

Abstract

Menschen lernen offensichtlich in unterschiedlicher Art und Weise. Eine solche Unterteilung kann zum einen in Persönlichkeitstypen, wie bei Schrader, als auch in kompetenzbezogene Unterschiede, wie bei Zech, getroffen werden. Zum anderen können Aufgaben anhand ihres Grades an Nützlichkeit, in Form von beigelegten Bildern, gestaltet sein. Diese Bilder können entweder nur dekorativen Nutzen haben oder auch essenziell für das Lösen der Aufgabe sein und somit zusätzlich eine Anschauung vermitteln. In vorliegender Studie wurden 39 Studenten der TU München in einer Eyetrackingstudie zu den Fragestellungen untersucht: Lassen sich die Studenten in Lerntypen anhand ihrer Augenbewegungen einteilen? Wie wirkt sich der Lerntyp auf die Leistungsfähigkeit der Probanden aus? Mit welcher Erfolgsquote werden dekorative oder essenzielle Bilder bearbeitet? Und schließlich, gibt es Lerntypen, die mit unterschiedlich beigelegten Bildern, besser oder schlechter umgehen können?

Um diese Fragen beantworten zu können, wurde den Studenten zu Beginn ein heuristisches Lösungsbeispiel für einen mathematischen Zusammenhang gezeigt. Die Blickbewegungen der Studenten auf diesem Lösungsbeispiel legt die Lerntypunterteilung der Probanden fest. Im weiteren Teil wurden mathematische Aufgaben mit dekorativen und essenziellen Bildern gestellt, welche die Probanden bearbeiten mussten. Eine Unterteilung der Lerntypen war in der Mehrheit der Probanden möglich, jedoch die Unterschiede ihrer Leistungsfähigkeit nicht signifikant. Bei der Verwendung unterschiedlicher Bildtypen wurden Aufgaben mit essenziellen Bildern etwas besser bearbeitet als Aufgaben mit nur dekorativen Bildern. Bei der Auswertung, wie die unterschiedlichen Lerntypen mit den beigelegten Bildern umgegangen sind, war festzustellen, dass Lernende, die im ersten Teil der Studie sehr oft die Abbildungen betrachtet haben, im zweiten Teil mit essenziellen Bildern nicht gewinnbringend umgehen konnten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theoretischer Hintergrund	4
2.1	Lerntypeneinteilung nach Gagné	4
2.2	Lerntypeneinteilung nach Zech.....	6
2.3	Lerntypeneinteilung nach Schrader	8
2.4	Effekte graphischer Darstellungen.....	8
3	Methodik.....	10
3.1	Eyetracking	10
3.2	Begriffserklärung und Instrumentenbeschreibung	11
3.3	Ablauf der Studie	12
3.4	Aufgabe-Bildeinteilung.....	13
3.5	Gruppeneinteilung	14
3.6	Schwierigkeiten bei der Erfassung	15
3.7	Forschungsfrage.....	16
4	Ergebnis	17
5	Diskussion	22
6	Ausblick.....	26

1. Einleitung

In der Ausbildung von SuS (Schülerinnen und Schüler) und Studierenden ist es für jeden Einzelnen unerlässlich, Wege zu finden, sich Lernstoff anzueignen und diesen auch sinnvoll anwenden zu können. Lerntypen können in auditiv, visuell, motorisch, und kommunikativ unterteilt werden. Der Auditive tut sich beim Lernen über Zuhören am Leichtesten, der Visuelle über Veranschaulichungen, der Motorische eignet sich den Stoff über Bewegungen an und der Kommunikative nimmt den Lerngegenstand am besten auf, wenn er darüber mit anderen spricht. Somit sind diese Typen sehr unterschiedlich in ihrer Verwendung von Verarbeitungskanälen (Sinnesorganen). Jeder dieser Typen schafft es also auf verschiedene Art und Weise, sich neuen Stoff effektiv anzueignen. Um dies zu gewährleisten, wird bereits im LehrplanPLUS der Grundschule in Bayern festgehalten: Es ist "... Aufgabe aller Bildungsorte, in allen Lebensphasen und -bereichen **individuelles** Lernen anzuregen und so zu unterstützen, dass es lebenslang selbstverständlich wird." [7] Hierbei entwickeln sich im Laufe der Schulbahn eigene Strategien, um komplexe Sachverhalte wie zum Beispiel mathematische Beweise zu erlernen. Im Umgang des Lernens aus Texten erscheint es sinnvoll, eine andere Lerntypunterteilung anzustreben, da Worte oder Bilder vorerst gelesen oder betrachtet werden müssen, bevor sie verarbeitet werden können. Somit muss auch ein auditiver oder ein kommunikativer Lerntyp vorerst den Text lesen, um den Inhalt für sich verfügbar zu machen.

So wie sich die Lernenden in ihren Typen unterscheiden lassen, ist es auch bei den Hilfestellungen zu Aufgaben. Eine Aufgabenstellung kann nicht nur in ihrer kognitiven Prozessdimension (cognitive process dimension) oder ihrer Wissensdimension (knowledge dimension) [1], sondern auch in der Art der Unterstützung eingeteilt werden. Im mathematischen Kontext werden diese Unterstützungen meist in Beispielrechnungen oder Graphiken wiedergegeben. Graphiken können laut Zitation in unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden, welche für die Bearbeitung der Aufgabestellung unterschiedlich hilfreich sind.

In vorliegender Studie wird die visuelle Wahrnehmung genauer untersucht und die Effektivität von unterschiedlichen Lerntypen im Lösen von unterschiedlichen mathematischen Aufgabenstellungen untersucht.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Lerntypeneinteilung nach Gagné

Gagné unterteilt seine Formen des Lernens hierarchisch. Somit setzen die nachfolgenden Lernarten die vorhergehenden Lernarten voraus. Generell wird in zwei Teile unterteilt:

- (A) Grundformen des Lernens: Assoziationen und Ketten
 - (A.1) Signallernen
 - (A.2) Reiz-Reaktions-Lernen
 - (A.3) Kettenbildung
 - (A.4) Sprachliche Assoziation
- (B) Intellektuelle Fähigkeiten
 - (B.1) Diskriminationslernen
 - (B.2) Begriffslernen
 - (B.3) Regellernen
 - (B.4) Problemlösen

2.1.1. (A.1) Signallernen (Pawlos "klassische" Konditionierungslehre)

Man versucht mit einem Reiz eine dadurch bedingte Reaktion hervorzurufen. Eines der bekanntesten pädagogischen Phänomene dazu, ist der Pawlowsche Hund". Hierbei wird immer, bevor ein Hund Futter bekommt eine Glocke geschlagen. Nach einigen Durchgängen ertönt nur noch das Klingen der Glocke, was den Speichelfluss des Hundes anreizt, ohne dass er Futter bekommt. Somit können einfache Reize (z.B Ton), bestimmte Reaktionen (z.B Speichelfluss) auslösen, welche nicht reflexartig angeboren, sondern antrainiert wurden[9].

2.1.2. (A.2) Reiz-Reaktions-Lernen (Trial and Error Prinzip, Lernen durch Verstärkung)

Der Lernende versucht etwas so lange auf verschiedene Art und Weise, bis es klappt und merkt sich anschließend wie es zu Erfolg führte. Beispiel: Jemand ist sich bei der letzten Nummer seines Fahrradschlösses unsicher. Er probiert deswegen alle Möglichkeiten von 0 – 9 aus und merkt sich bei welcher Zahl das Schloss aufgegangen ist. Hierbei erfährt der Lernende eine Verstärkung, weil er danach mehr kann als davor (in unserem Beispiel: Schloss öffnen) und dies nur durch einfaches Ausprobieren geschafft hat[12].

