

Touch-Aktionen beim digitalen Lernen: Steigerung der Performance des visuellen Gedächtnisses durch aktive Reizverarbeitung

Thiemo Leonhardt ¹, Gregor Damnik² und Nadine Bergner ³

Abstract: Das Wahrnehmen und Speichern von neuen Eindrücken und Erfahrungen aus der Umwelt ist eine notwendige Basis für einen Großteil an Denk- und Lernvorgängen. Entsprechend gut ist der Mensch darin, Reize aus seiner Umwelt aufzunehmen und in das Langzeitgedächtnis zu transferieren. Bisherige Experimente haben gezeigt, dass diese Behaltensleistung unter bestimmten Bedingungen optimiert werden kann. So können Reize in Form von Alltagsgegenständen dann gut memoriert werden, wenn sie nicht nur passiv betrachtet, sondern aktiv beispielsweise durch Betasten verarbeitet werden. Die vorliegende Studie überträgt diese Befundlage auf das Lernen mit digitalen Endgeräten mit Touch-Eingabeoptionen. Dazu haben 46 Personen Gegenstände am Bildschirm entweder nur betrachtet oder per Dragfunktion aktiv bewegt. Die Ergebnisse dieses Experiments belegen, dass der zusätzliche haptische Reiz die Behaltensleistung im visuellen Gedächtnis signifikant steigert und dass die Verwendung der Touch-Funktion damit neben besserer Usability auch einen Effekt auf den Lernprozess aufweisen kann.

Keywords: Touch-Interaktion, Touch-Displays, digitale Lernanwendungen, Gedächtnis, Behaltensleistung

1 Einleitung

Der Mensch ist jeden Augenblick seines Lebens vielen gleichzeitigen Wahrnehmungserfahrungen ausgesetzt. Deshalb scheint es fraglich, ob der Mensch in der Lage ist, alle diese Wahrnehmungserfahrungen im Langzeitgedächtnis abzulegen. Erkenntnisse im Bereich des visuellen Langzeitgedächtnisses zeigen, dass der Mensch fähig ist, eine sehr große Anzahl an Wahrnehmungserfahrungen zu speichern [St73]. Dabei werden nicht nur die groben Formen oder Kernelemente behalten, sondern auch spezielle Details [Br08] [Ko10] [VM07]. Ein interessanter Punkt hierbei ist, dass eine Lern- oder Behaltensabsicht nicht Voraussetzung für die Übernahme in das visuelle Langzeitgedächtnis ist, sondern diese Speicherung ein Ergebnis der visuellen Wahrnehmung darstellt [CH05] [KRS17] [WHZ05].

¹ Technische Universität Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, 01062 Dresden,

thiemo.leonhardt@tu-dresden.de,  <https://orcid.org/0000-0003-4725-9776>

² Technische Universität Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, 01062 Dresden, gregor.damnik@tu-dresden.de

³ Technische Universität Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, 01062 Dresden, nadine.bergner@tu-dresden.de  <https://orcid.org/0000-0003-3527-3204>

Eine hohe visuelle und haptische Erinnerungsleistung von Alltagsgegenständen bei Menschen ist selbst beim unbewussten Einprägen von Objekten deutlich erkennbar [HK18]. Das Überführen des Gelernten in das Langzeitgedächtnis scheint ebenfalls vorzuliegen. Die Kombination aus visuellen sowie haptischen Reizen bildet demnach einen vielversprechenden Ansatz diesen Effekt auch bei digitalen Lernanwendungen zu untersuchen.

Aus dieser Überlegung folgt die Fragestellung, ob eine minimale Haptik durch eine Touch-Interaktion einen Mehrwert beim Lernen gegenüber einem rein passiven Input durch Betrachtung bietet. Mit diesem Vorgehen werden die Forschungsergebnisse und Erkenntnisse aus der Mensch-Computer-Interaktion erweitert und der Aspekt des Lernens stärker in den Vordergrund bei der Entwicklung des Designs insbesondere den Interaktionsmöglichkeiten von Lernanwendungen gerückt. Die hier beschriebene Studie ist dazu ein erster Baustein.

2 Experiment

Die Fragestellung ist, ob neben dem visuellen Reiz beim Betrachten eines Gegenstands (Bildes) ein zusätzlicher für alle Gegenstände identischer haptischer Reiz die Behaltensleistung in Bezug auf das visuelle Gedächtnis signifikant steigern kann.

