

Bachelorarbeit

im Bachelorstudiengang **Wirtschaftsingenieurwesen/Logistik**

an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Neu-Ulm

**Eye-Tracking-Analyse in digitalen Prüfungen: Eine statistische Auswertung
zur Schummeldynamik**

Erstkorrektor/-in: Prof. Dr. Sonja Köppl Betreuer/-in: Jennifer Landes

Zweitkorrektor/-in: Prof. Dr. Hasbargen

Verfasser/-in: Christian Cucupal (Matrikel-Nr.: 284154)

Thema erhalten: 10.05.2024

Arbeit abgegeben: 09.09.2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Anhangsverzeichnis.....	IV
Eidesstaatliche Erklärung	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation zum Aufdecken von Schummelverhalten in Online-Prüfungen	2
1.2 Lösungsansätze zur Schummelprävention.....	2
1.3 Behandlung der Forschungsfrage	3
1.4 Begriffsdefinitionen	3
2 Die Bedeutung von Eye-Tracking in der visuellen Wahrnehmung.....	4
2.1 Anatomischer Aufbau vom Auge	6
2.2 Wichtigste Parameter der Blickbewegung.....	8
2.3 Funktionsweise des Eye-Trackers	9
2.4 Frequenzbereiche des Eye-Trackers	11
2.5 Forschungsbereiche im Eye-Tracking	12
3 Forschungsdesign	13
3.1 Beschreibung des Experiments	14
3.2 Art der Schummelmethode.....	17
3.3 Datenvorbereitung.....	18
4 Datenanalyse.....	20
4.1 Deskriptive Statistik.....	21
4.1.1 Untersuchung der Schummler-Gruppe.....	22
4.1.1.1 Analyse der Pupillen, Blickpositionen und Fixationen	23
4.1.1.2 Analyse weiterer Features der Gruppe Schummler	32
4.1.2 Untersuchung der Nicht-Schummler-Gruppe.....	34
4.1.2.1 Analyse des Blickverhaltens und der Pupillen	34

4.1.2.2 Analyse weiterer Features der Gruppe Nicht-Schummler	40
4.1.3 Vergleich der Features unter den Gruppen	42
4.2 Induktive Statistik	43
4.2.1 Hypothese zur Fixationsdauer.....	46
4.2.2 Hypothese zu Gaze Velocity	48
4.2.3 Hypothese zur Dauer außerhalb des Bildschirms (\neq Gaze X/Y und \neq Fixation X/Y).....	50
4.2.4 Hypothese zur Verweildauer im Fragebereich.....	51
4.2.5 Hypothese zu Blickwechsel	52
4.3 Ergebnisse der Hypothesen	54
5 Schlussfolgerung und Ausblick	56
5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfrage	56
5.2 Der Ausblick in die Zukunft.....	58
Literaturverzeichnis.....	VI

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.: Visuelle Wahrnehmung im Auge	5
Abb. 2.: Anatomie vom Auge	7
Abb. 3.: Abtastrate.....	12
Abb. 4.: Prozentuale Verteilung zwischen Schummlern und Nicht-Schummlern	16
Abb. 5.: Schummelmethode n	18
Abb. 6.: Hausmodell.....	19
Abb. 7.: Verteilungsfunktion der Pupillengrößen Gruppe Schummler.....	24
Abb. 8.: Gaze Velocity vs. Gaze Acceleration der Gruppe Schummler	30
Abb. 9.: Verteilungsfunktion der Pupillengrößen Gruppe Nicht-Schummler	35
Abb. 10.: Gaze Velocity vs. Gaze Acceleration Gruppe Nicht-Schummler	39
Abb. 11.: Zweiseitiger vs. Einseitiger T -Test.....	45

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.: Vergleich der Features	9
Tab. 2.: Übersicht der Aufgabentypen	15
Tab. 3.: Verhältnis Blickpositionen zu Fixationen der Gruppe Schummler	27
Tab. 4.: Features in verbotenen Zonen Schummler.....	33
Tab. 5.: Verhältnis Blickpositionen zu Fixationen der Gruppe Nicht-Schummler	36
Tab. 6.: Features in verbotenen Zonen Nicht-Schummler.....	41

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
bzgl.	bezüglich
E.b.d.	ebenda
o.J.	ohne Jahr
Tab.	Tabelle
Vgl.	Vergleich
z.B.	zum Beispiel
d.h.	das heißt
Hz	Hertz
ms	Millisekunden
s	Sekunde
AH.	Anhang

Anhangsverzeichnis

AH. 1.: Bestandteile vom Auge	VII
AH. 2.: Formelsammlung	VIII
AH. 3.: Berechnung des kritischen t-Werts	IX

Eidesstaatliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Stellen, die anderen Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind durch Angaben der Herkunft kenntlich gemacht. Dies gilt auch für Abbildungen, Tabellen, Skizzen sowie für Quellen aus dem Internet.

Heidenheim, den 09.09.2024

Christian Cucupal

1 Einleitung

„Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser“¹

Das folgende Zitat wird Lenin zugeschrieben, welches im Wortlaut anders vorzufinden ist, aber sinngemäß die gleiche Aussage in die Öffentlichkeit trägt. Der Spruch wird häufig in der Gesellschaft zitiert, da es auf viele Facetten in unserem Leben angewendet werden kann, wie bspw. die Arbeit, die Partnerschaft, oder bei der Kindererziehung.² Ein Mitarbeiter oder eine Mitarbeiterin führt nur dann die Arbeit korrekt aus, wenn diese auf Fehler oder Ungenauigkeiten überprüft wurde. Zugleich kann die Person zahlreiche Soft Skills mitbringen, die nach außen hin zwar den Anschein für eine hohe Kompetenz deuten lässt, doch die Kontrolle der Arbeit zeigt den wahren Kern. Dabei lässt sich sagen, dass das äußere Auftreten und das dazugehörige Vertrauen zu einer Person in manchen Situationen in Verbindung mit stärkerer Kontrolle angebracht ist. Das oben genannte Zitat lässt sich ebenfalls auf Prüfungssituationen an Hochschulen und Universitäten übertragen. Eine Prüfung in jedem beliebigen Studiengang unterbietet das Schummeln in Prüfungen, sei es das Abschreiben des Sitznachbarn, der Einsatz elektronischer Geräte, oder das Mitführen unerlaubter Mitschriften während der Bearbeitungszeit. So steht bspw. an der Hochschule Neu-Ulm in der Allgemeinen Prüfungsordnung nach §29, dass das Beeinflussen der Prüfungssituation durch die Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel als Täuschungsversuch gilt und somit das Nicht-Bestehen der Prüfung als Konsequenz zuzufolge hat.³ Des Weiteren sollte betont werden, dass das Aufdecken des Schummelverhaltens bei Präsenzprüfungen reibungsloser abläuft als bei Online-Prüfungen, da der Dozent eine größere Übersicht besitzt. Hilfsmittel wie bspw. das Tragen von Smart-Watches oder das Mitführen elektronischer Geräte kann in jeder Präsenzprüfung schnell entdeckt werden, und der Student anschließend überführt werden.⁴ In Online-Prüfungen ist diese Art der Transparenz nicht gegeben, da jeder Prüfling verschlossen hinter seinem Monitor bei sich zu Hause die Klausur bearbeitet. Das Zimmer des Prüflings könnte theoretisch individuell auf die Situation mit vielen Spickzetteln und weiterer Software für den eigenen Vorteil ausgenutzt werden. Daher ist die Behandlung des Forschungsthemas wichtig, um weitere Erkenntnisse aus den vorliegenden Daten über Schummeldynamiken in Online - Prüfungen aufzudecken.

¹ Vgl. (Drösser, 2000)

² Vgl. (Kaßner, o.J.)

³ Vgl. (Feser, 2019)

⁴ E.b.d.

1.1 Motivation zum Aufdecken von Schummelverhalten in Online-Prüfungen

Mit dem Ausbruch der Corona - Pandemie im Januar 2020 in Deutschland, stiegen gleichzeitig die Beschränkungen, um das Virus einzudämmen. Lehrveranstaltungen und Prüfungen konnten an Hochschulen und Universitäten nicht mehr in Präsenz gehalten werden, daher waren zu diesem Zeitpunkt neue Ideen gefragt.⁵ Um Studenten die Ablegung von Prüfungen weiterhin gewährleisten zu können, wurden an vielen Hochschulen die Onlineklausuren zum Thema. Mit der steigenden Herausforderung der Umstellung des Lehrbetriebs stiegen zur gleichen Zeit die Täuschungsversuche in Onlineklausuren. So konnte bspw. nachgewiesen werden, dass an der Europa Universität in Frankfurt unter 357 Prüfungsteilnehmern Ein Fünftel in Betrugsversuche verwickelt waren.⁶ An der Hochschule Neu - Ulm waren es 35 Teilnehmer eines Kurses für Informationsmanagement, also Ein Drittel aller angemeldeten Prüfungsteilnehmer.⁷ Die Professorinnen und Professoren versuchen dem entgegenzusteuern, indem das Kamerabild des Prüflings zu sehen ist, um Auffälligkeiten analysieren zu können. Weitere Methoden sind bspw. die Prüfungsfragen so umzugestalten, sodass die Anzahl der Aufgaben erhöht wird und der Prüfungsteilnehmer nicht die Möglichkeit hat alle Aufgaben in der gegebenen Zeit zu lösen, wodurch Spicken weniger Sinn ergibt.⁸ Die gängigsten Schummelmethoden sind das Öffnen eines weiteren Browsers, das Verwenden eines zweiten Bildschirms, oder der Einsatz einer virtuellen Kamera sowie das Verwenden eines Spickzettels.⁹ Um den genannten Punkten entgegenzuwirken, werden in diesem Fall Eye - Tracking Technologien zum Einsatz gebracht um die Schummeldynamiken in Onlineklausuren zu untersuchen. Dadurch können Täuschungsversuche effektiver ermittelt werden, wodurch die Blick und Verhaltensmuster für zukünftige Studien und Analysen eine wichtige Rolle einnehmen.

