

Lara BERTRAM, Guildford (UK), Elif ÖZEL, Ludwigsburg,  
Laura MARTIGNON, Ludwigsburg & Jonathan NELSON, Guildford (UK)

## **Wie man Intuitionen im Umgang mit Entropie anhand einfacher Spiele bei Kindern fördern kann**

### **1. Einleitung**

Die Bedeutung von Informationsgehalt als eine Grundlage menschlichen Handelns und Denkens, sowie von Entropie als erwarteter Informationsgehalt und Maß für psychologische Ungewissheit, sind nicht nur grundlegend für die Informatik, sondern auch für die angewandte Statistik. Angesichts der großen Bedeutsamkeit von Informatik und Statistik in unserer Gesellschaft, sollten diese Konzepte Kindern bereits früh vermittelt werden.

Im Oktober 2015 kündigte beispielsweise Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann im Rahmen des MINT-Kongresses der Baden-Württemberg Stiftung und der Wissensfabrik in Stuttgart an, dass zukünftig alle baden-württembergischen Schüler\*innen an allgemeinbildenden Schulen eine verbindliche Informatik-Grundbildung bekommen sollten. Zu den elementaren Grundlagen der Informatik gehört nach Palm (2012) ein Verständnis nicht nur von Algorithmen, sondern auch von Information und Entropie. Gleichzeitig ist Entropie als Maß für Ungewissheit ein stochastisches Konzept und verdient damit seinen Platz in den Lehrplänen für Mathematik. In Anlehnung daran verfolgt der vorliegende Beitrag ein Desiderat zur Erstellung eines Vorschlags an das Kultusministerium in Baden-Württemberg für die Einführung von „erwartetem Informationsgehalt“ bzw. Entropie in der Primarstufe bis hin zur Sekundarstufe 2.

Unser Forschungsvorhaben ist eingegliedert in das Teilprojekt „Models of Information Search: A Theoretical and Empirical Synthesis“, welches vom Schwerpunktprogramm 15-16 der Deutschen Forschungsgemeinschaft bis Ende 2018 gefördert wurde, und in das Projekt „Mastermind“, das von der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg bis März 2019 gefördert wird. Eine erste Intention ist es, den bestmöglichen, spielbasierten Weg zu finden, wie die Shannon Entropie an allgemeinbildenden Schulen eingeführt werden kann, basierend auf zwei fundamentalen didaktischen Prinzipien von Jerome Bruner:

- Dem E-I-S Prinzip: Wissen lässt sich durch Handlung (enaktiv), Bilder (ikonisch) und Zeichen (symbolisch) präsentieren (vgl. Bruner, 1980).
- Dem Prinzip des Spiralcurriculums: „Das Curriculum sollte bei seinem Verlauf wiederholt auf [...] Grundbegriffe zurückkommen und auf ihnen

aufbauen, bis [Schüler\*innen] den ganzen formalen Apparat, der mit ihnen einhergeht, begriffen [haben]“ (Bruner, 1980, S. 26).

## 2. Die Schul-Intervention „Mastermind“

Zunächst wurde die Schul-Intervention „Mastermind“ von Elif Özel in einer vierten Grundschulklasse in Ehningen auf der enaktiven und anschließend auf der ikonischen Ebene durchgeführt. Kinder spielten Mastermind mit einer Codierungs-Urne (enaktiv) und anschließend mit Farb-Codes (ikonisch) zu zweit, wobei jeweils ein Kind den Code generierte und Feedback gab, und das andere Kind den geheimen Code erraten sollte. Im Anschluss an das Spielen beantworteten die Kinder Fragen zu den Axiomen der Entropie, in denen diese Grundkonzepte angewendet werden sollten (siehe Beispielfrage).

*Beispielfrage:*

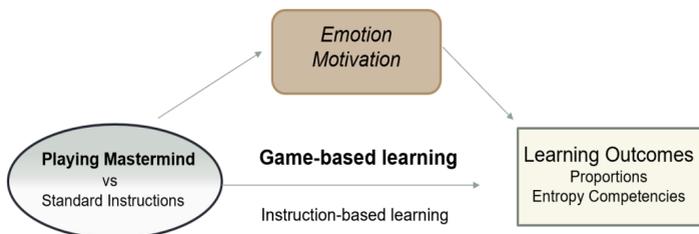


*Mit welcher der folgenden Urnen wäre das Mastermind-Spiel am schwierigsten (bedenke, dass die Urnen durchmischt werden)? Umkreise die Urne, mit der das Spiel am schwierigsten wäre.*

In einem nächsten Schritt wurde die Intervention von Lara Bertram mit  $N = 34$  Psychologie-Studierenden der University of Surrey, UK ( $w = 85.3\%$ ,  $m = 11.8\%$ , keine Angabe =  $2.9\%$ , durchschnittliches Alter  $M = 19.06$  Jahre,  $SD = 1.15$ ) durchgeführt. Mastermind wurde hier auf einem Tablet gespielt und vorher und nachher wurden für das Lernen relevante psychologische Variablen erhoben (siehe Prozedur).

In einer daran anschließenden Erhebung nahmen  $N = 43$  Schüler\*innen (20 Jungen und 23 Mädchen) der vierten Klasse der Grundschule Ehningen an der tabletbasierten Erhebung, durchgeführt von Lara Bertram und unterstützt von Elif Özel, teil. Das Forschungsdesign wurde auf Basis der Ergebnisse aus der Pilotstudie mit Studierenden für die Erhebung in Ehningen thematisch angepasst (Fach Mathematik) und durch zusätzliche Tests und Aufgaben erweitert.