2.1.3. (A.3) Kettenbildung (Lernen von Abläufen)

In diesem Fall werden längere Reiz-Reaktions-Ketten gebildet. Hierbei sind alle Formen von Algorithmen oder Verfahren eingeschlossen. Beispiele: Kochen, Telefonieren, oder auch Klammern im Mathematikunterricht auflösen. Diese Ketten können meist verstanden und durchgeführt werden, ohne einen tieferen Sinn des einzelnen Verfahrens verstanden zu haben. In der Schule kann diese Lernart zu Problemen führen, da die SuS kein Verständnis für die Zusammenhänge haben müssen, lediglich ihre Algorithmen durchgehen können. Dies kann in Aufgaben mit höherem Abstraktionsgrad zu Problemen führen, wenn das Schema nicht mehr ohne Weiteres anwendbar ist.

2.1.4. (A.4) Sprachliche Assoziation (verbales auswendig Lernen)

Hierbei werden bestimmte Definitionen, Gedichte oder Ähnliches so lange wiederholt, bis sie auswendig vom Lernenden vorgetragen werden können. Somit findet eine Verkettung oder auch Assoziation von einfachen Objekten - in unserem Fall Wörtern - statt. Es werden ebenso, wie in den anderen Grundformen, lediglich die Verknüpfungen der Wörter geschaffen und kein Verständnis dabei erzeugt[12].

2.1.5. (B.1) Diskriminationslernen (Unterscheidungslernen)

In diesem Fall soll der Lernende verschiedene Gegenstände und Merkmale als verschieden auffassen können. Beispiele: Ein bestimmtes Passwort passt nur zu einem bestimmten Account. Oder: Nicht jedes Fahrrad sieht gleich aus. Es gibt Rennräder, Stadträder, Lastenräder und viele mehr. Der Lernende soll hierbei ein besseres Verständnis für Begriffe entwickeln, indem er lernt, diese zu differenzieren[12].

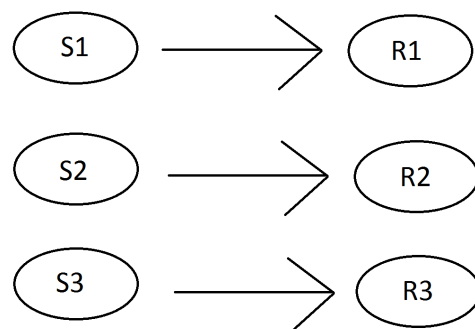


Abbildung 1 Diskriminationslernen, Zech

2.1.6. (B.2) Begriffslernen (Gemeinsamkeiten finden)

Bei diesem Typ soll genau der konträre Weg zum Diskriminationslernen begangen werden. Es sollen unterschiedliche Objekte, als *gleich* zusammengefasst werden können. Beispiele: ein Rechteck und ein Quadrat sind beides Vierecke, oder ein Audi Q7 und ein BMW X5 sind SUVs. Somit können bessere Verbindungen zwischen Lerngegenständen hergestellt und sich auf allgemeine Details zurückgezogen werden (z.B Winkelsumme Viereck sind 360 Grad, Auto hat einen Motor)[12].

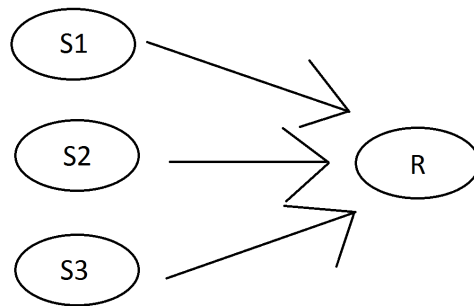


Abbildung 2 Begriffslernen, Zech

2.1.7. (B.3) Regellernen (Regeln für Anwendungsbereiche lernen)

Beim Regellernen ist nicht nur das einfache auswendig Lernen von Regeln oder Ähnlichem gemeint, sondern das damit verbundene Verständnis. Somit kann also der Kontext des Satzes des Pythagoras aufgefasst werden: Zum einen ist die Formel $a^2 + b^2 = c^2$ im aktiven Wissen vorhanden, zum anderen sind auch die Anwendung und die Bedingungen der Formel verständlich[12].

2.1.8. (B.4) Problemlösen (Aufgaben mit eigenen Überlegungen lösen)

Dies ist der nächste Schritt vom Regellernen, da hierbei Regeln verstanden sein müssen und diese kombiniert in einer Aufgabe angewendet werden können. Somit gehört in der Gagnéschen Hierarchie der Problemlöser zur höchsten Ordnung, da seine Kompetenzen die Kompetenzen der vorhergehenden Typen beinhalten[12].

2.2. Lerntypeneinteilung nach Zech

Die Lerntypen von Gagné werden in der Einteilung nach Zech aufgegriffen, zusammengefasst und erweitert, um neue Lerntypen zu definieren. Ebenso betrachtet er die Lerntypen hauptsächlich im Kontext der Mathematik und nicht auf alle Lerngegenstände bezogen. Zech unterteilt seine Lerntypen nicht mehr hierarchisch und gibt klare Lernbedingungen für den jeweiligen Lerntypen an. Es werden die folgenden fünf Typen betrachtet:

2.2.1. Assoziatives Lernen

In dieser Unterteilung sind die im kognitiven Bereich beschränkten Grundformen des Lernens (Teil A) nach Gagné zusammengefasst. Somit werden bei diesem Typ "kürzere oder längere Reiz-Reaktions-Verbindungen (Automatismen)" aufgebaut und jene hauptsächlich auswendig gelernt. Dies kann im mathematischen Sinne, als das Anwenden von bekannten Regeln auf einfache Aufgabentypen verstanden werden. Außerdem bezieht sich dieser Typ neben der Abstammung von den Grundformen (A), mehr auf textuelle als auf bildliche Teile von Aufgaben. Die Lernbedingung dieses Types ist: häufige Wiederholung. Anhand dessen entsteht in

der Unterteilung des Versuchsaufbaus dieser Arbeit die Gruppierung Gr1. (Typ Unsicher), welche sich dadurch auszeichnet, dass das heuristische Beispiel sehr häufig wiederholt gelesen wird und somit die Fokussierung auf den Text im Vordergrund steht[12].

2.2.2. Diskriminationslernen

Er wird zu großen Teilen aus dem Typ von B.1 abgeleitet, wie der Name auch schon vermuten lässt. Hierbei wird aber nochmals verdeutlicht, dass das Diskriminationslernen als Voraussetzung zum Begriffslernen stehen muss, da erst Objekte unter einem Begriff zusammengefasst sein müssen, bevor sie als unterschiedlich erkannt werden können. Lernbedingungen: Unterschiede hervorheben (zum Beispiel mit bunter Kreide), Kontiguität (Angrenzung, Berührung)[3]. Dieser Lerntyp ist in der gegebenen Studie schwer von den anderen Typen zu unterscheiden, da sich die Aufgabenstellung nicht explizit mit Diskrimination befasst, sondern mit dem Lösen mathematischer Probleme. Somit wird dieser Lerntyp in der Studie nicht weiter behandelt[12].

2.2.3. Lernen mathematischer Begriffe

Dieser Typ baut sich auch auf dem Lerntyp B.2 Begriffslernen auf. Zunächst werden die Begriffe unterteilt in: Eigenschaftsbegriffe, Relationsbegriffe und zusammengesetzte Begriffe. Eigenschaftsbegriffe beschreiben Merkmale oder Eigenschaften eines Objektes. Relationsbegriffe beschreiben eine Relation zwischen verschiedenen Objekten, wie z.B A hat mehr Kanten wie B. Zusammengesetzte Begriffe werden aus einer Kombination von ursprünglichen Begriffen definiert z.B *eine Teilmenge des euklidischen Raums R^n heißt kompakt, wenn sie abgeschlossen und beschränkt ist*. Diese Begriffe sollen durch die Zusammensetzung mehrerer bekannter Begriffe verstanden werden. Dieser Lerntyp baut auf B.3 Regellernen auf. Die Begriffe gehen durch Abstraktion aus der Erfahrungswelt hervor. Lernbedingungen: relevante Merkmale hervorheben, mehrere Beispiele (irrelevante Merkmale variieren), Gegenbeispiele. Leider sind die gegebenen Lernbedingungen anhand einer Eyetracking-Studie, bei der nichts markiert wird, oder der Proband weder Beispiele noch Gegenbeispiele anbringen kann, nicht auszuwerten. Aus diesem Grund wurde dieser Lerntyp in der Studie ebenfalls nicht weiter behandelt[12].

