

## **Alles im Blick? - Umgang mit Simulationen zu Variablenkontrollstrategien (VKS)**

### **Theoretischer Hintergrund**

Ein Kernelement naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Fähigkeit anhand eines hypothetisch-deduktiven Vorgehens erfolgreich naturwissenschaftliche Fragestellungen zu beantworten (KMK, 2020). Bei Experimenten steht dabei die Überprüfung kausaler Hypothesen im Fokus (Nehring, 2014). Um dabei aussagekräftige Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu generieren, bedarf es den Ausschluss alternativer Ursachen. Dabei ist der erfolgreiche Einsatz von Variablenkontrollstrategien (VKS) unerlässlich, weshalb er auch als eigenständiges, fächerübergreifendes Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen wird (Brandenburger et al., 2022). Denn nicht zuletzt stehen mangelnde VKS oft im Zusammenhang mit Schwierigkeiten beim Experimentieren von Lernenden (Hammann et al., 2006).

Bei einem erfolgreichen Einsatz von VKS wird beim Experimentieren allein die relevante unabhängige Variable (Einflussgröße) variiert, während alle anderen Variablen, die Einfluss auf die abhängige Variable (Messgröße) haben können, konstant gehalten werden ("vary one thing at a time"; Tschirgi, 1980, S. 2). Anderenfalls könnten Einflüsse alternativer Bedingungen nicht ausgeschlossen werden. Dafür muss unter anderem bekannt sein, welche Variablen es konstant zu halten gilt. Daher wird Fachwissen auch als ein Moderator für erfolgreiche Anwendung von VKS angesehen (Schwichow et al., 2016).

Neben „hands on“-Experimenten ist auch der Einsatz digitaler Medien zur Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenzen denkbar, z. B. unter Verwendung digitaler Simulationen, in denen Variablen gezielt manipuliert werden müssen (Büsch, 2021; de Jong & van Joolingen, 1998; Sonnenschein, 2019). Simulationen bilden reale Systeme auf Grundlage eines mathematischen Modells digital nach. Sie zeichnen sich vor allem durch ihren interaktiven Charakter aus. Es besteht die Möglichkeit, Parameter zu manipulieren und den Einfluss auf das System zu beobachten, sodass die Simulation experimentell entdeckt und Fragestellungen damit untersucht werden können (Eilks et al., 2004). Auch wenn Simulationen den Vorzug mit sich bringen, dass kausale Zusammenhänge leichter verstanden werden können (Nerdel, 2017), muss jedoch beachtet werden, dass digitale Experimente klassische „hands on“-Aktivitäten nicht ersetzen können (de Jong et al., 2013). Beispielsweise lassen Simulationen keine manuellen Fehler zu. Zudem wird der Experimentierprozess in seiner „Freiheit“ limitiert. So kommt es zu einer Komplexitätsreduktion, die sich beispielsweise dadurch äußert, dass die Variablen, die einen Einfluss auf das System haben, in der Simulation schon vorgegeben sind – auch diejenigen, die Lernende in einer physischen Experimentierumgebung vielleicht nicht beachtet hätten (Chinn & Malhotra, 2002; de Jong & van Joolingen, 1998).

Bisher ist noch wenig über die kognitiven Prozesse bekannt, die Lernende im Umgang mit solchen Simulationen durchlaufen. Während bei der Analyse der Log-Files nur tatsächlich durchgeführte Interaktionen mit Simulationen registriert werden können, kann durch Eye-

Tracking auch die visuelle Aufmerksamkeit der ProbandInnen erfasst werden. Da die Informationsaufnahme im Umgang mit der Simulation über den visuellen Kanal läuft, können anhand dieser Blickbewegungen Indizien auf ablaufende kognitive Prozesse, wie beispielsweise Integrations- oder Organisationsprozesse, geschlossen werden (Holmqvist et al., 2015; Jarodzka et al., 2017). Legitimiert werden diese Rückschlüsse nach Just und Carpenter (1980) anhand zweier grundlegender Annahmen: Die *immediacy assumption* besagt, dass die Interpretation von Informationen sofort mit dem visuellen Reiz beginnt. Die *eye-mind assumption* besagt, dass der Reiz solange verarbeitet wird, solange er angesehen wird. Jedoch sind diese Rückschlüsse nicht ausnahmslos gültig. Somit ist es lohnenswert, die Blickdaten mit verbalen Daten zu ergänzen, um sicher zu gehen, dass visuelle und kognitive Aufmerksamkeit übereinstimmen und Objekte nicht nur zufällig angestarrt werden (Holmqvist et al., 2015).