Abgeleitet aus der Fragestellung, ob eine minimale Haptik durch eine Touch-Interaktion einen Mehrwert beim Lernen gegenüber einem rein passiven Input durch Betrachtung bietet, werden die Nullhypothese und die Alternativhypothese gebildet. Als Nullhypothese wird angenommen, dass die Performance der Gruppe *view* größer oder gleich der Performance der Gruppe *draggable* ist.

$$H_0 : \text{Performance}_{\text{view}} \geq \text{Performance}_{\text{draggable}} \quad (1)$$

Als Alternativhypothese wird angenommen, dass die Performance der Gruppe *draggable* größer ist als die Performance der Gruppe *view*.

$$H_1 : \text{Performance}_{\text{draggable}} > \text{Performance}_{\text{view}} \quad (2)$$

2.1 Stichprobe

In vergleichbaren Studien zur Untersuchung des visuellen Langzeitgedächtnisses wurde bei [Br08] ein Stichprobenumfang von 14, bei [VM07] von 24 und bei [HK18] von 26 sowie 48 erreicht. Zur Vergleichbarkeit und zum Erhalt eines ausreichenden Stichprobenumfangs wurde für die hier vorliegende Studie ein Stichprobenumfang von $N > 40$ angestrebt. Insgesamt haben 46 Personen teilgenommen, wobei Daten von zwei Personen aufgrund technischer Fehler nicht vollständig aufgezeichnet wurden. Der gültige Stichprobenumfang besteht demnach aus 44 Personen (Alter: $M = 34.8$ Jahre, $SD = 10.6$,

Mdn = 33). Das Experiment wurde im Open Science Framework⁴ registriert und die Daten sowie Testapplikationen können dort eingesehen werden.

2.2 Forschungsdesign

Das Forschungsdesign verfolgt insgesamt den Ansatz, dass den Teilnehmenden im Vorfeld nicht kommuniziert wird, dass eine Behaltensleistung gemessen wird. Ähnlich wie in der Studie von [HK18] wird den Teilnehmenden erläutert, dass das Design der Gegenstände beurteilt werden soll. Das Stimulusset besteht aus Photographien von 120 Paaren von unterschiedlichen Alltagsgegenständen verschiedener Kategorien. Jedes Paar von Objekten besteht aus zwei Vertretern derselben grundlegenden Kategorie (z. B. Scheren). Die Objekte eines Paares unterscheiden sich dabei in mehreren Eigenschaften zum Beispiel der Farbe, der Größe und dem Design. Die Photographien der Objekte wurde der Studie aus [HK18] entnommen, das Set kann beim Open Science Framework angerufen werden.

Die Teilnehmenden wurden automatisch nach den bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Datensätzen der Gruppe *view* oder *draggable* zugeordnet, um eine Gleichverteilung zu erreichen. Die Teilnehmenden wurden per Mail oder Chat instruiert, etwa 20 Minuten konzentriert an dieser Studie zu partizipieren. Dazu musste ein eigenes Tablet mit Touch-Funktionalität benutzt werden. Es musste auf dem Gerät eine Webseite aufgerufen werden, über die das Experiment ablief. Zuerst wurde den Teilnehmenden jeweils für 5 Sekunden ein Bild eines Gegenstandes gezeigt. Anschließend wurde auf der linken Seite der Text „gutes Design“ und auf der rechten Seite der Text „schlechtes Design“ eingeblendet. Dieser Zustand wurde bei der *view*-Gruppe für 2 Sekunden gehalten, um sich durch Bewegung der Augen für eine Zuordnung entscheiden zu können. Nach Ablauf der 2 Sekunden wurde bei der *view*-Gruppe automatisch zu einem neuen Bild gewechselt. Die *draggable*-Gruppe hatte nach Ablauf der 5 Sekunden und dem Einblenden der Texte die Aufgabe, das Bild per Drag-and-Drop zu dem Text der ausgewählten Kategorie zu ziehen. Erst nach dem Beenden dieser Aktion wurde ein neues Bild gezeigt. Dieses Vorgehen in Phase 1 wurde für alle 120 Bilder wiederholt.

In Phase 2 wurde auf dem Screen jeweils ein Foto aus der ersten Phase und ein Objekt gleicher Kategorie aber mit anderen Eigenschaften eingeblendet (bspw. zwei unterschiedliche Scheren). Dabei wurde die Position der Objekte – rechte Seite oder linke Seite – zufällig bei jeder Darstellung eines Paares bestimmt. Durch Klicken auf eines der beiden Bilder wurde das nächste Paar eingeblendet. Dies wurde für alle 120 Paare wiederholt.