2.2.4. Lösen mathematischer Probleme

Unter diesem Lerntyp wird ein Verinnerlichen mathematischer Zusammenhänge verstanden. Hierbei wird das Lernen heuristischer Regeln vorausgesetzt. Es müssen zuerst bestimmte allgemeine Strategien (z.B. Widerspruchsbeweis) aufgenommen werden, um anschließend eine Transferleistung zu vollbringen, wie es bei Aufgaben mit hohem Abstraktionsgrad vorausgesetzt wird. Lernbedingungen: Problemlösungsfähigkeiten (analysieren, vergleichen, Beziehungen herstellen uvm.) umsetzen und heuristische Regeln einzusetzen. In Anlehnung an den Typ "Lösen mathematischer Probleme" wird in meiner Arbeit die Gruppierung Gr2. (Typ Problemlöser) definiert, welche sich sehr stark auf die Bilder fokussiert, nachdem sie den Text das erste Mal aufgenommen hat[12].

2.3. Lerntypeneinteilung nach Schrader

Wie bereits angedeutet, unterteilt Schrader seine Lerntypen eher in Anlehnung an allgemeine Persönlichkeitstypen: der Theoretiker, der Anwendungsorientierte, der Musterschüler, der Gleichgültige und der Unsichere. Hierbei wird nicht mehr auf alle Typen eingegangen, da sich viele in den Gruppierungen von Zech widerspiegeln und die Persönlichkeitstypen in vorliegender Studie nicht ermittelt sind. Somit wird nur auf die Gruppierung "der Unsichere" eingegangen.

Der Gr3. (Typ Textuell) sucht Ursachen bei sich und zweifelt an seinen Fähigkeiten. Das Lernen aus Texten fällt diesem Typ schwer, da er dabei wenig systematisch vorgeht. Er lässt sich lieber etwas mehr Zeit, um die gegebene Aufgabenstellung zu bearbeiten. Lerncharakteristik: Da ihm das Arbeiten mit Texten Schwierigkeiten bereitet, ist die Bearbeitungszeit länger als gewöhnlich und es werden sowohl Text-, als auch Bildbereiche häufiger als bei gewöhnlichen Probanden betrachtet[10].

2.4. Effekte graphischer Darstellungen

Laut einer Studie von Mayer (2005) hat das Arbeitsgedächtnis zwei Kanäle zur Verarbeitung von Informationen. Einer der Kanäle verarbeitet Informationen von Wörtern, der andere von Bildern[8]. Somit kann eine optimale Lernbedingung geschaffen werden, indem sowohl verständlicher Text als auch passend eingebundene Bilder dem Lernenden zu Verfügung gestellt werden. Laut Matthias Böckmann und Stanislaw Schukajlow (2018) lassen sich Bilder in drei unterschiedliche Typen unterteilen:

- Dekorative Bilder (decorative pictures), welche keine echten Informationen über das gegebene Problem zeigen. Z.B. eine Radfahrerin, wenn es in der Aufgabe über das Zurücklegen einer Strecke mit dem Rad geht.
- Repräsentative Bilder (representational pictures), welche Teile der gestellten Aufgabe veranschaulichen. Z.B. ein Drachenviereck, wenn die Aufgabe gestellt ist: den Flächeninhalt eines Drachenvierecks zu bestimmen.
- Essenzielle Bilder (essential pictures), welche Informationen geben die für die Bearbeitung der Aufgabe essenziell sind. Z.B. bei der Berechnung einer Fläche eine Graphik, in der relevante Längen von Seiten eingetragen sind.

In der Studie wurden 217 SuS aus der 9. Jahrgangsstufe in Gruppen eingeteilt. Bei dem Versuch wurden die SuS in drei Gruppen unterteilt, welche dieselbe Aufgabenstellung erhielten, jedoch die Bildtypen sich unterschieden. In der Aufgabe wird von den SuS verlangt, den Abstand von einer Person zu ihrem Lenkdrachen mit Hilfe des Satzes des Pythagoras zu berechnen. Die Aufgabestellung sollte von den SuS nicht bearbeitet, sondern lediglich Fragen

hierzu beantwortet werden.

Die erste Gruppe erhielt die Aufgabenstellung mit einem dekorativen Bild (ein einfaches Abbildung eines Lenkdrachens).

Die zweite Gruppe erhielt ein Bild, in dem die beschriebene Situation (Person mit Schnurverbindung zum Lenkdrachen) bildlich dargestellt wurde (repräsentativ).

Die dritte Gruppe hingegen erhielt dasselbe Bild wie die zweite Gruppe, zusätzlich mit Längenangaben (essenziell).

Es konnte gezeigt werden, dass dekorative Bilder den Probanden kaum eine Unterstützung in der Lösung der gestellten Aufgaben geben. Hingegen repräsentative einen positiven Effekt und essenzielle Bilder den besten Effekt bewirkten[2].

3. Methodik

3.1. Eyetracking

In dieser Studie wurde die Methode des Eyetrackings benutzt, um die Augenbewegungen der Probanden auf dem Bildschirm festzuhalten. Im Folgenden wird kurz die Einrichtung und die Funktionsweise eines Eyetracking Monitors beschrieben.

Geräte, welche Blickbewegungen aufzeichnen können, unterscheiden sich in zwei grundlegende Kategorien:

- Aufzeichnung über eine Brille erstellen
- Kamera unterhalb des Bildschirms verwenden

Im folgenden Versuchsaufbau wurde die zweite Variante gewählt. Hierbei ist es essenziell, dass der Proband auf der richtigen Höhe sitzt und einen ungehinderten Blick (keine Brille) auf den Bildschirm hat. Ebenso wichtig ist, dass der Proband seinen Kopf ruhig hält und nur die Augen bewegt. Bei einer übermäßigen Bewegung des Kopfes werden die aufgezeichneten Daten verfälscht. Bevor mit der eigentlichen Studie begonnen werden kann, muss die Kamera kalibriert werden. Der Versuchsteilnehmer folgt einem Punkt auf dem Bildschirm, um die richtige Einstellung des Gerätes zu ermöglichen.

Im Versuchsaufbau sitzt, wie in der Abbildung beschrieben, der Proband (P) vor dem Bildschirm, der Versuchsleiter (V) auf der gegenüberliegenden Seite. Die Kamera, welche die Blickbewegungen des Probanden aufzeichnet, befindet sich unter dem Anzeigebildschirm. Dieser Aufbau wurde gewählt, damit der Proband einfach "weiter" oder das Ergebnis einer Aufgabe sagen kann, ohne den Blick vom Anzeigebildschirm zu lösen. Auf die Verwendung einer Tastatur wurde verzichtet, weil mit jedem Blick darauf eine erneute Kalibrierung von Nöten wäre.