1.2 Lösungsansätze zur Schummelprävention

Die beliebteste Methode für die Gestaltung von Onlineklausuren sind Open - Book und Closed - Book Prüfungen. Bei der Closed - Book - Klausur wird die Prüfung zum Prüfling per Post nach Hause gesendet, wodurch die Post erst im Konferenzraum wie bspw. Teams geöffnet wird. Dabei wird der Studentenausweis neben das Gesicht gehalten.

⁵ Vgl. (Weinzierl, 2021)

⁶ Vgl. (Demmer, 2021)

⁷ Vgl. (Amtmann, 2020)

⁸ Vgl. (Demmer, 2021)

⁹ Vgl. (Moser, 2022)

Nach Ende der Prüfungsdauer wird der Klausurbogen fotografiert und anschließend an die entsprechende Universität oder Hochschule gesendet.¹⁰ Bei Open - Book - Klausuren ist es den Prüflingen gestattet, alle Unterlagen zu verwenden, jedoch sind die Aufgaben so gestellt, sodass der Anteil an Transferaufgaben höher ist.^{11;12} Neben der herkömmlichen Art der Take - Home Prüfungen kann unter anderem eine Eye - Tracking - Software eingesetzt werden. Eine gängige Methode ist der Einsatz von Spy - Software wie z. B. Proctorio, welche auffällige Aktionen beim Prüfling registriert und anschließend an den Professor weiterleitet. So kann z.B. festgestellt werden, ob ein Student während der Bearbeitungszeit auf einen Punkt länger fixiert ist, oder ob schnelle ruckartige Wechselbewegungen der Augen erfasst wurden. Bisher konnte in Deutschland nur Baden - Württemberg und Bayern diese Art der Überwachung aus datenschutzrechtlicher Sicht möglich machen.¹³

1.3 Behandlung der Forschungsfrage

In der folgenden Forschungsarbeit soll es darum gehen, die Auswirkungen von Schummeldynamiken innerhalb von digitalen Prüfungsszenarien durch statistische Auswertungen zu untersuchen. Das Ziel der Arbeit besteht darin, verdächtige Aktivitäten im Blickverhalten, Fixationspunkten sowie Sakkaden mithilfe des Eye - Trackers zu identifizieren. Die Unterteilung erfolgt in deskriptive und induktive Statistik, welche sowohl die Schummler - Gruppe als auch die Nicht - Schummler - Gruppe bewertet. Am Ende der Arbeit sollen die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen aufgedeckt und miteinander verglichen werden.

1.4 Begriffsdefinitionen

Für das Verständnis der Forschungsarbeit ist es notwendig die Begriffe Eye - Tracking, Fixationen, Sakkaden sowie Features voneinander abzugrenzen und näher zu definieren. Dies ist von Bedeutung, um die vier Begriffe in den Kontext einzuordnen und um der Argumentation im weiteren Verlauf folgen zu können.

¹⁰ Vgl. (Demmer, 2021)

¹¹ E.b.d.

¹² Vgl. (Artz & Weiler, 2021)

¹³ Vgl. (Knoke, 2021)

Eye - Tracking:

„Ins Deutsche übersetzt bedeutet Eye - Tracking „Augen-Verfolgung“. Alternative Begriffe sind Blickerfassung, Blickbewegungsregistrierung oder Okulografie. Das Eye - Tracking erfasst die Augenbewegung und Blickrichtung von Probanden mithilfe technischer Hilfsmittel wie mobilen oder externen Eye - Trackern. Ziel ist es, die erhaltenen Daten so aufzubereiten, dass bestimmte Fragestellungen beantwortet werden können.“¹⁴ Mit der Unterstützung des Eye - Trackings ist es möglich, eine Person in Bezug auf Ort, Objekt und Zeitspanne zu überwachen.¹⁵

Fixationen:

„Hier ermittelt das Eyetracking-System, wie lange sich der Proband auf einen bestimmten Punkt fokussiert. Als Fixation gelten dabei Punkte, in denen das Auge für mindestens 0,3 Sekunden verharrt.“¹⁶

Sakkaden:

„Die Sakkade bezeichnet den Sprung von einer Fixation zur nächsten. Die Augenbewegung ist hierbei ruckartig und schnell, sodass keine optischen Informationen aufgenommen werden können. Die Geschwindigkeit der Sakkaden kann Rückschlüsse auf die innere Befindlichkeit des Probanden zulassen.“¹⁷

Feature:

Ein Feature beschreibt die verschiedenen Merkmale einer Datenanalyse, welche verschiedene Attributswerte annehmen können. Diese Merkmale werden im Kontext von Eye - Tracking der Pupillengröße, Sakkaden, Fixationen oder Augengeschwindigkeiten zugeordnet.¹⁸

2 Die Bedeutung von Eye-Tracking in der visuellen Wahrnehmung

Wenn eine Person einen Raum betritt, so nimmt diese verschiedene optische Reize aus der Umwelt wahr. Eine Kaffeekanne, einen Tisch, die Tapete oder ein Computer wird als Objekt vom Auge aufgenommen und weiter als Information an das Gehirn weitergegeben. Die Informationen werden je nach Grad der Relevanz verglichen und einsortiert.

¹⁴ (Luber, 2019)

¹⁵ Vgl. (eyeware.tech, 2022)

¹⁶ (pixeltale.de, o.J.)

¹⁷ E.b.d.

¹⁸ Vgl. (Jia Zheng Lim, 2022)

Dabei ist dieser Vorgang nicht nur ein mechanischer Vorgang, sondern auch ein psychologischer Faktor, da bspw. Emotionen, Gefühlslagen, oder anspruchsvolle Situationen wahrgenommen werden.¹⁹ Alle Gegenstände, die vom Auge aufgenommen sind, werden vorerst von Lichtstrahlen reflektiert, sodass diese durch die Netzhaut zu den lichtempfindlichen Zapfzellen weitergetragen werden. In Abb. 1 ist die Darstellung eines Auges zu erkennen. Dabei wird die Haselnuss über die Reflexion an das Auge weitergegeben, welches wiederum die visuellen Daten als Information an den hinteren Bereich des Gehirns weitergibt, indem es anschließend weiterverarbeitet wird. Die Kombination aus der visuellen Wahrnehmung des Auges und der des Gehirns, macht eine Darstellung von Objekten erst möglich. So kann bspw. jeder X-beliebige Gegenstand nach Größe, Form, Dimension oder Farbe einsortiert werden.²⁰ Ähnlich wie bei der Objektorientierten - Programmierung, werden Variablen, Attribute und Methoden so konstruiert, sodass diese vom Auge als Abbild der realen Welt interpretiert werden können.²¹



Abb. 1.: Visuelle Wahrnehmung im Auge
Quelle: studyflix.de (o.J.)

Nach dieser theoretischen Einordnung soll nun die Bedeutung von Eye-Tracking in der visuellen Wahrnehmung betrachtet werden. Nach der Definition aus Kapitel 1.4 lässt sich feststellen, dass Eye-Tracking die Blicke einer Person im Rahmen der visuellen Aufmerksamkeit registriert, d.h. in Bezug auf einen Raum, ein Objekt oder bspw. einen Text in einer Prüfungssituation. So können nicht nur Aktionen des Menschen interpretiert werden, sondern auch das Verhaltensmuster sowie zahlreiche Denkprozesse. Eye-Tracking kann dabei helfen, Testpersonen in Bezug auf seinen Interessensbereich zu untersuchen.

¹⁹ Vgl. (studysmarter.de, o.J.)

²⁰ E.b.d.