⁴ DOI: 10.17605/OSF.IO/BQAH9

2.3 Ergebnisse

Alle Ergebnisse wurden mit Hilfe der Programmiersprache R in Version 3.6.3 berechnet und mit dem Package ggplot2 in Version 3.3.0 visualisiert. Je ein Datensatz aus jeder Gruppe wurde als Ausreißer aufgrund des >1,5fachen Interquartilsabstands nach unten zum unteren Quartil aus der Auswertung entfernt. In der Gruppe *view* konnten 19, in der Gruppe *draggable* 23 Datensätze ausgewertet werden. Die Gruppen *view* (Alter: $M = 34.5$ Jahre, $SD = 11.4$, $Mdn = 31$) und *draggable* (Alter: $M = 34.9$ Jahre, $SD = 10.6$, $Mdn = 33$) unterscheiden sich durch die automatische Zuordnung im Studiendesign kaum. Die geringen Unterschiede kommen durch die 2 fehlerhaften Datenerhebungen und der unter Umständen zeitlich gleichzeitigen Teilnahme an der Studie zu Stande. Es wurde die Zeit gemessen in der die Teilnehmenden die Phase 2 bewältigten. Dabei ergeben sich nur geringe Unterschiede zwischen den Gruppen: *view* (Zeit in s: $M = 173$, $SD = 31$, $Mdn = 172$) und *draggable* (Zeit in s: $M = 188$, $SD = 44$, $Mdn = 173$) in der Messung der Gesamtzeit. Der Median und Mittelwert liegen nahe beieinander, was zeigt, dass es keine entscheidenden Ausreißer gab.

Die Performance in visueller Gedächtnisleistung wurde durch die Anzahl der korrekt wiedererkannten Bilder der Alltagsgegenstände in Phase 2 der Studie gemessen. Jedes korrekte Zuordnen ergibt einen Punkt. Der Erwartungswert bei reiner Teilnahme an Phase 2 ohne das Durchlaufen der Phase 1 beträgt aufgrund der Konstruktion der Phase 2 $E(X) = 60$, wobei jedes Bild mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% gewählt wird. Die erhobene Performance ist damit aufgrund ihrer Konzeption intervallskaliert. Die adäquaten Lageparameter sind der Median und das arithmetische Mittel [FMF13], das Streumaß ist die Standardabweichung und das Zusammenhangsmaß wird im Rangkorrelationskoeffizienten angegeben, der aufgrund der kleinen Stichprobe und der großen Zahl gleicher Ränge, nach Kendall (Kendall's tau) berechnet wird [FMF13]. Nach dem Shapiro-Wilk-Test ist die Verteilung der Variablen $Performance_{view}$, $W=.77$, $p>.001$ signifikant nicht normalverteilt. Bei der Verteilung der Variablen $Performance_{draggable}$, $W=.93$, $p=.09$ kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Aufgrund der nicht vorliegenden Normalverteilung einer Variablen wurde zur Bestimmung der Unterschiedshypothese der nichtparametrische Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Für diesen Test sind alle Voraussetzungen erfüllt.

Nach den Ergebnissen des Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben unterscheiden sich die zentralen Tendenzen der Variablen $Performance_{draggable}$ ($Mdn = 118$) und $Performance_{view}$ ($Mdn = 115$) signifikant voneinander, $W = 317.5$, $p < .05$, $r = .347$, $A = .727$ (vgl. Abb. 1). Die visuelle Gedächtnisleistung der Gruppe mit Touchinteraktion ($Performance_{draggable}$) ist signifikant höher als diese der Gruppe ohne Touchinteraktion ($Performance_{view}$). Damit wird die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese bestätigt. Die Effektstärke ist nach Cohens Kriterium als mittlerer Effekt zu bezeichnen [FMF13].

Neben der Effektstärke bietet Vargha-Delaney A eine gute Interpretationsbasis. Vargha-Delaney A gibt ein Maß dafür an, wie oft im Mittel eine Technik der anderen überlegen

ist. Ab einem Wert von .5 dominiert eine der Techniken. Der Wert $A = .727$ kann so interpretiert werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 73% die zusätzliche haptische Komponente in der Studie ein besseres Ergebnis in der visuellen Behaltensleistung lieferte.