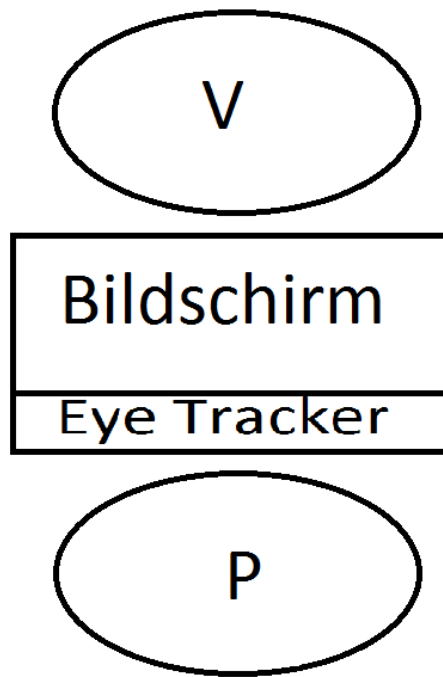


Abbildung 3 Versuchsaufbau

3.2. Begriffserklärung und Instrumentenbeschreibung

Im Folgenden notwendige Begriff erklärt, sowie Angaben zur Datenauswertung ausgeführt.

Beginnend mit dem Begriff “Fixationen auf ein bestimmtes Objekt“, ist in dieser Studie ein messbares Innehalten des Probanden, auf einer bestimmten Stelle des Bildschirms gemeint. “Diese Zeitdauer beträgt typischerweise 100 bis 200ms[4].“

Somit sind die Fixationen bei einer Auswertung von Eyetrackinguntersuchungen immer in drei Teile unterteilt:

- Die Koordinaten der einzelnen Fixation, meist aufgeteilt in einen x und einen y Wert. (Horizontal, Vertikal)
- Die Dauer der jeweiligen Fixation
- Die zeitliche Reihenfolge der Fixation

Durch AOI's (“Area of Interest“) kann der für den Probanden sichtbare Bereich des Bildschirms in Abschnitte unterteilt werden, welche für die Auswertung relevant sind. In vorliegender Studie wurden auf der ersten Seite AOIs über die Textabschnitte, sowie über die Graphiken gelegt, um die Fixationen auf diesem Bereich feststellen zu können. Ebenso wurde in den letzten Bereich eine AOI gelegt, um das Unterscheiden vom ersten zum zweiten

Durchgang zu ermitteln (mehr dazu im Teil eigene Einteilung).

Eine *Heatmap* ist eine Darstellung des Bildschirms, in der die Benutzerfixationen anhand von ihrer Häufigkeit und Dauer eingefärbt werden. Hierbei können Zonen, welche vom Benutzer intensiv betrachtet werden schnell veranschaulicht werden.

Diese Daten wurden mit Hilfe des Eyetrackingapparates RED 500 festgehalten und konnten unter Verwendung des Programms IViewx unterteilt werden. Somit konnte die Anzahl der Fixationen in einem Bereich ausgewertet werden. Die Daten wurde verwendet, um die Gruppeneinteilung im folgenden Verlauf der Arbeit vorzunehmen.

Nach der Einteilung der Gruppen wurden zum einen Varianzanalysen zu den gegebenen Forschungsfragen angestellt. Die Auswertung erfolgte über eine einfaktorielle ANOVA um signifikante Unterschiede in den Gruppen oder unter den Bildern feststellen zu können. Zum anderen wurden die Mittelwerte berechnet und verglichen. Diese Auswertungen sind im Teil Ergebnis festgehalten.

3.3. Ablauf der Studie

Auf der ersten Folie wurde den Versuchsteilnehmern ein Teilbarkeitsbeweiß von drei oder fünf aufeinanderfolgender Zahlen, anhand eines heuristischen Lösungsbeispiels veranschaulicht. Hierbei wurde gezeigt, dass drei aufeinander folgende Zahlen z.B 3,4,5 in der Summe (in unserem Beispiel 12) wieder durch die Anzahl der aufeinander folgenden Zahlen mit ganzzahligem Ergebnis teilbar ist. Somit kann in unserem Beispiel die 12 durch 3 geteilt werden, ohne einen Rest zu erhalten. Analog funktioniert es bei jeder ungeraden Anzahl an aufeinanderfolgender natürlicher Zahlen. Die erste Folie unterteilt sich in Heuristiken, welche den allgemeinen Lösungsweg des Beweises aufzeigen soll und in Inhalt, welcher von textueller oder bildlicher Form sein kann. Die bildliche Form ist zum einen ein Anfangsbeispiel, bei dem die Hypothese bei unterschiedlichen Zahlen überprüft wird, zum anderen eine Möglichkeit, wie man durch Sortierung den Sachverhalt besser veranschaulichen kann. In textueller Form wurden die Überlegungen hierzu festgehalten.

Darauffolgend wurden den Probanden neun mathematische Aufgaben gestellt, welche sie mit Hilfe einer multiple-choice-Antwortmöglichkeit bearbeiten sollten. Beispiel einer Aufgabe:

DIE RADFAHRERIN HEIKE



Heike hat gerade ein neues Fahrrad bekommen. Es hat einen Tachometer (Geschwindigkeitsmesser), der am Lenker befestigt ist.

Der Tachometer kann Heike die zurückgelegte Strecke und ihre Durchschnittsgeschwindigkeit für eine Tour anzeigen.

Frage 1: HEIKE DIE RADFAHRERIN

Auf einer Tour ist Heike 4 km in den ersten 10 Minuten gefahren und dann 2 km in den nächsten 5 Minuten.

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- | | |
|---|---|
| A | Heikes Durchschnittsgeschwindigkeit war in den ersten 10 Minuten größer als in den nächsten 5 Minuten. |
| B | Heikes Durchschnittsgeschwindigkeit war in den ersten 10 Minuten und in den nächsten 5 Minuten die gleiche. |
| C | Heikes Durchschnittsgeschwindigkeit war in den ersten 10 Minuten niedriger als in den nächsten 5 Minuten. |
| D | Es ist nicht möglich, anhand der Angaben etwas über Heikes Durchschnittsgeschwindigkeit zu |

Abbildung 4 RadfahrerIn

3.4. Aufgabe-Bildeinteilung

Bilder und Graphiken wurden in der Studie wie folgt unterteilt:

Die ersten beiden Aufgabestellungen ARad. (Aufgabe RadfahrerIn) handeln von einer RadfahrerIn, wobei lediglich ein Bild dieser zusehen ist. Es trägt nicht zur Veranschaulichung oder Unterstützung der Versuchsperson bei und ist somit als dekorativ zu bezeichnen.

In der nächsten Aufgabenstellung ARen. (Aufgabe Rennfahrer) ist ein Graph über die Geschwindigkeit eines Rennfahrers in Abhängigkeit vom Weg zu sehen. Dieser muss verwendet werden, um die Aufgabenstellung zu bearbeiten, das Bild ist somit essenziell.

In der darauffolgenden geschilderten Problematik AZuf. (Aufgabe Zufall) werden zwei Graphiken, welche Teile eines Zufallsexperiments darstellen, verwendet. Hierbei müssen die Felder des Glücksrades und die Verteilung der Kugeln betrachtet werden, um die Aufgabenstellung lösen zu können. Somit sind die Graphiken ebenso essenziell.

Die nächsten beiden Aufgaben handeln vom Bergsteigen ABerg. (Aufgabe Bergsteigen). Hierbei ist lediglich ein Berg als Bild gegeben, welcher aber für die Bearbeitung der Aufgabe nicht nützlich ist. Auch dieses Bild hat damit einen dekorativen Zweck.

Im Anschluss wird noch eine Aufgabe im Themenbereich des Autofahrens gegeben (Aufgabe Autofahren). Dabei wurde wiederum ein Graph verwendet, der die Geschwindigkeit und die Zeit der Autofahrerin in Relation setzt. Diese Graphik ist essenziell für die Bearbeitung der Aufgabe.

In den letzten beiden Aufgabestellungen wurde sowohl eine Tabelle, welche essenziell für die Bearbeitung ist, als auch ein einfaches Bild von einem Auto, welches eher dekorativen Charakter hat, verwendet. Da hierbei eine Mischung von Bildtypen verwendet wurde, werden diese beiden Aufgaben in der weiteren Bearbeitung nicht weiter betrachtet.