²¹ Vgl. (programmieren-starten.de, 2023)

Dabei sind Fixationen und Blickbewegungen die wichtigsten Messgrößen bei der Auswertung der Daten eines Eye-Trackers. Wenn ein Student während einer Online-Prüfung sich auf einen Punkt fokussiert, wie bspw. einen Text, so nennt man das Fixation. Es werden in dieser Zeit visuelle Daten gesammelt, die an das Gehirn weitergegeben werden. Je länger dieser Vorgang andauert, desto mehr kann der Student dem Text entnehmen und einen Antwortsatz formulieren. Fixationspunkte verweilen im Regelfall zwischen 100 und 600 Millisekunden.²² Jede Klausur ist in vielen Fällen von unterschiedlichen Aufgabentypen zusammenhängend strukturiert, wodurch sich diese in der Länge und Schwierigkeit unterscheiden. Die Augenbewegungen können variieren, indem diese von Fixationspunkt zu Fixationspunkt springen. Darunter werden die Sakkaden gemeint, bei denen wechselhafte Sprünge im Auge stattfinden, d.h. das Auge springt von alten visuellen Daten, die bereits bekannt sind, zu neuen visuellen Daten.^{23;24} Während diese Sprünge stattfinden, gibt es keine Aufnahme optischer Informationen, da sich das Auge nicht im Ruhezustand befindet.²⁵ Zusammenfassend lässt sich formulieren, dass die visuelle Wahrnehmung und das Eye-Tracking nicht voneinander zu trennen sind, da Fixation und Sakkaden von der visuellen Wahrnehmung beeinflusst werden und somit eng miteinander verbunden sind.

2.1 Anatomischer Aufbau vom Auge

Aus dem Vorwort von Kapitel 2 ist bereits bekannt, dass das Auge visuelle Informationen verarbeitet. Dieses komplexe Organ besteht wie ein Haus aus verschiedenen Bauteilen und Strukturen. Das Auge sitzt in der Augenhöhle des Menschen, welches sich in optischer Apparat und Hilfsapparat unterteilen lässt. Während der optische Apparat ein reelles Bild der Umgebung konstruiert und anschließend auf die Netzhaut abbildet, dienen die Hilfsstrukturen zur Regelung und Schutz des Organs. Im optischen Apparat sind zwei Faktoren miteinander vereint, nämlich die dioptrischen (lichtbrechenden) und die informationsverarbeitende Komponente.²⁶ In Abb. 2 ist der anatomische Aufbau des Auge zu erkennen. In AH. 1 (VII) sind die wichtigsten Bestandteile vom Auge zu entnehmen, welche für das Verständnis des Eye-Trackings notwendig sind.

²² Vgl. (Luber, 2019)

²³ Vgl. (eyeware.tech, 2022)

²⁴ Vgl. (Heyen, 2015)

²⁵ Vgl. (Funke, 2006)

²⁶ Vgl. (Gonzalez, 2023)

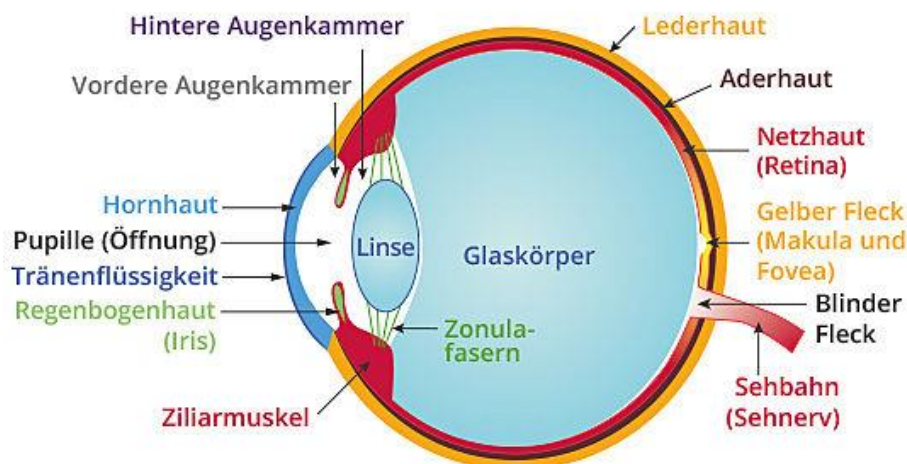


Abb. 2.: Anatomie vom Auge
Quelle: Fröhlich E. (o.J.)

Anhand des AH.1 (VII) werden die verschiedenen Aufgaben der Strukturen im Auge erläutert, welche für das Verständnis der Abb. 2 notwendig sind. Mit folgender Darstellung lässt sich zeigen, dass sich viele Bestandteile in der Datenanalyse für das Eye-Tracking wieder finden. Die Fovea stellt das Zentrum für die höchste Sehschärfe im Auge dar.²⁷ Sie umfasst jedoch nur einen kleinen Bereich, welche durch peripheres Sehen erweitert wird. So können bspw. Personen oder Gefahren außerhalb des Blickfeldes wahrgenommen werden, obwohl sich das Auge auf einen bestimmten Punkt fixiert. Wird bspw. innerhalb der Peripherie ein Vogel in der Natur wahrgenommen, so wird auf das zentrale Sehen umgeschaltet, um es zu fokussieren. Daraus lässt sich erklären, dass mit dem geringen Sichtfeld der Fovea die Sakkaden im großen Umfang auftreten, um die Umwelt in höchster Sehschärfe wahrzunehmen. Die Blickrichtung des Menschen muss ständig geändert werden, sodass die kleinsten Details im Wohnzimmer, im Wald oder beim Autofahren erfasst werden.²⁸ Auf diese Weise können Strukturen wahrgenommen werden, obwohl diese sich nicht im Sichtfeld des Menschen aufhalten.²⁹ Mit Hilfe der Augenmuskeln können die Augen in jede Richtung navigiert werden. Die Augenmuskeln bestehen aus zwei schrägen und vier geraden Augenmuskeln. „Um dennoch alles um uns herum scharf wahrnehmen zu können, muss das Auge mit schnellen Bewegungen jedes Bild, das von außen ins Auge dringt, abtasten können. Diese Blicksprünge nennt man Sakkaden.“³⁰ Aus der Kombination der visuellen Wahrnehmung und der Anatomie des Auges kann der Eye-Tracker mit den dazugehörigen Parametern im folgenden Unterkapitel näher beschrieben werden.

²⁷ Vgl. (eyeware.tech, 2022)

²⁸ Vgl. (Bremmer, 2020)

²⁹ Vgl. (augenchirurgie.clinic, 2020)

³⁰ (Rudolf-Müller, 2020)

2.2 Wichtigste Parameter der Blickbewegung

Der Eye-Tracker wird durch zahlreiche Eingangsparameter ausgezeichnet, welche die Blickrichtung, Blickfixation und das kurzzeitige Schwanken der Augenbewegungen, den Sakkaden registrieren. Die Dauer variiert bei jedem Parameter unterschiedlich, abhängig wie komplex ein Text oder die Aufmerksamkeitsspanne gegenüber einem Objekt, einer Person oder einem Text vorliegt. Die erste wichtige Messgröße ist die Fixation. Diese beschreibt die Augenkonzentration auf einen Punkt, d.h. eine Person fixiert seine Augen bspw. auf einen Gegenstand, wodurch der Stopp vom Auge in einer Aufnahme der visuellen Informationen resultiert. Je länger dieser Zustand andauert, desto mehr visuelle Informationen werden verarbeitet.³¹ Die minimale Millisekunden Zahl, in der eine Fixation verharrt liegt ca. bei 100 bis 200 ms, sodass eine Informationsaufnahme stattfinden kann.³² Personen, die ein Talent für das Lesen aufbringen, haben kürzere Fixationsperioden, da die Buchstaben und Sätze schneller überflogen werden, d.h. die Anteile an Sakkaden fallen größer aus. Unter Sakkaden werden die Vorwärtssprünge der Augen zum nächsten Satzabschnitt verstanden.³³

Je nach Komplexität von einem Text sollte eine Schnittstelle zwischen Lesegeschwindigkeit und Fixation auf wichtige Schlüsselwörter im Einklang sein. Zwei Wörter entsprechen ca. fünf bis zehn Buchstaben, bei denen Sakkaden in der Mitte eines Satzes enden.³⁴ Die Fixierung einer Stelle ist abhängig von der Art und Struktur des Satzes. Diese Vorwärtssprünge finden zwei bis drei Mal pro Sekunde statt, d.h. beim Lesen, einem Objekt oder einer Person.³⁵ Vergleichsweise könnte eine Handykamera nur im Ruhezustand scharfe Bilder aufnehmen, da die Kamera aus einer scharfen Linse besteht, welches beim Menschen nur bei der Fovea der Fall ist. Ein ruckartiges Schwenken der Handykamera führt zu einem verschwommenen und verpixelten Bild, d.h. es kann wenig auf dem Bild erkannt werden. Der Mensch kann die Dinge dennoch in bester Qualität wahrnehmen, da bei raschen Blickwechsel keine visuellen Informationen an das Gehirn weitergesendet werden, und damit in der kurzen Zeit viele Gehirnareale weniger aktiv sind. Die Fovea ist der zugleich kleinste und schärfste Sehapparat des Menschen, wodurch ein Mensch öfters mit den Augen in kurzen Zeitabständen vorwärts springt, um die Umgebung wahrzunehmen.³⁶ In Tab. 1 sind die wichtigsten Parameter bzgl. den Augenbewegungen eingetragen, welche in Feature und den dazugehörigen Daten unterteilt sind. So konnte bspw. Stager und Angus (1978) aufzeigen, dass mit größerem Wissen sowie Erfahrung zu einer Aufgabenstellung die Fixationsdauer sinkt.