### **Zielsetzung und Forschungsfragen**

Diese Untersuchung fokussiert die Bearbeitungsprozesse Studierender beim Umgang mit einer digitalen Simulation zum Lambert-Beer'schen Gesetz. Es wird erfasst, inwiefern bei der Interaktion mit der Simulation VKS durch die Studierenden angewandt werden. Dafür werden sowohl die durchgeführten Manipulationen der Variablen über Log-Files sowie die visuelle und kognitive Aufmerksamkeit während und zwischen diesen Manipulationen über Blickdaten und Think Alouds herangezogen. Anschließend wird untersucht, ob sich Blickbewegungen erkennen lassen, die in einem Zusammenhang mit der Anwendung von VKS stehen.

**FF 1:** Inwiefern kann der Einsatz von VKS beim Umgang mit der Simulation erfasst werden?

**FF 2:** Inwiefern stehen Blickbewegungen in einem erkennbaren Zusammenhang mit dem Einsatz von VKS im Umgang mit der Simulation?

### **Methodik**

Im Rahmen der Studie werden drei Aufgaben mithilfe einer Simulation zum Lambert Beer'schem Gesetz der Toolbox Lehrerbildung (leicht verändert abrufbar unter: [https://toolbox.edu.tum.de/pages/widgets/beer\\_lambert.html](https://toolbox.edu.tum.de/pages/widgets/beer_lambert.html); Zerouali et al., 2023) bearbeitet. Diese visualisiert den Aufbau eines Photometers (vgl. Abb. 1). Bei der Visualisierung können vier unabhängige Variablen manipuliert werden – die Wellenlänge des einfallenden Lichtstrahls, die Dicke der Küvette, die Konzentration der Lösung sowie der absorbierende Farbstoff. Durch die Manipulation dieser Variablen werden direkt die Visualisierungselemente des Photometers angepasst sowie die abhängige Variable, die Extinktion, entsprechend des Lambert Beer'schen Gesetzes errechnet.

Vorab bekommen die TeilnehmerInnen einen Informationstext zu den relevanten Fachinhalten, um diesen Moderator für VKS gering zu halten. Während der Aufgabenbearbeitung werden die ProbandInnen u. a. dazu aufgefordert, eigenständig Hypothesen zu formulieren und diese sowie vorgegebene Kausalzusammenhänge mit der Simulation zu überprüfen.

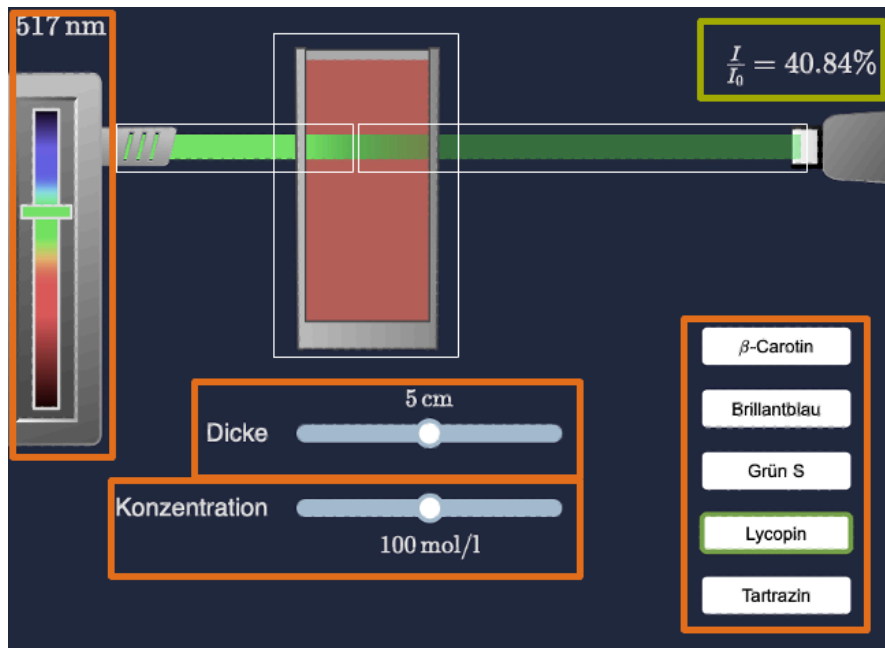


Abb. 1: Visualisierung zum Lambert Beer'schen Gesetz der Toolbox Lehrerbildung (Zerouali et al., 2023) mit den markierten AOIs