Somit kommen in dieser Bildzuweisung lediglich drei essenzielle, vier dekorative Bilder und keine repräsentativen Bilder vor. Dabei sollte der Unterschied zwischen hilfreichen und nicht hilfreichen Bildern besser erkennbar sein.

3.5. Gruppeneinteilung

Aus den oben genannten Lerntypen wurden drei Gruppierungen gebildet: Gr1. der Unsichere, Gr2. der Problemlöser, Gr3. der Textuelle. Mit den gesamt 39 Probanden wurde versucht, eine sinnvolle Unterteilung zu treffen. Wie in der Tabelle (Ausprägungen) zu sehen ist, wurde die Verbindung unterschiedlicher Ausprägungen genutzt. Bei 22 Versuchsteilnehmer konnte dies relativ eindeutig erfolgen. Bei den restlichen 17 war dies aufgrund von sich widersprechenden Einzelfaktoren für die Zuweisung nicht möglich. Weitere Typologien wären dennoch möglich, wurden in dieser Studie aus Gründen der Systematik nicht weiter verfolgt.

Das erstmalige Lesen des Textes dauerte im Schnitt über alle Probanden hinweg 110,4 Sekunden. Diese Dauer konnte ermittelt werden, indem in einer AOI am Ende des Textes Fixationen festgestellt wurden. Sobald also ein Proband in dieses Feld geblickt hat, ist der erste Durchgang des Lesevorgangs beendet und der Zweite, welcher andauert, bis der Proband auf die nächste Folie wechselt, folgt. Diese Einteilung konnte anhand von Messungen der Zeit und der Reihenfolge der Fixationen belegt werden.

Die Probanden wiesen im Durchschnitt folgende Werte auf:

- Dauer des Zweiten Durchgangs: 72,6 Sekunden
- Fixationen auf die Bildbereiche im zweiten Durchgang: 75,2
- Fixationen auf die Textbereiche im zweiten Durchgang: 71,1

Die Probanden wurden auf die genannten Merkmale untersucht und in die passenden Gruppen anhand dieser Einteilung zugeordnet.

Einteilungsschema

Ausprägungen	Typ Unsicher (Gr1.)	Typ Problemlöser (Gr2.)	Typ Textuell (Gr3.)
Dauer 1. Durchgang	(+)	0	0
Dauer 2. Durchgang	++	0	(+)
Textfixationen 2. Durchgang	+	0	+
Bildfixationen 2. Durchgang	+	+	0

Tabelle 1 Ausprägungen

3.6. Schwierigkeiten bei der Erfassung

Bei der Erfassung der Punkte einer Aufgabe wurde im Falle der richtigen Lösung lediglich ein Punkt vergeben. Kein Punkt wurde vergeben, wenn die Lösung falsch war. Es werden keine Teilpunkte vergeben. Falls ein Proband die Aufgabe in Teilbereichen richtig löste, anschließend aber dennoch im Ergebnis falsch lag erhielt er dennoch 0 Punkte. Es findet somit eine Ergebnisorientierte- und keine Lösungswegorientierte Auswertung der Aufgaben statt, welche die Fähigkeiten der Probanden negativer abbildet als sie eigentlich sind.

Zusätzlich wurden multiple-choice-Antwortmöglichkeiten gegeben. Diese Methode erzeugt ebenso eine Unschärfe in der Lösung des Probanden. Eine Verbesserung der Leistung des Versuchsteilnehmers wird durch die vierfache Antwortmöglichkeit der Aufgaben gegeben, da der Proband durch Raten der richtigen Lösung mit einer Wahrscheinlichkeit von 1/4 oder 25 Prozent richtig liegt. Dies hat zur Folge, dass die Fähigkeiten der Probanden besser abgebildet werden als sie eigentlich sind.

Ebenso war es für die Probanden nicht möglich, sich Aufgabenteile zu markieren oder sich nebenbei Notizen und Rechnungen auf Papier zu notieren. Dies hätte Kalibrierungsprobleme des Eye Tracking Automaten hervorrufen können. Dadurch wäre auch denkbar, dass sich dies negativ auf das Ergebnis auswirken könnte. Jedoch haben Schukajlow und Leiss (2011) gezeigt, dass "(b)ezüglich der selbstberichteten Strategienutzung und der mathematischen Modellierungsleistungen der Lernenden ... keine signifikanten Korrelationen festgestellt werden[11] (konnten)." Somit kann dieser Punkt nicht mit Sicherheit als negative Auswirkung für den Probanden gewertet werden.

Die Einschränkungen der Ergebnisauswahl und des ergebnisorientierten Auswertungsansatzes wurden so gewählt, weil sie das Ergebnis der Studie schneller darstellbar machen. Im

besten Fall könnten sich auch beide Effekte aufheben.

3.7. Forschungsfrage

Texte werden von den Versuchsteilnehmern unterschiedlich bearbeitet. Hierbei liegen unterschiedliche Teilbereiche in textueller oder in bildlicher Form im Fokus. Häufig ist das Lesen beim ersten Durchgang ein relativ linearer Vorgang, in dem von links nach rechts und weiter von oben nach unten gelesen wird. Nach dem ersten Durchgang unterscheiden sich die Probanden in dem sie einzelne Teilbereiche des Textes einer weiteren Betrachtung unterziehen. Dies führt uns zu der Frage: (1) Kann man die Probanden anhand ihrer Augenbewegungen in Gruppen unterteilen und (2) kann die Unterteilung Aufschlüsse bezüglich der Leistungsfähigkeit innerhalb der Gruppe geben?

Ein weitere Teil der Studie besteht darin, das Ergebnis von Matthias Böckmann und Stanislav Schukajlow (2018)[2] in unserer Studie zu verifizieren (3), indem die unterteilten Aufgaben und die Gesamtpunktzahl der jeweiligen Aufgabe betrachtet wird. Somit wird untersucht ob ein direkter Zusammenhang im Lösen der Aufgabe und der Typologie des verwendeten Bildes besteht. Zuletzt wird noch untersucht, ob bestimmte Aufgabentypen für einzelne Probandengruppen positive oder auch negative Auswirkungen haben (4).

4. Ergebnis

Die in der Studie getesteten Personen waren Studenten der TU München und weisen folgende Merkmale auf:

- 35,9 Prozent von ihnen waren weiblich
- die Probanden kamen mit 66,7 Prozent überwiegend aus Bayern
- die Studenten waren im Mittel im 3,85 Fachsemester

Um die Forschungsfrage (1) zu untersuchen, wurden die Gruppen mit Hilfe einer Varianzanalyse auf folgende Werte untersucht:

- Fixationen auf dem Bild
- Fixationen auf dem Text
- Dauer des ersten Durchgangs
- Dauer des zweiten Durchgangs

Einfaktorielle ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
DauerVorSek	Zwischen den Gruppen	1288,059	2	644,030	,490	,620
	Innerhalb der Gruppen	24965,699	19	1313,984		
	Gesamt	26253,759	21			
DauerNachSek	Zwischen den Gruppen	14081,228	2	7040,614	17,073	,000
	Innerhalb der Gruppen	7835,229	19	412,380		
	Gesamt	21916,457	21			
FixCountNachAbb	Zwischen den Gruppen	22281,188	2	11140,594	11,991	,000
	Innerhalb der Gruppen	17652,267	19	929,067		
	Gesamt	39933,455	21			
FixCountNachText	Zwischen den Gruppen	32078,630	2	16039,315	10,034	,001
	Innerhalb der Gruppen	30371,233	19	1598,486		
	Gesamt	62449,864	21			