³¹ Vgl. (eyeware.tech, 2022)

³² Vgl. (Salvucci & Goldberg, 2000)

³³ Vgl. (Beinert, 2020)

³⁴ Vgl. (Hochuli, o.J.)

³⁵ Vgl. (Bremmer, 2020)

³⁶ E.b.d.

Nach Miura und Unema/Rötting sinkt die Fixationsdauer bei zunehmend schwierigeren und anspruchsvolleren Aufgaben, da der Mensch schneller auf plötzliche Situationen wie bspw. das Autofahren reagieren muss.^{37;38} Aus Tab. 1 können folgende Werte entnommen werden: Die Fixation hat ein Intervall zwischen 100 bis 600 ms bei Konzentration einer Aufgabe. Bei der Arbeit mit Textaufgaben oder das Beobachten von Abbildungen und Grafiken ist der Spielraum enger und variiert zwischen 200ms bis 330ms.³⁹ Die Sakkaden sind sprunghaft in denen keine Aufnahme von visueller Information stattfindet, daher sind diese in der Dauer kürzer als die Fixationen mit lediglich 30 – 120 ms . Bei der dritten Variable, nämlich der Pupille handelt es sich um das Zentrum der Iris (vgl. Kapitel 2.1). Je nach Lichtverhältnissen bzw. Aufregung wird die Pupille kleiner oder größer. Bei Stresssituationen sowie Zeitdruck verkleinert sich der Durchmesser der Pupillen.

Feature	Daten
Fixation	<ul style="list-style-type: none"> • Dauer: 100 – 600 ms⁴⁰ / 100 – 2000ms⁴¹ • Lesen: 225 ms • Suchaufgaben: 275 ms • Bildwahrnehmung: 330⁴²
Sakkaden	<ul style="list-style-type: none"> • Dauer: 30 – 120 ms⁴³
Pupillengröße	<ul style="list-style-type: none"> • Größe: 2 - 4 mm (bei Helligkeit) • Größe: 4 – 8 mm (bei Dunkelheit)⁴⁴

Tab. 1.: Vergleich der Features

Quelle: Darstellung in Anlehnung an Miura (1986) ; Karsch & Breitenbach (1983); Rayner (1998)

2.3 Funktionsweise des Eye-Trackers

Nach der Verbindung aus der visuellen Wahrnehmung und dem anatomischen Aufbau vom Auge, sowie der Einblick in die wichtigsten Parameter eines Eye - Trackers, ist es von entscheidender Bedeutung die Funktionsweise zu verstehen.

³⁷ Vgl. (Stager, 1978)

³⁸ Vgl. (Miura, 1986) und (Velichkovsky, et al., 2001)

³⁹ Vgl. (Karsh & Breitenbach, 1983) und (Rayner, 1998)

⁴⁰ Vgl. (Luber, 2019)

⁴¹ Vgl. (Pannasch, 2003) und Vgl. (Karsh & Breitenbach, 1983)

⁴² E.b.d.

⁴³ (Sheena, 1975)

⁴⁴ Vgl. (Heiting, 2020)

Mit der Hilfe des Eye - Trackers ist es möglich eine Online-Prüfungssituation analytisch zu betrachten und auszuwerten. Der grundlegende Aufbau eines Eye-Trackers besteht aus einer Kamera bzw. einem Sensor, welcher die Kopfposition berechnet. Da der Stand der Technik heutzutage fortgeschrittener, kleiner, kompakter und genauer ist, darf die Person den Kopf während der Auswertung bewegen. Vergleichsweise musste der Kopf in den Anfängen der Eye - Tracking Forschung fixiert werden sowie bestand das Verbot zu blinzeln, da dies die Erfassung der Pupille nicht registrieren konnte. Die Technologie in der heutigen Gesellschaft reicht dahingehend, dass mittlerweile Webcams die Augenposition erfassen können. Ein zweiter Sensor mit Infrarotlicht erfasst die Pupille, wodurch eine Reflexion an der Hornhaut entsteht.⁴⁵ Diese Reflexion an der Pupille wird registriert und von der Augensteuerung erfasst. Dabei wird die Augenposition wie z.B. die Gaze X und Y - Achse, Blickgeschwindigkeit sowie die Fixationsdauer gefiltert und berechnet. Dabei spielt die Kalibrierung der Augensteuerung eine wichtige Rolle, d.h. der Vergleich von Messwerten und Abweichungen.⁴⁶ Diese Kalibrierung liefert Informationen, inwiefern das Auge reflektiert wird. Eye-Tracker sind im Kern gleich, jedoch können diese in verschiedene Gerätearten unterschieden werden. Es wird zwischen mobilen Eye - Trackern und externen Eye-Trackern unterschieden.⁴⁷ Die mobilen Eye - Tracker oder auch „Head - mounted - Eye-Tracker“ werden direkt an der Testperson befestigt. Diese setzen sich aus einem Brillengestell und Steuerrechner zusammen. Mobile Eye-Tracker sind dafür bekannt, dass sie außerhalb eines Labors eingesetzt werden können, wie bspw. im Supermarkt oder beim Autofahren. Der Vorteil in mobilen Eye-Trackern spiegelt sich in der Flexibilität wider. Innerhalb Simulationszwecke wie bspw. im Virtual Reality Bereich, Berufsausbildung eines Piloten, oder im Gaming Bereich zeigen die „Head - mounted - Eye - Tracker“ ihre größte Präsenz.⁴⁸ Bei den externen oder auch stationären Geräten ist eine direkte Befestigung nicht notwendig, da die Software bereits im Computer integriert ist. Die Augenbewegungen werden in einer kontrollierten Umgebung erfasst, d.h. der Monitor registriert die Augenbewegungen mit einem zusätzlichen Device, welches in der Nähe des Bildschirms aufgestellt wird. Darüber hinaus werden die Stimuli, wie z.B. Grafiken, Text, oder Videos für Bearbeitungszwecke verwendet, um die gewünschten Augenbewegungen auszulösen.^{49; 50}

⁴⁵ Vgl. (Jotz, 2016)

⁴⁶ Vgl. (testotis.de, o.J.)

⁴⁷ Vgl. (Dowiasch, et al., 2019)

⁴⁸ Vgl. (square.com, o.J.)

⁴⁹ Vgl. (Jotz, 2016)

⁵⁰ Vgl. (eyeware.tech, 2022)

2.4 Frequenzbereiche des Eye-Trackers

Ein Eye-Tracker zeichnet die Bewegungsverläufe der Augen und Blickrichtung eines Menschen mit einer vorgegebenen Hertz-Zahl auf. Diese Hertz-Zahl variiert je nach Gerät zwischen 60 bis 300 Hz. Je höher die Hertz-Zahl bei einem Eye-Tracker Gerät, desto höher ist Nachverfolgung für den menschlichen Blick, d.h. wie oft pro Sekunde das Eye-Tracking System die Augenposition registriert. Bei 300 Hz entspricht das 300 Bilder pro Sekunde.⁵¹ So wird bspw. an der Hochschule Neu-Ulm der Tobii-Eyetracker verwendet, welcher in höheren Frequenzbereichen agiert, da für die Auswertung von Schummelverhalten höhere Frequenzbereiche benötigt werden. Demnach ist die Ausstattung für analytische Zwecke teurer. Die Ausstattung im Labor ist grundlegend für eine fundierte Auswertung der Augenpositionen. Diese besteht im Regelfall aus dem Eye-Tracker, einer Software, Kameras oder Mikrofonen.⁵² Vergleichsweise sind Eye - Tracking Systeme in der Marktforschung mit weniger Kosten verbunden, da die Notwendigkeit einer präzisen Blickverfolgung nicht benötigt wird.^{53;54} In Abb. 3 ist eine Funktion zu erkennen, welche den Bewegungsverlauf der Augen zeigt. Die Abszisse repräsentiert die Zeit, welche eine Sequenz zwischen Fixation und Sakkade abbildet. Die vertikalen Linien bei jedem roten Punkt stellen die Zeitpunkte dar, zu denen der Eye-Tracker die Augenposition einer Person erfasst hat. Wenn das Gerät eine Frequenz von 60 Hz hat, so ist die Abtastfrequenz oder auch Samplingrate genannt zwischen den einzelnen vertikalen Linien größer, da nur 60 Bilder die Sekunde am Auge vermessen werden. Bei 120 Hz erhöhen sich die Bilder auf 120 Datenpunkte pro Sekunde, wodurch die Intervalle kleiner werden, und die Zeitabstände halbiert werden.⁵⁵ Mit einer höheren Abtastrate ist es zwar nicht möglich den genauen Fixationsort zu bestimmen, allerdings können Anfang und Ende der Fixation besser identifiziert werden. Die Abtastrate berechnet sich aus dem Verhältnis von Eins geteilt durch die Abtastfrequenz in Hertz mal 1000. Damit entspricht das Abtastintervall für 60 Hz eine Abtastfrequenz von 16,67 ms. Bei 120 Hz halbiert sich die Abtastfrequenz für die Augenposition, inbegriffen die Fixationen und Sakkaden auf 8,33 ms.^{56;57}

⁵¹ Vgl. (blog4students-of-npm.com, 2018)

⁵² Vgl. (hnu.de, o.J.)

