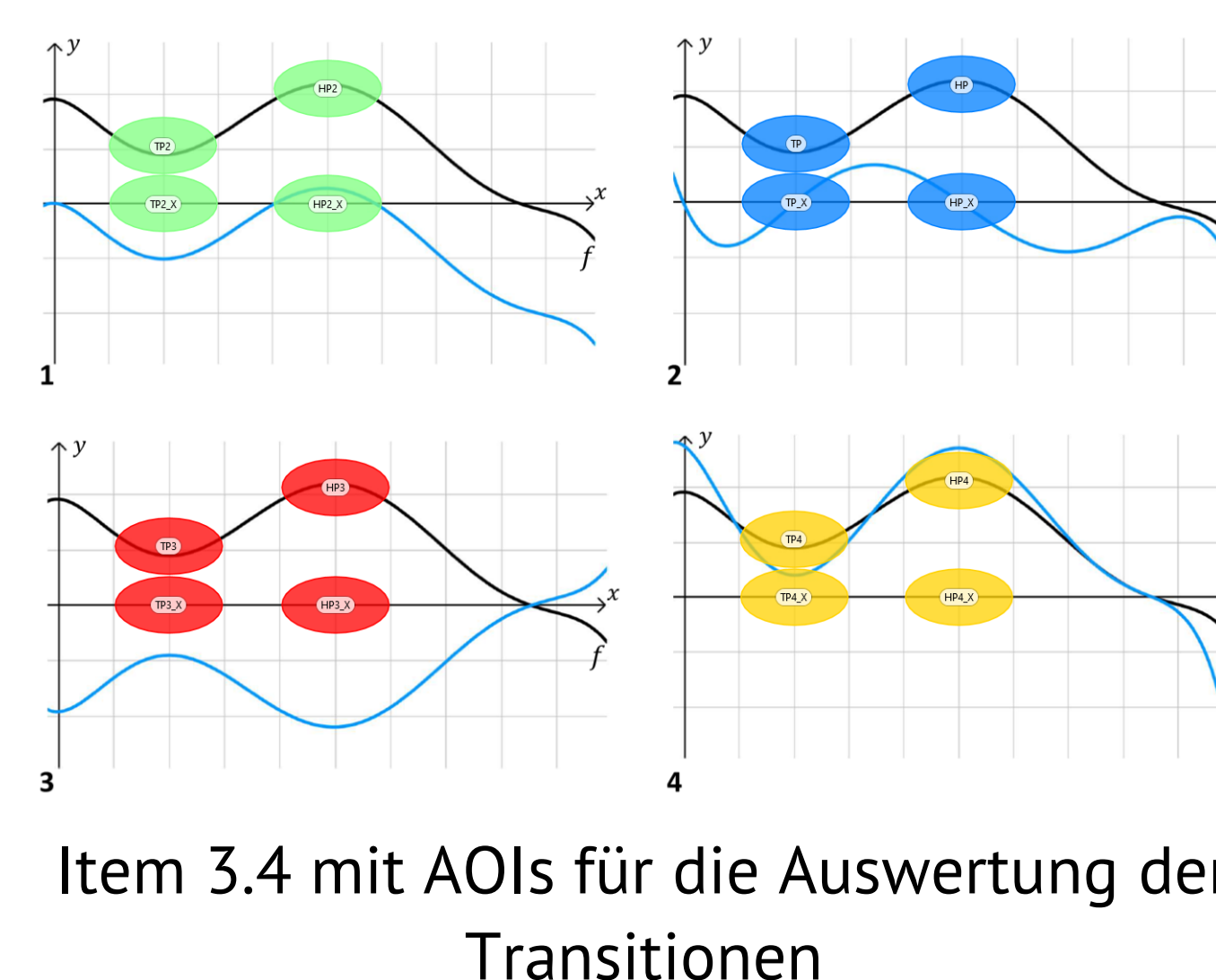
Zukünftige Arbeit: Um zu entscheiden, welche Schüler:innen Hilfe bekommen sollen, müssen Grenzwerte für die Eyetracking-Maße gefunden werden. Idealerweise sollten diese in dem Sinne optimal sein, dass der Fehler, der bei der Klassifizierung auftritt, minimiert wird. In einem zweiten Ansatz wird eine Klassifikation durch das Training einer KI durchgeführt.

Für die Fehlerdiagnose ist es nicht ausreichend, nur zwischen den Gruppen "richtig" und "falsch" zu unterscheiden. Deshalb ist eine zusätzliche Eye-Tracking-Studie mit RTA-Protokollen (RTA = retro think aloud) geplant. Hierbei wird den Schüler:innen im Anschluss an die Bearbeitung ein Video von den eigenen Augenbewegungen gezeigt. Während das Video läuft, beschreiben und kommentieren die Probanden ihre Handlungen und Gedanken während der Bearbeitung der Aufgabe. Auf diese Weise lassen sich die Probanden bestimmten Fehlergruppen zuordnen. In der Auswertung dieser Studie werden Maße ermittelt, die die verschiedenen Gruppen am besten voneinander trennen.

Die Abbildung zeigt den Funktionsgraphen einer Funktion $f(x)$. Bestimmen Sie die Steigung der Tangente an den Graphen an der Stelle $x = 2$ näherungsweise.



Gegeben ist der Funktionsgraph einer Funktion $f(x)$. In welchem Koordinatensystem entspricht der blaue Graph der Ableitungsfunktion $f'(x)$?



Literatur

- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., & Säljö, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523-552.
- Scheiter, K., Schubert, C., Schüler, A., Schmidt, H., Zimmermann, G., ... & Eder, T. (2019). Adaptive multimedia: Using gaze-contingent instructional guidance to provide personalized processing support. *Computers & Education*, 139, 31-47.
- Madsen, A. M., Larson, A. M., Loschky, L. C., & Rebello, N. S. (2012). Differences in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1).
- Salvucci, D. D., & Goldberg, J. H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications* (pp. 71-78).

Kontakt



Kathrin Kennel (kkennel@mathematik.uni-kl.de)
Prof. Dr. Stefan Ruzika (ruzika@mathematik.uni-kl.de)



„Das Vorhaben „U.EDU: Unified Education – Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.“