Abbildung 5 Gruppenvarianz, Lorenz Müller

Widmet man sich der zweiten Forschungsfrage, kommt man zu folgenden Ergebnissen: Alle Studenten erzielten im Schnitt 6,03 Punkte. Die jeweiligen Gruppen erzielten für die Bearbeitung aller Aufgaben im Durchschnitt folgende Punkte:

	Typ Unsicher (Gr1.)	Typ Problemlöser (Gr2.)	Typ Textuell (Gr3.)
Punkte	6,17	5,5	6,3

Tabelle 2 Mittelwert der Punkte der Probandengruppen

Bei der Untersuchung nach signifikanten Unterschieden, wurde die Varianzanalyse über die Gesamtpunktzahl gestellt, welche folgende Ergebnisse hervorbringt:

Einfaktorielle ANOVA

Gesamtpunktzahl

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	3,152	2	1,576	,615	,551
Innerhalb der Gruppen	48,667	19	2,561		
Gesamt	51,818	21			

Abbildung 6 Punktevarianz, Lorenz Müller

Wendet man sich nun der dritten Forschungsfrage, dem Einfluss der gewählten Bilder, zu. In der Betrachtung der Antworten alle Probanden ergibt sich folgendes Bild:

Aufgabe	Radfahrerin 1 (ARad.)	Radfahrerin 2 (ARad.)	Rennfahrer (ARen.)
Prozent richtig beantwortet	97,5	17,9	76,9

Tabelle 3 Mittelwert der Wertungspunkte pro Aufgabe 1

Zufall	Berg 1 (ABerg.)	Berg 2 (ABerg.)	Autofahren (AAut.)
51,3	76,9	74,3	94,9

Tabelle 4 Mittelwert der Wertungspunkte pro Aufgabe 2

Im Schnitt wurden somit die jeweiligen Bildtypen mit folgenden Prozentwerten richtig beantwortet.

Aufgabentyp	dekorativ	essenziell
Prozent richtig beantwortet	66,7	74,3

Tabelle 5 Mittelwert dekorativ bzw. essenziell

Bei der Untersuchung nach signifikanten Unterschieden entsteht folgende Varianzanalyse:

Einfaktorielle ANOVA

PunkteDurchschnitt

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	,010	1	,010	,115	,749
Innerhalb der Gruppen	,445	5	,089		
Gesamt	,455	6			

Abbildung 7 Punktevarianz, Lorenz Müller

Widmet man sich nun der vierten Forschungsfrage (Auswirkungen von bestimmten Aufgabentypen auf die Probandengruppen), lassen sich folgenden Feststellungen treffen. Bei der Auswertung der einzelnen Gruppen wurden die Ergebnisse fett markiert, welche sich um mehr als 20 Prozent vom Wert der Allgemeinheit unterschieden:

Problemlöser

Aufgabe	Radfahrerin 1 (ARad.)	Radfahrerin 2 (ARad.)	Rennfahrer (ARen.)
Prozent richtig beantwortet	100	10	90

Tabelle 6 Typ Problemlöser bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 1

Zufall (AZuf.)	Berg 1 (ABerg.)	Berg 2 (ABerg.)	Autofahren (AAut.)
40	60	70	50

Tabelle 7 Typ Problemlöser bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 2

Unsichere

Aufgabe	Radfahlerin 1 (ARad.)	Radfahlerin 2 (ARad.)	Rennfahrer (ARen.)
Prozent richtig beantwortet	83	17	67

Tabelle 8 Typ Unsicher bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 1

Zufall (AZuf.)	Berg 1 (ABerg.)	Berg 2 (ABerg.)	Autofahren (AAut.)
83	83	67	100

Tabelle 9 Typ Unsicher bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 2

Textuelle

Aufgabe	Radfahlerin 1 (ARad.)	Radfahlerin 2 (ARad.)	Rennfahrer (ARen.)
Prozent richtig beantwortet	100	17	100

Tabelle 10 Typ Textuell bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 1

Zufall (AZuf.)	Berg 1 (ABerg.)	Berg 2 (ABerg.)	Autofahren (AAut.)
67	67	67	83

Tabelle 11 Typ Textuell bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 2

Mit Hilfe der Varianzanalyse wurde untersucht, ob sich auffälligen Ergebnisse signifikant von der Allgemeinheit unterscheiden:

- Autofahrt wurde von dem (Gr1.) mit nur 50 Prozent richtig gelöst. (Allgemeinheit 94,9 Prozent) ($\alpha = 0,243$ F = 1,407)
- Zufall wurde von dem (Gr2.) mit 83,3 Prozent richtig gelöst. (Allgemeinheit 0,513) ($\alpha = 0,152$ F = 2,135)

- Rennfahrer wurde von (Gr3.) von allen Probanden richtig gelöst. (Allgemeinheit 0,769) ($\alpha = 0,092$ $F = 2,990$)

Betrachtet man noch abschließend, wie sich die unterschiedlichen Lerntypen unter Einfluss Bildtypen verhalten haben, so ergibt sich folgendes Bild.

Lerntyp	Unsicher	Problemlöser	Textuell
dekorativ	62,5	60	62,5
essenziell	83,3	60,0	83,3

Tabelle 12 dekorative und essenzielle Bildtypen mit Berücksichtigung der Lerntypen

Mit der Varianzanalyse:

Einfaktorielle ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
SummeEssenziell	Zwischen den Gruppen	2,683	2	1,341	2,287	,130
	Innerhalb der Gruppen	10,556	18	,586		
	Gesamt	13,238	20			
SummeDeko	Zwischen den Gruppen	,183	2	,091	,109	,897
	Innerhalb der Gruppen	15,056	18	,836		
	Gesamt	15,238	20			

Abbildung 8 dekorative und essenzielle Bildtypen mit Berücksichtigung der Lerntypen, Lorenz Müller

5. Diskussion

Nach der Betrachtung aller Einzelergebnisse können Rückschlüsse auf die Forschungsfragen vollzogen werden.

Wie aus der Graphik der Gruppenvarianz entnommen werden kann, unterscheiden sich die Gruppen untereinander in folgenden Merkmalen: Fixationen auf den Text bzw. die Bilder und die Dauer des jeweiligen zweiten Durchgangs.

In der Dauer des ersten Durchgangs ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festzustellen ($\alpha = 0,620$ $F = 0,490$). Dieses Ergebnis stimmt mit der Theorie überein, dass die Probanden den Text zunächst linear lesen und sich erst danach die Unterschiede ergeben. In der Anzahl der Fixationen auf den Text sowie das Bild im zweiten Durchgang ist ein signifikanter Unterschied festzustellen ($\alpha = 0,000$ $F = 11,991$ für das Bild und $\alpha = 0,001$ $F = 10,034$ für den Text). Ebenso ist in der Dauer des zweiten Durchgangs ein signifikanter Unterschied zu erkennen ($\alpha = 0,000$ $F = 17,073$). Bemann ist die Forschungsfrage (1) mit ja zu beantworten; man kann die Probanden in Gruppen unterscheiden.

Verwunderlich ist bei der Auswertung der Mittelwerte der Punkte (Forschungsfrage 2), dass die Problemlöser mit 5,5 Punkten im Schnitt am schlechtesten unter den Gruppen abgeschlossen haben. Dieses Ergebnis ist dahingehend verwunderlich, da in der Lerntypenteilung von Gangé die Problemlöser, welche sich viel mit den unterschiedlichen Darstellungsformen auseinander setzen, hierarchisch über den Textuellen, welche sich aus den Grundformen des Lernes nach Gangé zusammen setzen sollten, stehen.