⁵³ Vgl. (blog4students-of-npm.com, 2018)

⁵⁴ Vgl. (tobii.com, 2023)

⁵⁵ E.b.d.

⁵⁶ (Mikac, o.J.)

⁵⁷ (Mueller, 2012)

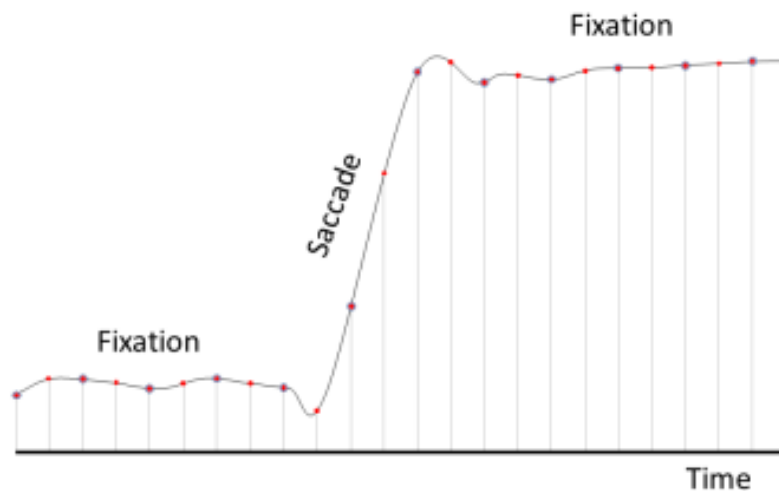


Abb. 3.: Abstrakte
Quelle: tobii.com (2023)

2.5 Forschungsbereiche im Eye-Tracking

Die typischen Forschungsbereiche des Eye-Trackings erstrecken sich von der Medizin, der Automobilbranche, Videospelindustrie bis hin zur Marktforschung. Dabei werden verschiedene Aspekte untersucht, wie bspw. das Verhalten der Probanden, Aufmerksamkeitsmechanismen, Messung visueller Reize oder das Verhalten unterschiedlicher Gruppen. Das bekannteste Einsatzszenario findet in der Marktforschung bzw. im E - Commerce statt, da hier der Kunde analysiert wird, inwiefern bestimmte Bereiche auf der eigenen Webseite wie z.B. Amazon wahrgenommen werden. Der Kunde hat das Ziel möglichst schnell und unkompliziert an Informationen zu kommen. Diese werden von jedem Nutzer in einer unterschiedlichen Reihenfolge ausgewählt, da jeder eine verschiedene Aufmerksamkeitsspanne besitzt. Während für Person A das Design der Webseite interessant erscheint, wirkt sich das neue Werbe-Pop-Up intensiver auf den Kunden B aus. Aufgrund des Klickverhaltens kann jeder Unternehmer seine Produkte und Webseiten individuell auf das Nutzererlebnis anpassen.^{58:59} Zusätzlich ist Eye-Tracking ein essenzieller Bestandteil der Medizin, wie bspw. auf der Intensivstation, auf welcher sich die Patienten nicht verbal äußern können, und daher keine Aussage über das Wohlbefinden oder Schmerzen treffen können.

⁵⁸ Vgl. (Becker, 2023)

⁵⁹ Vgl. (ryte.com, o.J.)

Das Eye-Tracking in Kombination mit vorab definierten Skalen ermöglichen es, dass Symptome gedeutet werden und dadurch eine Kommunikation zwischen Ärzten und Patienten reibungsloser verläuft.⁶⁰ Ein weiteres Forschungsgebiet umfasst die Automobilbranche mit dem Fokus auf Antizipation beim Führen eines Fahrzeugs. So werden bspw. Kurven auf einer Landstraße hinsichtlich der Aufmerksamkeitsspanne und Blickbewegungen beim aktiven selbstgeführten Fahren untersucht, um daraus den Vergleich zum autonomen Fahren zu treffen.⁶¹ Ein weiteres Fortbewegungsmittel ist das Flugzeug, worin die Piloten innerhalb Simulationen geschult werden. Während eines Fluges sind Piloten zahlreichen visuellen Reizen ausgesetzt, wo die richtige Reihenfolge im Cockpit eine wichtige Rolle spielt. Durch den Einsatz des Eye-Trackers im Cockpit, können Sicherheit und Training im Simulator erhöht werden.⁶² Zusammenfassend lässt sich daraus ein Rückschluss treffen, dass Eye-Tracking vielfältig eingesetzt werden kann, vor allem in Bereichen für das Erlangen neuer Kenntnisse und bietet ein Fundament für weitere neue Forschungsfelder in der Zukunft.

3 Forschungsdesign

Das Forschungsdesign wird in vier Abschnitte gegliedert, nämlich der Untersuchungsart, der Datensammlung, Datenbeschreibung sowie der Analysemethodik. Bei der Untersuchungsart gibt es einen Unterschied zwischen qualitativer und quantitativer Forschungsmethode. Der Fokus dieser Arbeit liegt in der quantitativen Untersuchungsart, da zahlreiche Informationen über Features gesammelt werden und die Fakten anschließend mit Zahlen verknüpft werden. Variablen und Zahlen lassen sich schematisch in der Statistik am übersichtlichsten darstellen, da Theorien und Hypothesen hinsichtlich der Plausibilität bewiesen oder falsifiziert werden. Eine Hypothese könnte folgendermaßen lauten: Die Fixationsdauer hat einen Einfluss auf die Pupillengröße des Studierenden in der Prüfungssituation. Diese Art Szenarios sollen im Rahmen der Studie statistisch bewiesen oder widerlegt werden, wodurch neue Erkenntnisse möglich sind.⁶³ Die quantitative Forschung ermöglicht einen zuverlässigen Einblick in die komplexe Welt der Forschung. Am Ende sollen die Ergebnisse eine repräsentative Aussage nach außen tragen, d.h. bei einer Anzahl von 25 Teilnehmern sind unterschiedliche Fälle zum Schummelverhalten zu betrachten, welche eine Aussage für die Grundgesamtheit liefern. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Gütekriterien hinsichtlich der Quantifizierbarkeit erfüllt sind.

⁶⁰ Vgl. (Ull, et al., 2022)

⁶¹ Vgl. (Pfeuffer, 2023)

⁶² Vgl. (Keller, 2019)

⁶³ Vgl. (Genau, 2019)

Das Forschungsthema ist valide, da die Ergebnisse statistisch gemessen und ausgewertet sind, und alle getroffenen Aussagen auf Grundlage dieser Zahlen getroffen wurden. Zusätzlich ist diese Untersuchung reproduzierbar, da die Ergebnisse in den Zahlen sich zwar unterscheiden können, allerdings Merkmale und Indizien für das Schummel - bzw. Nicht - Schummelverhalten im Kern sich ähneln. Der letzte aufzuführende Punkt ist die Objektivität, welche keinen Einfluss auf die Studierenden haben darf. So wird bspw. in der Studie zwischen Schummler - / Nicht - Schummler - Gruppe differenziert, jedoch wird den Prüfungsteilnehmern nicht die Art der Aufgabenbearbeitung vorgegeben. Ein Student kann entweder alle Aufgaben lösen, ohne einmal zu schummeln oder der gegenteilige Fall ist ebenso möglich.⁶⁴ Die Datensammlung erfolgt auf Grundlage des Eye - Tracking Labors der Hochschule Neu - Ulm. Dabei werden verschiedene Features aufgezeichnet und je Aufgabe als Datei abgespeichert. Jede Datei vertritt eine Aufgabe je Proband, welche bereits in Schummler und Nicht - Schummler - Gruppe sortiert ist. Auf Grundlage der Laborwerte werden diese statistisch ausgewertet und anschließend unter den Gruppen verglichen. Dabei ist es wichtig, dass die Ergebnisse mit den Richtwerten der Literatur wie z.B. Fixation, Sakkaden und Pupillengröße zum größten Teil übereinstimmen.⁶⁵

3.1 Beschreibung des Experiments

In der Forschungsarbeit wurde folgendes Experiment an der Hochschule Neu - Ulm im Eye - Tracking Labor durchgeführt. Insgesamt wurden 25 Bachelor - Studierende aus der Fachrichtung Wirtschaftsingenieurwesen in den Semestern eins bis fünf für diesen Versuch ausgewählt. Diese Untersuchung erstreckt sich über unterschiedliche Zeitabschnitte aus dem Jahr 2023 und 2024 im Rahmen einer simulierten Online - Prüfungssituation. Bei der Analyse der Augenbewegungen wird die iMotions - Software verwendet, wodurch mit Hilfe von Sensoren verschiedene Emotionen und Gesichtsausdrücke erfasst werden können.⁶⁶ Jedem der Teilnehmer wurden fünf verschiedene Fragen mit jeweils unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad und Umfang gestellt. Dabei gibt es verschiedene Szenarien, die bei der Beantwortung der Fragen auftreten können: Der Studierende hat die Möglichkeit bei allen Fragen zu schummeln, bei allen Fragen nicht einmal zu schummeln oder es gibt eine Mischung aus schummeln und nicht schummeln, welche die meistgenutzte Kombination in dieser Studie war. Das Experiment wird in Tab. 2 in folgende Aufgabentypen gegliedert:

⁶⁴ E.b.d.