Da in den beiden letzteren Erhebungen ein besonderer Fokus auf den motivationalen und emotionalen Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen und auf Effekten des Spielens auf diese Faktoren lag, wurde folgendes Forschungsdesign angenommen:



**Abb.1:** Forschungsdesign

Im Folgenden wird der Ablauf der Schul-Intervention nach aktuellstem Stand (wie durchgeführt in der dritten Erhebung) beschrieben:

Zunächst bearbeiten Schüler\*innen in einem Prätest unter anderem Fragebögen zu Lernemotionen (Self-Assessment-Manikin, Lang, 1980, Bradley & Lang, 1994; Mathematik-Emotionen, Lichtenfeld, Pekrun, Stupnisky, Reiss, & Murayama, 2012), Einstellungen gegenüber Mathematik (einzelne Fragen basierend auf Tapia & Marsh, 2004), allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung (Schwarzer & Jerusalem, 1995), mathematischem Selbstkonzept (Pekrun, vom Hofe, Frenzel, Goetz, Wartha, 2007), Motivation und Zielorientierung (wird hier nicht vertieft) und Intuitionen zu Entropie (Fragen und Aufgaben entwickelt von Nelson, 2018). Im Anschluss spielen sie verschiedene Versionen des speziell dafür entwickelten Spiels Entropie-Mastermind auf dem Tablet, mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad. In dem Spiel soll ein geheimer Code, bestehend aus verschiedenen Fruchtarten, durch das Auslesen von Codes und das Interpretieren von Feedback erraten werden. Der Code wird zu Beginn jedes Spiels von dem Computer generiert, indem zufällig, mit Zurücklegen, aus einem „Fruchtkorb“ gezogen wird. In jedem Spiel ist die Verteilung der Früchte im „Fruchtkorb“ unterschiedlich, sodass Schüler\*innen unterschiedliche Level an Entropie im Spiel erleben, nämlich in Form der Spielschwierigkeit.

Im Anschluss an das Spiel beantworten Schüler\*innen eine parallele Version des Prätests. Die Ergebnisse aus dem Prätest können dadurch mit denen aus dem Posttest verglichen werden, um Veränderungen auf den für Lernen relevanten motivationalen, emotionalen und kognitiven Faktoren, sowie den Intuitionen zu Entropie erfassen zu können. Im Plenum wird dann diskutiert, welche Strategien verwendet wurden und welche Lernerfolge Schüler\*innen an sich selbst beobachten konnten.

### 3. Ergebnisse

In der ersten Studie zeigte sich, dass nach dem Mastermind-Spielen, gemittelt über 12 Aufgaben, 77 % der Schüler\*innen die Entropie-Fragen richtig beantworteten. Die Daten der Erhebung mit Studierenden zeigten, dass die psychologischen emotionalen, motivationalen und einstellungsbezogenen Variablen untereinander korrelierten und mit den Leistungen im Spiel zusammenhingen. Mathematisches Selbstkonzept war positiv assoziiert mit wahrgenommener Stärke (Dominanz), Selbstsicherheit im Fach Mathematik, positiven Emotionen (positive Valenz, geringere Angst) und Einstellungen gegenüber Mathematik (wahrgenommener Wert und Freude). Darüber hinaus zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen den lernförderlichen emotional-motivationalen Faktoren und Leistungen im Mastermind-Spiel, und ein negativer Zusammenhang zwischen Angst vor Mathematik und der Spielleistung. Weitere statistische Auswertungen folgen. Schüler\*innen waren von der Unterrichtseinheit begeistert und zeigten im Anschluss an das Spiel ein gutes Verständnis von Prinzipien der Logik, Entropie und Ungewissheit.

### Literatur

- Bruner, J. (1980). Der Prozess der Erziehung. In W. Loch (Hrsg.), *Sprache und Lernen*. Bd. 4, Auflage 5. Düsseldorf: Schwann.
- Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications. In J. B. Sidowski, J. H. Johnson, & T. A. Williams (Hrsg.), *Technology in mental health care delivery systems* (S. 119-137). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Lichtenfeld, S., Pekrun, R., Stupnisky, R. H., Reiss, K., & Murayama, K. (2012). Measuring students' emotions in the early years: The Achievement Emotions Questionnaire-Elementary School (AEQ-ES). *Learning and Individual Differences*, 22, 190-201. doi:10.1016/j.lindif.2011.04.009
- Palm, G. (2012). *Novelty, Information and Surprise*. Berlin, Springer.
- Pekrun, R., vom Hofe, R., Blum, W., Frenzel, A. C., Götz, T., & Wartha, S. (2007). Development of mathematical competencies in adolescence: The PALMA longitudinal study. In Prenzel, Manfred (Hrsg.), *Studies on the educational quality of schools: the final report on the DFG priority programme* (S. 17-37). Münster: Waxmann. Retrieved from <https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/handle/123456789/1513/G%C3%B6tz.pdf?sequence=1>
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Retrieved from <http://www.selbstwirksam.de/>
- Tapia, M., & Marsh, G. E. (2004). An instrument to measure mathematics attitudes. *Academic Exchange Quarterly*, 8, 16–21.