Auf der anderen Seite hat Zech seine Lerntypenteilung nicht mehr hierarchisch vollzogen, was die Ergebnisse weniger verwunderlich erscheinen lässt. Typ Textuell hat in dieser Auswertung mit 6,3 Punkten im Mittel am besten abgeschlossen und der Typ Unsicher liegt mit 6,17 Punkten im Mittelfeld. Die Punktevarianzabbildung zeigt aber auch, dass die Unterschiede bei den Punkten der einzelnen Gruppen nicht signifikant sind ($\alpha = 0,551$ $F = 0,615$).

Das folgende Zitat von Hyrskykari, Ovaska, Majaranta, Rähä und Lehtinen (2008) erklärt anschaulich, wie leicht es ist, Fehlbeurteilungen bei der Untersuchung von Eyetrackingdaten anzustellen:

“Eine markante Zone auf einer Heatmap wird oft als eine interessante Zone interpretiert. Es hat die Aufmerksamkeit des Benutzers auf sich gezogen und deswegen wird angenommen, dass die Zone für den Benutzer jetzt verständlich ist. Dennoch kann aber auch das Gegenteil der Fall sein: Die Zone hat die Aufmerksamkeit des Benutzers angeregt, weil sie verwirrend und problematisch ist und der Benutzer die dargestellte Information nicht verstanden hat”[6].

Ebenso haben Hayhoe und Ballard (2005) in ihrer Studie gezeigt, dass in manchen Situationen Benutzer direkt auf ein relevantes und wichtiges Objekt schauen und dennoch keine Gedächtnisspur (Wissensgewinn) registrierbar ist[5].

Daraus lässt sich schließen, dass es nicht so einfach ist, die Verhaltensmuster (in unserer Studie Blickbewegungen) der Probanden direkt in ihre kognitiven Prozesse zu übersetzen. Somit ist es leicht, sich von den Eyetrackingdaten blenden zu lassen und diese falsch zu interpretieren. In dieser Studie könnten die Probanden aus der Gruppe Problemlöser lediglich viele Fixationen auf den Bildern haben, weil sie diese nicht ganz verstanden hatten.

Ebenso ist die Gruppengröße von 6 Probanden in Gruppe Unsicher, 10 Probanden in Gruppe Problemlöser und 6 Probanden in Gruppe Textuell deutlich zu gering, um signifikante Ergebnisse zu generieren. Man könnte auch feststellen, diese Gruppengröße bietet zu wenig statistische Aussagekraft für eindeutige Ergebnisse.

Widmet man sich der dritten Forschungsfrage:

Inwiefern haben die Bilder einen Einfluss auf das Ergebnis der Probanden, lässt sich schon in den ersten beiden Aufgaben einen Widerspruch feststellen: ARad. 1 und ARad. 2 verwenden beide ein dekoratives Bild und ihre Beantwortung fällt im ersten Aufgabenteil sehr gut mit 97,5 Prozent aus und im zweiten Teil, bei dem dasselbe dekorative Bild verwendet wurde sehr schlecht mit 17,9 Prozent aus. Der deutliche Unterschied in der Beantwortung legt den Schluss nahe, das sich das Niveau der Aufgabenstellung unterscheidet.

Die Aufgaben ABerg. wurden zu 76,9 und zu 74,3 Prozent richtig bearbeitet, obwohl das beigelegte Bild ebenso nur dekorativ war. In den restlichen Fällen war die verwendete Graphik jeweils essenziell und wurde mit AAut. 94,9 Prozent, AZuf. 51,3 Prozent und ARen. 76,9 Prozent richtig beantwortet. Hierbei wird die Bearbeitung des Aufgabenteils AZuf. auffällig, da sie am schlechtesten von den Aufgabenstellungen mit essenziellen Graphiken bearbeitet wurde.

Im Durchschnitt aller Probanden wurden die Aufgaben mit dekorativen Bildern zu 66,6 Prozent richtig beantwortet und die Aufgabe mit essenziellen Bildern zu 74,4 Prozent. Dies ist zwar kein signifikanter Unterschied ($\alpha = 0,749$ $F = 0,115$), zeigt aber eine Tendenz in Richtung des Effekts, der aus der Studie von Matthias Böckmann und Stanislaw Schukajlow (2018) erkennbar ist.

Mögliche Ursachen, warum der Effekt nicht so groß, wie erwartet ist, sind: Zum einen ist der Schwierigkeitsgrad der einzelnen Aufgaben sehr unterschiedlich, zum anderen ist es ein Unterschied, ob man aus einer Graphik lediglich Werte ablesen (wie in der Aufgabe Autofahren der Fall) muss, oder die Werte stochastisch (wie in der Aufgabe Zufall der Fall) ausgewertet werden.

Bei der letzten Forschungsfrage (4) wird gefragt, ob bestimmte Aufgabentypen für einzelne Probandengruppen positive oder auch negative Auswirkungen haben. Wie im Ergebnis teil zu

sehen ist, werden hierbei drei Fälle einer weiteren Betrachtung unterzogen.

Die unterdurchschnittliche Bearbeitung Gr2. bei der Aufgabe AAut. ($\alpha = 0,243$ $F = 1,407$) ist auffällig. Bei dieser Aufgabenstellung war lediglich eine Graphik abgebildet, welche die Geschwindigkeit mit der Zeit der Autofahrerin in Relation setzt. Gefragt war, ob der linke und höhere Teil (also mehr Geschwindigkeit) des Graphen eine größere Strecke darstellt, wie der gleichbreite (also gleiche Zeitdauer) rechte Teil des Graphen. Hierbei bedeutet der niedrigere Teil (rechts) eine kürzere zurückgelegte Strecke, da $\text{Weg} = \text{Geschwindigkeit} \times \text{Zeit}$ gilt.

Im Einstiegsproblem, nach der die Gruppen eingeteilt wurden, war in den Graphiken, auf welche sie häufige Fixationen hatten, eindeutig zu sehen, was mit ihnen gemeint war. In der Graphik dieser Aufgabe, kann man die gleichbreiten Graphen (Zeit) auch als Synonym für den zurückgelegten Weg missverstehen. Dieser Effekt tritt jedoch nicht signifikant auf. Graphiken können für die Gruppierung der Problemlöser problematisch wirken.

Weiterhin wurde AZuf. von der Gr1. besonders gut gelöst ($\alpha = 0,152$ $F = 2,135$). In dem Aufgabenteil Zufall sind zwei Graphiken zu sehen, welche beide ausgewertet und verknüpft werden müssen, um die Aufgabenstellung richtig zu beantworten. Der Typ Unsicher hat sich dadurch gebildet, indem er auf der ersten Folie eine besonders lange zweite Runde mit vielen Fixationen auf Bild und Text gezeigt hat.

Diese Dauer kann auch als gewissenhaftes Arbeiten eingestuft werden, was ihm in der Aufgabe Zufall zum Vorteil wird, da die beiden Graphiken zuerst abgezählt und dann verknüpft werden müssen bevor die Aufgabe beantwortet werden kann. Der Unsichere kann als mit einer längeren Bearbeitungszeit ein nicht signifikantes aber durchschnittlich besseres Ergebnis erzielen.

Im letzten Teil wurde ARen. von der Gr3. am besten gelöst ($\alpha = 0,092$ $F = 2,990$). Die Aufgabenstellung war: aus einem gegebenen Graphen, welcher die Geschwindigkeit und die Streckenentfernung in Relation gesetzt hat, den Abstand bis zur längsten geraden Strecke anzugeben. Hierbei konnte dieser Wert einfach aus dem Graphen abgelesen werden, da dieser Wert am Anfang des längsten Teiles ohne Kurve, also Geschwindigkeitsverlust, liegt.

Die Gruppe Textuell hat sich auf der ersten Folie durch viele Fixationen auf den Text ausgezeichnet. Da der Abstraktionsgrad der Aufgabe Zufall nicht besonders hoch ist, kann durch gewissenhaftes Lesen der Aufgabestellung (des Textes) und einfaches Ablesen des Graphen diese Aufgabe erfolgsversprechend gelöst werden.