⁶⁵ Vgl. (Corrieri, 2020)

⁶⁶ Vgl. (imotions.com, o.J.)

Frage 1	Definitionsaufgabe: Definition eines bestimmten Begriffs
Frage 2	Transferaufgabe: Anwendung des eigenen Wissens für einen bisher unbekanntem Kontext.
Frage 3	Multiple - Choice Aufgabe: Ankreuzen der richtigen Antworten aus dem Satz mehrerer Antwortmöglichkeiten. Es können mehrere Antwortmöglichkeiten richtig sein.
Frage 4	Single - Choice Aufgabe: Ankreuzen der richtigen Antwort aus dem Satz mehrerer Antwortmöglichkeiten. Es kann nur eine Antwortmöglichkeit richtig sein.
Frage 5	Programmieraufgabe: Der Student muss innerhalb einer problemorientierten Frage mathematisches Wissen abrufen wie bspw. Algorithmen, Schleifen oder Bedingungen.

Tab. 2.: Übersicht der Aufgabentypen
Quelle: Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

Das Labor ist in zwei Bereiche unterteilt mit jeweils einem externen Tobii – Eye – Tracker - Gerät. Eine Studierenden - Gruppe besteht aus fünf Personen, zu denen vier der Personen für die Bearbeitung der Aufgaben zuständig sind, und eine Person in der Gruppe die Rolle der Aufsicht einnimmt. Auf diese Weise kann ein realistisches Szenario simuliert werden. Die Teilnehmer haben vier Arten, um bei der Beantwortung der Fragen vorzugehen: Verwendung eines Spickzettels, Einsatz eines Mobiltelefons bzw. das Öffnen eines Browsers, die Absprache mit einem anderen Kommilitonen oder regelkonform die Aufgaben zu lösen, ohne einen Täuschungsversuch vorzunehmen. Der Einsatz der Methode ist den Studierenden frei überlassen, d.h. der Test soll eine hohe Objektivität repräsentieren mit wenig Einfluss von außen. Nach jeder Aufgabe markiert der Studierende welche Methode dieser verwendet hat, sodass am Ende eine Zählung für jede Methode stattfinden kann. Der Umfang der Dauer beträgt ca. 20 Minuten für alle fünf Aufgaben. Für jeden Fragetyp sollte der Studierende maximal zweieinhalb bis fünf Minuten aufgewendet haben.⁶⁷ In Abb. 4 ist der prozentuale Anteil der schummelnden und nicht schummelnden Studierenden für die fünf verschiedene Aufgaben gegeben. Das Balkendiagramm ist in zwei verschiedene Farben der jeweiligen Anteile gegliedert: Nicht – Schummler - Gruppe (grün) und Schummler - Gruppe (rot). Die Abszisse repräsentiert den Anteil in Prozent wie häufig geschummelt bzw. regulär eine Aufgabe gelöst wurde, während die Ordinate die Anzahl der verschiedenen Aufgabentypen zeigt.

⁶⁷ Vgl. (Landes, et al., 2023)

Auf der einen Seite haben in Aufgabe 1 68 % geschummelt, gegensätzlich auf der anderen Seite haben 32 % ohne den Einsatz einer Schummelmethode eine Definition zu dem Begriff zuordnen können. Bei Aufgabe 2 wurde eine Transferaufgabe abgefragt, weshalb der Anteil der Schummelnden auf den Höchstwert aller Aufgaben, nämlich auf 76 % anstieg. Zugleich verzeichnet diese Aufgabe einen Tiefpunkt in Anzahl der Studierenden mit lediglich 24 %, die es aus eigener Hand versucht haben, das Wissen auf bisher unbekanntem Kontext anzuwenden. In Aufgabe 3 ist nicht mehr der eigene Antwortsatz gefragt, da es bei Multiple - Choice eine verschiedene Anzahl an richtigen Lösungen gibt. Der Anteil des Schummelns zieht sich auf 60 % im Vergleich zu vorherigen Aufgabe zurück, zugleich stieg die Motivation bei vielen Teilnehmern das richtige Kreuz ohne zusätzliche Hilfsmittel zu setzen auf 40%. Bei Aufgabe 4 konnte nur ein richtiges Kreuz gesetzt werden, wodurch viele Studierende zum Einsatz unerlaubter Hilfsmittel greifen mussten. In dem Fall war es ein Anstieg um 8 % zu vorherigen Aufgabe, die sich nicht anders zu helfen wussten als in die Trickkiste zu greifen. Dahingehend verzeichnete die Aufgabe 4 einen starken Rückgang ohne Einsatz von Täuschungsmitteln. In der letzten Aufgabe wurde eigenes Können in der Mathematik gefragt, da die Probanden ein eigenes Programm erstellen sollten. Trotz dessen, dass die letzte Aufgabe die schwerste ist, haben zwar 56 % geschummelt, jedoch im Vergleich zur Aufgabe 2 sind es 20 % weniger. Das könnte mit der Annahme verbunden sein, dass Studierende in der praktischen Anwendung besser geübt sind als in der Theorie. Das zeigt ebenfalls der grüne Balken, d.h. es haben 44 % der Teilnehmer ein Programm selbständig schreiben können. In Kapitel 3.2 wird auf die Art der Schummelmethode näher eingegangen, wie bspw. Spicken, Handy Einsatz oder Absprache mit Kommilitonen.

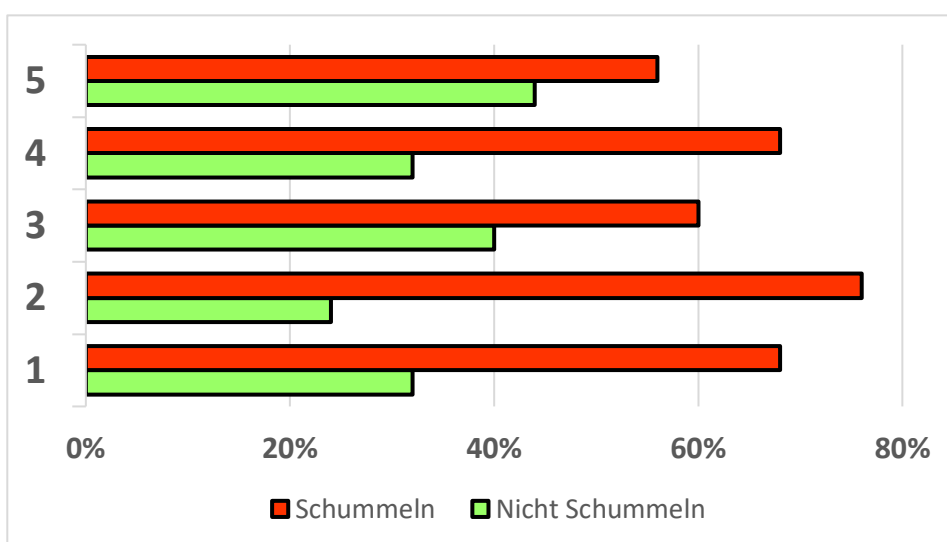


Abb. 4.: Prozentuale Verteilung zwischen Schummlern und Nicht-Schummlern
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