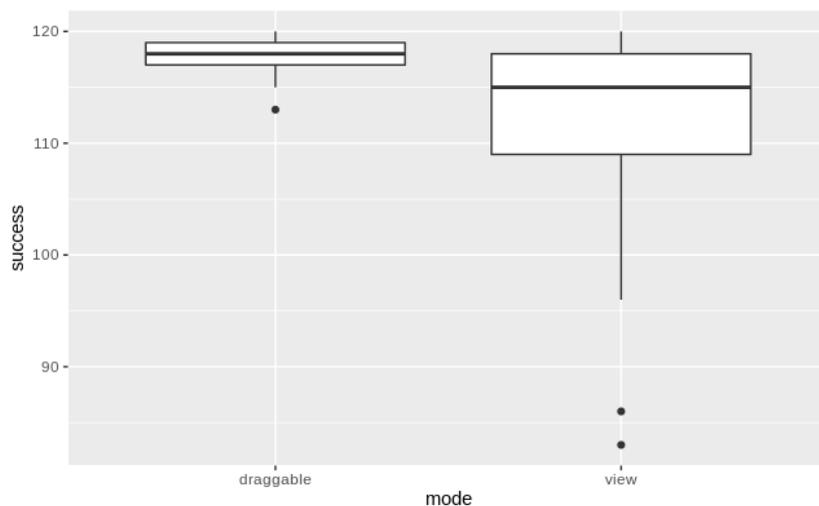


Abb. 1: Boxplot - Performance zu Gruppen *draggable* und *view*

3 Diskussion & Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie belegen, dass selbst eine minimale haptische Interaktion durch die Touch-Funktion an einem digitalen Endgerät einen Mehrwert hinsichtlich der Behaltensleistung gegenüber einer passiven Betrachtung an Standardbildschirmen bietet. Dies scheint dabei unabhängig davon zu funktionieren, ob das Memorieren des Bildschirminhalts intendiert wurde. Das Ergebnis der Studie, dass unter bestimmten Bedingungen auch eine minimale haptische Interaktion die visuelle Gedächtnisleistung verbessern kann, obwohl die Haptik nicht Bezug zu dem Objekt selbst hatte (für alle Bilder identisch war), kann als These im Bereich der Entwicklung von digitalen Lernanwendungen generalisiert und bei weiterer wissenschaftlicher Bestätigung in Design-Kriterien für digitale Lernanwendungen überführt werden. Als Schwächen der vorliegenden Studie lassen sich die geringe Kontrolle über die Teilnehmenden der Studie während der Durchführung, die fehlende Vergleichbarkeit der benutzten Endgeräte und die Gewährleistung einer adäquaten konzentrationsfördernden Umgebung nennen (aufgrund der COVID-19-Pandemie war keine Durchführung in Präsenz möglich). Aufbauend auf diesen Ergebnissen sind Studien hinsichtlich der Performance auf die visuelle Gedächtnisleistung bei Benutzung von Tangibles als haptische Eingabegeräte sowie in kollaborativen digitalen Tabletop-Szenarien geplant. Ebenso können neue Oberflächen

mit haptischer Rückmeldung sowie AR- und VR-Szenarien hinsichtlich ihrer Wirkung in dieser Forschungsfrage untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- [Be11] Beddall-Hill, N. et al.: Making mobile learning work. case studies of practice, 2011.
- [Br08] Brady, T. F. et al.: Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. In Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008, 105; S. 14325–14329.
- [CH05] Castelhana, M.; Henderson, J.: Incidental visual memory for objects in scenes. In Visual Cognition, 2005, 12; S. 1017–1040.
- [Cr13] Crompton, H.: A historical overview of mobile learning: Toward learner-centered education. In (Berge, Z. L. Hrsg.): Handbook of Mobile Learning // Handbook of mobile learning. Routledge, London, 2013; S. 3–14.
- [FMF13] Field, A.; Miles, J.; Field, Z.: Discovering statistics using R. Sage, Los Angeles, Calif., 2013.
- [HK18] Hutmacher, F.; Kuhbandner, C.: Long-Term Memory for Haptically Explored Objects: Fidelity, Durability, Incidental Encoding, and Cross-Modal Transfer. In Psychological science, 2018; 956797618803644.
- [Ko10] Konkle, T. et al.: Scene memory is more detailed than you think: the role of categories in visual long-term memory. In Psychological science, 2010, 21; S. 1551–1556.
- [KRS17] Kuhbandner, C.; Rosas-Corona, E. A.; Spachholz, P.: High-Fidelity Visual Long-Term Memory within an Unattended Blink of an Eye. In Frontiers in psychology, 2017, 8; S. 1859.
- [Sa09] Salthouse, T. A.: When does age-related cognitive decline begin? In Neurobiology of Aging, 2009, 30; S. 507–514.
- [St73] Standing, L.: Learning 10,000 pictures. In The Quarterly journal of experimental psychology, 1973, 25; S. 207–222.
- [VM07] Vogt, S.; Magnussen, S.: Long-term memory for 400 pictures on a common theme. In Experimental psychology, 2007, 54; S. 298–303.
- [WHZ05] Williams, C. C.; Henderson, J. M.; Zacks, R. T.: Incidental visual memory for targets and distractors in visual search. In Perception & psychophysics, 2005, 67; S. 816–827.