Abschließend wenden wir uns noch dem Ergebnis aus der Tabelle "dekorative und essenzielle Bildtypen mit Berücksichtigung der Lerntypen", welche die verschiedenen Lerntypen mit den Bildtypen in Relation setzt, zu. Hierbei fällt auf, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen im Teil der dekorativen Bilder sehr gering sind ($\alpha = 0,897$ $F = 0,109$). Jedoch hat im Bereich der essenziellen Bilder der Typ Problemlöser schlechter abgeschnitten ($\alpha = 0,130$ $F = 2,287$).

Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der Vermutung aus der Diskussion der Forschungs-

frage 1. Diese besagt, dass die Problemlöser nicht viele Fixationen auf den Bildern haben, weil sie sie verstanden haben, sondern weil es ihnen schwer fällt sie zu verstehen. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht signifikant und geben somit lediglich eine Tendenz an.

6. Ausblick

Die Studie zeigt uns, dass sich Lernende anhand von ihren Blickbewegungen in einem gewissen Maße in Gruppen einteilen lassen. Diese Einteilung lässt aber keine direkten Schlüsse auf die mathematische Kompetenz der Probanden zu. Im Bereich der Verwendung von unterschiedlichen Darstellungsformen konnten positive Auswirkungen von essenziellen Bildtypen gezeigt werden. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sollten sich Lehrkräfte stets überlegen, welche Art der Unterstützung sie bei einer Aufgabe anbieten. Dies bietet den Lehrerinnen und Lehrern eine weitere Differenzierungsmöglichkeit zu der in der Einleitung angeschnittenen Prozessdimension (cognitive process Dimension) und der Wissensdimension (Knowledge Dimension), welche von Anderson und Krakwohl differenziert wurde[1]. Ebenso ist es gut möglich, die SuS selbst im Laufe eines Arbeitsauftrages zu einer solchen essenziellen bildlichen Darstellung kommen zu lassen. Dies kann beispielsweise eine Skizze oder ein Graph sein. Aufgabentypen wie gerade beschrieben schaffen eine anschauliche Brücke zwischen der Modellierung und der Lösung des Problems.

Die Auswertung der Studie hat mich zunächst überrascht. Nach der Einteilung der Gruppen bin ich davon ausgegangen, dass die SuS, die sich auf die Abbildungen konzentrieren und somit zur Gruppierung Problemlöser gehören, besser wären. Meine bisherigen Unterrichtserfahrungen legen des Schluss nahe, SuS erhalten am besten einen Zugang zu einem mathematischen Problem, wenn sie eine Anschauung zu dem Thema entwickeln. Wie im Diskussionsteil bereits geschildert, ist diese Erfahrung nicht unbedingt widersprüchlich zu den Ergebnissen, die Differenz kann sehr wohl auch der gewählten Gruppeneinteilung geschuldet sein.

Weitere Studien können diese Daten als Grundlage verwenden, um sich neuen Forschungsfragen zu stellen und hierbei beispielsweise andere Unterteilungen anwenden. Eine Möglichkeit wäre, die Auswertung in umgekehrter Reihenfolge anzugehen: Hierbei werden die Probanden mit guten Leistungen in eine Gruppe zusammengefasst und danach untersucht, ob sie Gemeinsamkeiten in ihren Eyetrackingdaten aufweisen. Somit würde die Gruppeneinteilung nicht aus vorüberlegten Ansätzen entstehen, sondern als Resultat der Auswertung. Ebenso wäre es interessant, die gegebene Studie mit einer deutlich größeren Anzahl an Probanden durchzuführen, um deren statistische Aussagekraft zu verbessern.

Literatur

- [1] Lorin W Anderson u. a. "A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition". In: *White Plains, NY: Longman* (2001).
- [2] Matthias Böckmann und Stanislaw Schukajlow. "Value of pictures in modelling problems from the students' perspective". In: (2018).
- [3] *Duden Kontiguität*. Accessed: 2017-12-13. URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Kontiguitaet>.
- [4] *Eyetracking Fixation*. Accessed: 2017-12-13. URL: http://ftp.informatik.uni-stuttgart.de/pub/library/medoc.ustuttgart_fi/DIP-3183/DIP-3183.pdf.
- [5] Mary Hayhoe und Dana Ballard. "Eye movements in natural behavior". In: *Trends in cognitive sciences* 9.4 (2005), S. 188–194.
- [6] Aulikki Hyrskykari u. a. "Gaze path stimulation in retrospective think-aloud". In: *Journal of Eye Movement Research* 2.4 (2008).
- [7] *Lehrplan Grundschule Bayern*. Accessed: 2017-12-13. URL: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/leitlinien/grundschule>.
- [8] John Mayer u. a. "Reliability and validity of a new computer-administered pictorial activity and task sort". In: *Journal of Occupational Rehabilitation* 15.2 (2005), S. 203–213.
- [9] Kussmann T Pawlow. "das klassische Konditionieren". In: *Pawlow und die Folgen: Von der klassischen Konditionierung bis zur Verhaltenstherapie..[Die Psychologie des 20. Jahrhunderts. Band IV]*. Zürich: Kindler (1977), S. 20–56.
- [10] Josef Schrader. *Lerntypen bei Erwachsenen: empirische Analysen zum Lernen und Lehren in der beruflichen Weiterbildung*. Julius Klinkhardt, 2008.
- [11] Stanislaw Schukajlow und Dominik Leiss. "Selbstberichtete Strategienutzung und mathematische ModellierungskompetenzSelf-reported use of strategies and mathematical modelling". In: *Journal für Mathematik-Didaktik* 32.1 (2011), S. 53–77.
- [12] Friedrich Zech. *Grundkurs Mathematikdidaktik*. Beltz, 1983.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Diskriminationslernen, Zech.....	5
Abbildung 2 Begriffslernen, Zech	6
Abbildung 3 Versuchsaufbau	11
Abbildung 4 Radfahrerin	13
Abbildung 5 Gruppenvarianz, Lorenz Müller	17
Abbildung 6 Punktevarianz, Lorenz Müller	18
Abbildung 7 Punktevarianz, Lorenz Müller	19
Abbildung 8 dekorative und essenzielle Bildtypen mit Berücksichtigung der Lerntypen, Lorenz Müller	21

Abkürzungsverzeichnis

A

AAut. - Aufgabe Autofahren	14, 23, 24
ABerg. - Aufgabe Bergsteigen	13, 23
ARad. - Aufgabe RadfahrerIn	13, 23
ARen. - Aufgabe Rennfahrer	13, 23, 24
AZuf. - Aufgabe Zufall	13, 23, 24

G

Gr1. - Typ Unsicher	7, 14, 24
Gr2. - Typ Problemlöser	7, 14, 24
Gr3. - Typ Textuell	8, 14, 24

S

SuS - Schülerinnen und Schüler	3, 5, 8, 26
--------------------------------------	-------------

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Ausprägungen.....	15
Tabelle 2	Mittelwert der Punkte der Probandengruppen.....	18
Tabelle 3	Mittelwert der Wertungspunkte pro Aufgabe 1	18
Tabelle 4	Mittelwert der Wertungspunkte pro Aufgabe 2	18
Tabelle 5	Mittelwert dekorativ bzw. essenziell.....	19
Tabelle 6	Typ Problemlöser bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 1	19
Tabelle 7	Typ Problemlöser bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 2	19
Tabelle 8	Typ Unsicher bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 1	20
Tabelle 9	Typ Unsicher bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 2	20
Tabelle 10	Typ Textuell bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 1	20
Tabelle 11	Typ Textuell bei den unterschiedlichen Aufgabenstellungen 2	20
Tabelle 12	dekorative und essenzielle Bildtypen mit Berücksichtigung der Lerntypen	21