3.2 Art der Schummelmethode

Nach der prozentualen Verteilung zwischen Schummlern und Nicht - Schummlern ist die Auswahl der Schummelmethode von essenzieller Bedeutung, da diese Vieles über die Verhaltensweise der Studierenden verrät. Die Abb. 5 veranschaulicht die Verteilung der verwendeten Schummelmethode, welche jeweils einer Farbe zugeordnet sind. Dabei besteht eine Auswahl aus drei verschiedenen Hilfsmitteln, nämlich Spickzettel (türkis), Browser (orange) und Absprache (blau). Wenn die Teilnehmer keine der genannten Hilfsmittel bzw. eine Aufgabe eigenständig gelöst haben, dann wird dieser Teil zu „Keine“ (violett) zugeordnet. Im Folgenden werden die wichtigsten Kategorien hervorgehoben. Bei Aufgabe 1 überwiegt der Einsatz des Spickzettels mit 15 Teilnehmern und damit der höchste Wert aller Aufgaben insgesamt. Der hohe Wert für den Spickzettel hängt damit zusammen, da Studenten aus viel Lernmaterial die wichtigsten Punkte zusammenfassen. Zum anderen lässt sich daraus schließen, dass Studierende ungern auswendig lernen und sich eher in problemorientierten Aufgaben entfalten können.^{68; 69} In Aufgabe 2 gibt es einen Rückgang bei Spickzetteln, nämlich auf 9 Studierende, während die Absprache knapp dahinter mit 8 Teilnehmern folgt. Der Browser wurde in dieser Aufgabe nicht benutzt und zugleich haben 7 Personen die Aufgabe eigenständig ohne Schummeln lösen können. Bei Aufgabe 3 und 4 sticht der Spickzettel erneut hervor, da bei Multiple - Choice und Single - Choice die Antworten sich unkompliziert auf einen Spickzettel notieren lassen. In Aufgabe 5.1 und vor allem in Aufgabe 5.2 ist zu erkennen, dass der Spickzettel, die Absprache sowie der Browser in Relation zu anderen Aufgabentypen wenig Anwendung fand. Dabei wurde die Aufgabe 5.2 von 15 Personen ohne weitere Hilfsmittel gelöst. Das hängt damit zusammen, dass Programmieraufgaben mathematisches sowie problemorientiertes Wissen erfordern. Dieses Wissen liegt laut Abb. 5 vielen Studenten mehr als die Abfrage von Definitionen, daher konnten sich die Teilnehmer besser in der Kreativität entfalten und dadurch eigenständige Denkleistung einbeziehen. Zum anderen nützen die Hilfsmittel nur bedingt weiter, da sich problemorientierte Sachverhalte schwer auf einen Spickzettel notieren lassen.^{70; 71}

⁶⁸ Vgl. (Schormann, 2015)

⁶⁹ Vgl. (Cox, 2023)

⁷⁰ Vgl. (Leitner, 2020)

⁷¹ Vgl. (Ramassa, 2023)

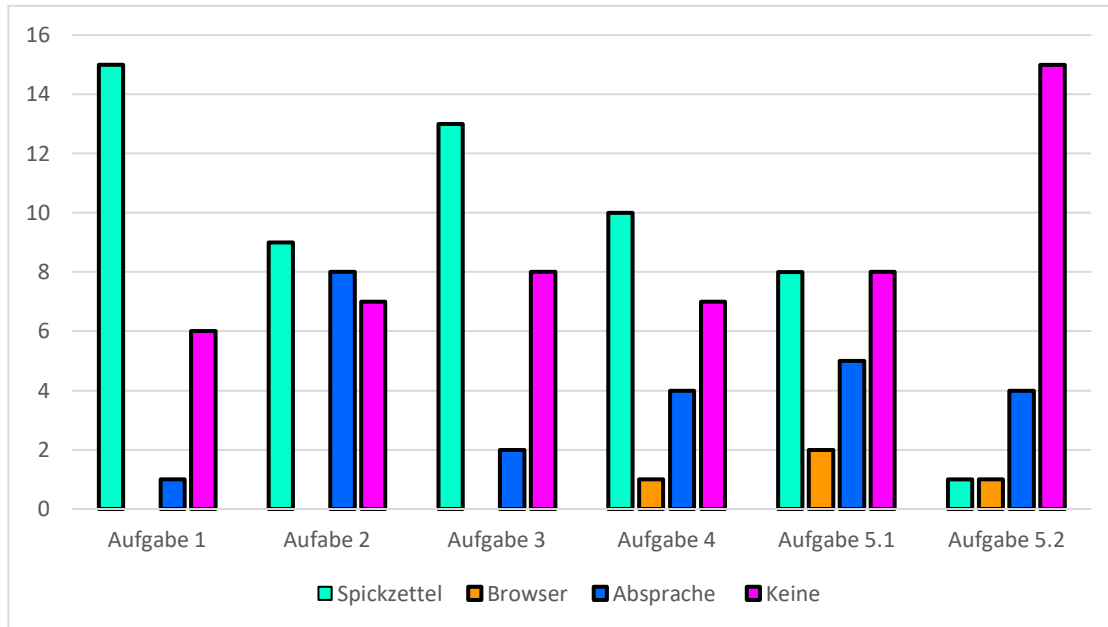


Abb. 5.: Schummelmethoden

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. ; Klettke M. (2024)

3.3 Datenvorbereitung

Daten kommen in der realen Welt in unterschiedlicher Form und Struktur vor. Von zu vielen Daten bis hin zu wenigen Daten, lassen sich nicht alle Merkmale einheitlich übertragen und nicht alle Werte konsistent zu den jeweiligen Datensätzen zuordnen. In Abb. 6 repräsentiert ein Hausmodell die Zusammenhänge zwischen Rohdaten als Fundament bis hin zum Dach der Datenanalyse (dunkelblau). Ein Dach kann nicht ohne weiteres gebaut werden, wenn die Außenfassaden am Fundament nicht konstruiert werden. Vergleichsweise kann eine fundierte Datenanalyse nicht ohne die in hellblau dargestellten Bausteine stattfinden. Das Zusammenspiel aus den Rohdaten und den Datenaufbereitungsschritten ergeben einen umfangreichen Einblick und Verständnis in die dargelegten Informationen. Im Rahmen der Forschungsarbeit lag der Fokus bei den Ausreißern, welche in Kapitel 4.1.1 näher behandelt werden.

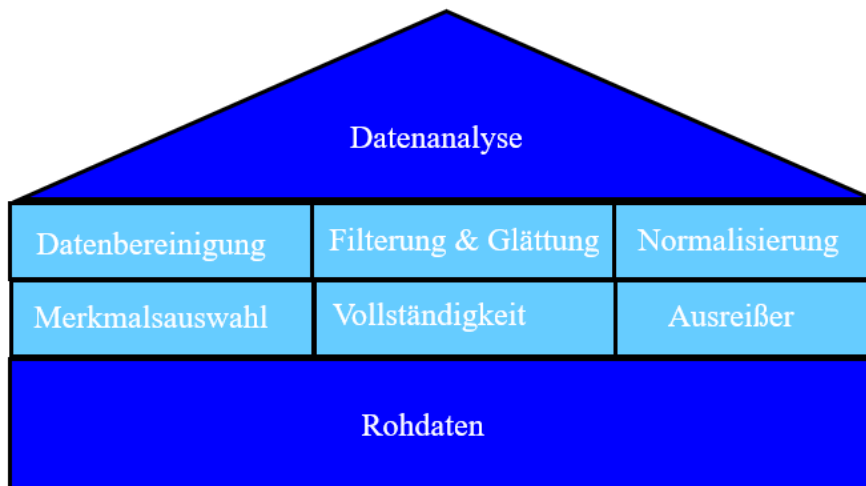


Abb. 6.: Hausmodell

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. sowie A. Famili, W.-M. Shen, R. Weber, E. Simoudis, Data Preprocessing and Intelligent Data Analysis, Intelligent Data Analysis 1 (1997) 3-23

Rohdaten beinhalten viele Merkmale, die für eine Auswertung nicht von Bedeutung bzw. nicht verwertbar sind, sodass diese den späteren Verlauf negativ beeinflussen können. Daten werden in der Regel wie folgt eingeteilt: relevant, irrelevant und redundant. Daher ist es wichtig bei allen Rohdaten die richtige Priorität mit den richtigen Methoden auszuwählen.⁷² Die Merkmalsauswahl wird durch verschiedene Methoden klassifiziert, wie bspw. Filtermethoden, worin abhängige und unabhängige Merkmale miteinander verglichen werden.⁷³ Nach der Merkmalsauswahl werden Fehler mit Hilfe der Datenbereinigung reduziert. Daten sind nur dann aussagekräftig, wenn sie frei von Fehlern, Duplikaten und Rauschen sind, da anhand dieser Grundlage aussagekräftige Ergebnisse geliefert werden können.^{74; 75} Ein weiterer wichtiger Bestandteil bildet die Vollständigkeit der Daten. Bei fehlenden Werten innerhalb großer Datenmengen wurden in Vergangenheit zahlreiche Methoden konzipiert, um den Umgang mit fehlenden Werten leichter zu gestalten. Um fehlende Werte zu vermeiden, gibt es zahlreiche Methoden wie bspw. das Minimieren des Datenumfangs bei gleichbleibender Probandenanzahl oder der Einsatz von Datenvalidierungstechniken.⁷⁶

⁷² Vgl. (A. Famili, 1997)

⁷³ Vgl. (Wizards, 2023)

⁷⁴ Vgl. (Korter, o.J.)

⁷⁵ Vgl. (Analytics-Team, 2024)

⁷⁶ E.b.d.