Mithilfe von Eye-Tracking werden die Blickbewegungen zwischen den unabhängigen Variablen, den Visualisierungselementen und den abhängigen Variablen erfasst. Jedes dieser Elemente stellt dabei eine sogenannte Area of Interest (AOI) dar. Das sind festgelegte Bereiche, die im Rahmen der Untersuchung relevant erscheinen (vgl. markierte Bereiche in Abb. 1) (Holmqvist et al., 2015). Die relevanten Daten hierbei sind die *AOI hits*, eine Fixation innerhalb der AOI, sowie die *transitions*, die Blickwechsel von einer AOI zu einer andere AOI. Erstere deuten u. a. auf Integrationsprozesse, wie das Maß der Aufmerksamkeit auf einer speziellen Variable, hin. Letztere sind ein Indiz für ablaufende Organisationsprozesse, wie z. B. den Zusammenhang zwischen Variablen zu erfassen.

Um den Umgang mit der Simulation ganzheitlich abbilden zu können, werden verschiedene Erhebungsmethoden miteinander kombiniert. Wie schon erwähnt ist der Rückschluss von visueller auf kognitive Prozesse nicht immer legitim. Deshalb werden zudem Think Alouds, also verbale Daten, erfasst. So kann festgestellt werden, ob fixierte AOIs auch tatsächlich kognitiv verarbeitet werden (Holmqvist et al., 2015). Auch lässt Eye-Tracking alleine keine Aussagen über die durchgeführten Manipulationen der Simulation zu, weshalb zusätzlich Log-Files erfasst werden. So kann sichergestellt werden, dass die gesamte Interaktion der ProbandInnen mit der Simulation erfasst wird.

#### Ausblick

Es wird eine Erhebung mit 20 fachfremden Bachelorstudierenden angestrebt und zunächst der Einsatz von VKS erfasst. Anschließend werden die Blickbewegungen analysiert und auf einen Zusammenhang mit der VKS-Anwendung untersucht.

## Literatur

- Brandenburger, M., Salim, C. A., Schwichow, M., Wilbers, J., & Mikelskis-Seifert, S. (2022). Modellierung der Struktur der Variablenkontrollstrategie und Abbildung von Veränderungen in der Grundschule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 28(5). <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00140-x>
- Büsch, L. (2021). Entwicklung und Einsatz von neuartigen Methoden zur Erfassung und Analyse experimenteller Prozesse. RWTH Aachen.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluation science tasks. *Science Education*, 86(2), 157-218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, C. Z. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(19), 305-308.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 2(68), 179-201. <https://doi.org/10.2307/1170753>
- Eilks, I., Krilla, B., Flintjer, B., Möllencamp, H., & Wagner, W. (2004). Computer und Multimedia im Chemieunterricht heute – Eine Einordnung aus didaktischer und lerntheoretischer Sicht. GDCh, FGCU, AG Computer im Chemieunterricht.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 57.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2015). *Eye tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford Univ. Press.
- Jarodzka, H., Holmqvist, K., & Gruber, H. (2017). Eye Tracking in Educational Science: Theoretical frameworks and research agendas. *Journal of Eye Movement Research*, 10(1), 1-18.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension. *Psychological Review*, 87(87), 329-354. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung (Vol. 177)*.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Spektrum.
- Sonnenschein, I. (2019). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Eds.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos Verlag.
- Tschirgi, J. E. (1980). *Sensible Reasoning: A Hypothesis about Hypotheses*. University of Chicago Press.
- Zerouali, A., Werner, B., Lewalter, D., & Koenen, J. (2023). Digital, interaktiv, bunt – interaktive Visualisierungen für den Chemieunterricht zum Thema Farbwahrnehmung und organische Farbstoffe. *Chemkon*, 30(6), 247-253.