Im nächsten Schritt müssen die Ausreißer betrachtet werden, da diese sowohl auf natürliche Weise bei größeren Datensätzen oder durch experimentelle Fehler entstehen können. Ein Ausreißer bedeutet eine Abweichung zu allen anderen Datensätzen, die bspw. in einem zu hohen Maximum oder zu niedrigen Minimum resultieren können. Diese Feststellung reduziert die Aussagekraft für die Ergebnisse statistischer Verfahren. Je größer der Anteil an Ausreißern, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass fehlerhafte Daten vorliegen oder falsche Verfahren eingesetzt wurden.⁷⁷ Der nächste Schritt beinhaltet die Filterung und Glättung. Große Datenmengen unterliegen einem Rauschen, d.h. Daten die unstrukturiert und qualitativ als gering zu betrachten sind. Diese Daten können nicht interpretiert werden und haben daher keine weitere Bedeutung innerhalb einer Datenanalyse, und müssen deshalb gefiltert werden. Dabei ist von essenzieller Wichtigkeit die Anzahl an Informationen im Rahmen zu halten, da ansonsten das zu suchende Muster nicht mehr zu erkennen ist.⁷⁸ Das Rauschen kann durch einen Tiefpassfilter reduziert werden und gleichweise die Fixation stabilisiert werden. Der gängigste Einsatz von Filtern ist der sogenannte Butterworth – Filter. Mit diesem gelingt eine gleichmäßige Filterung und zugleich eine Auswertung ohne Verzerrungen zu gestalten. Im Eye-Tracking Experiment werden das rechte und linke Auge separat gefiltert, um schnelle Augenbewegungen zu reduzieren und um eine hohe Fixationsstabilität zu gewährleisten.⁷⁹ Im Eye-Trackinglabor werden die Blickkoordinaten konvertiert und unerwünschte Frequenzen reduziert. Während das Rauschen reduziert wird, bleiben fixationsbezogene Daten weiterhin erhalten.⁸⁰ Bevor die Datenanalyse starten kann, fehlt der letzte wichtige Baustein, nämlich die Normalisierung. Unter Normalisierung versteht man die Beseitigung von Redundanzen und Anomalien, d.h. dass Daten wiederholt oder unnötig vorkommen und Daten vom erwarteten Zustand abweichen.^{81; 82} Nach der Datenvorbereitung kann anschließend mit der Datenanalyse fortgefahren werden.

4 Datenanalyse

Nachdem die Wände auf dem Fundament gebaut wurden, kann das Dach als letztes Puzzleteil angebracht werden. (vgl. Abb. 6). Durch die Aufbereitung der Rohdaten durch verschiedene Vorverarbeitungsschritte kann eine Datenanalyse die Eye-Tracking Daten im vollen Umfang darstellen und eine umfassende Interpretation des Blickverhaltens der beiden Gruppen ermöglichen.

⁷⁷ Vgl. (Hemmerich, 2016)

⁷⁸ Vgl. (Wright, o.J.)

⁷⁹ Vgl. (Butterworth, 1930)

⁸⁰ Vgl. (Preussler, o.J.)

⁸¹ Vgl. (Luber, 2019)

⁸² Vgl. (studyflix.de, o.J.) und (e-dynamics.de, 2022)

Ein Logistiklager kann nur dann funktionieren, wenn jeder Stellplatz, jeder Auftrag und jede Palette seinen zugehörigen Platz zugewiesen bekommt. Ebenso ist eine Datenanalyse nur dann sinnvoll, wenn die Unmengen an Daten so zusammengefasst werden, dass Erkenntnisse daraus gewonnen werden können. Die Daten sollen mit Hilfe statistischer Auswertung sowohl für die Gruppe Schummler als auch Nicht - Schummler transformiert und extrahiert werden, wodurch sich Beziehungen, Trends oder Hypothesen ableiten lassen.⁸³ Das Potenzial von Daten kann nur dann ganzheitlich abgedeckt werden, wenn alle verfügbaren Quellen detailliert untersucht wurden und mit verschiedenen Methoden analysiert wurden. Diese Daten werden quantitativ dargestellt, sodass eine Aussage als Zahl allein keine Aussage hat, allerdings durch Vergleiche, Schaubilder, und Muster einen Zusammenhang der Informationen über Schummeldynamiken liefern kann.⁸⁴ Die Datenanalyse unterteilt sich in die deskriptive und induktive Statistik. Die Untersuchung erfolgt zunächst für die Schummler - Gruppe je Aufgabentyp, und im Nachhinein die Nicht - Schummler - Gruppe. Am Ende der Analyse sollen mehrere Merkmale hinsichtlich der Schummeldynamik untersucht werden, um anschließend eine klare Positionierung in den Daten zwischen Schummler und Nicht - Schummler - Gruppe zu erkennen.⁸⁵

4.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik wird im Sprachgebrauch auch als beschreibende Statistik bezeichnet, da die Auswertung zunächst als numerische Zahl dargestellt wird, jedoch im Rahmen der Interpretation durch Grafiken und Tabellen dargestellt werden kann. Diese Grafik beschreibt und charakterisiert die großen Datenmengen zu aussagekräftigen Ergebnissen und stellt diese empirischen Daten übersichtlich dar. Dabei sollen Lageparameter den Einzeldaten eine Bedeutung geben, während die Gaze - Plots verschiedener Features die Beziehung untereinander liefern. Bei der beschreibenden Statistik wird die Stichprobe untersucht, d.h., die Daten, die im Eye - Tracking Labor erhoben worden sind. Die gesamte Population wird bei der deskriptiven Statistik nicht berücksichtigt und daher können Aussagen zu den Ergebnissen nur zu dieser Teilgesamtheit gemacht werden.^{86: 87} Die deskriptive Statistik wird in drei Bereiche gegliedert, nämlich die Lageparameter, die Streuungsmaße und Zusammenhangsmaße.

⁸³ Vgl. (talend.com, o.J.)

⁸⁴ Vgl. (Wuttke, 2022)

⁸⁵ Vgl. (scribbrTeam, o.J.)

⁸⁶ Vgl. (studyflix.de, o.J.)

⁸⁷ Vgl. (Günter Bamberg, 2022)

Die Lageparameter stellen die Position der Datenpunkte innerhalb der Verteilung dar, während die Streuungsmaße die Information über die Variabilität der Datenpunkte geben. Je weiter ein Punkt der Stichprobe vom Mittelwert entfernt ist, desto eher handelt es sich um einen Ausreißer.^{88:89} Die wichtigsten Formeln wurden in AH. 2 (VIII) zusammengefasst.

4.1.1 Untersuchung der Schummler-Gruppe

Bei der Schummler-Gruppe werden folgende relevante Features untersucht: Blickverhalten, Fixationen und Abwesenheitszeiten. Eine Schummler-Gruppe wird eher dazu tendieren häufiger vom Bildschirm wegzuschauen, da der Spickzettel sich oft nicht in der Nähe der Bildschirmposition der Fragen und Antworten befindet. Dabei sind häufige Wechsel der Augen zwischen einzelnen Bereichen am Bildschirm oft ein Indiz für einen Täuschungsversuch, da der Teilnehmer versucht Informationen aus einer fremden Quelle in kurzer Zeit aufzunehmen. Des Weiteren können bspw. langsamere Blickgeschwindigkeiten und Beschleunigungen auf ein Schummelverhalten hindeuten, da Schummler die Eigenschaft besitzen weniger beim Dozenten aufzufallen. Eine Person, die eine Online-Prüfung gewissenhaft bearbeitet, hat diese im Vergleich zu einer Person der Schummler-Gruppe ein konsistentes Blickmuster, da er dieselben Blickmuster über alle Aufgabentypen verfügt.⁹⁰ Die Analyse der Daten ist gleichzeitig mit der größten Herausforderung, nämlich den Ausreißern der Daten verbunden. Der Z-Score ist eine gute Methode, um Ausreißer zu identifizieren, indem die Standardabweichung gebildet wird. Dabei wird der Datenpunkt vom Mittelwert abgezogen und durch die Standardabweichung dividiert. Das Vorgehen eignet sich für kleine bis mittelgroße Datensätze wie bspw. das Alter in einer Schulklasse, um den Abstand zum Mittelwert festzustellen. Da Eye-Tracker Daten in ihrem Kern variieren, ist der Z-Score aus Sicht des Autors weniger dazu geeignet, da eine Normalverteilung die Voraussetzung ist.⁹¹ In der Forschungsarbeit wurde mit den Quartilsabständen gearbeitet, da diese robuster gegen Ausreißer sind, sodass Minima und Maxima das Ergebnis nicht verfälschen. Fixationen können sowohl niedrige als auch hohe Werte annehmen, was mit den 25% und 75% - Quartilen beglichen wird, d.h. die Extremwerte, die meistens oberhalb bzw. unterhalb liegen, gefiltert und ausgeschlossen werden.⁹² Als Bsp. liegt folgender Datensatz vor: 1,2,3,4,5,200: Das 1.Quartil bildet die 2, wodurch die 1 ausgeschlossen wird und die 200 wird anhand des 3.Quartils ausgeschlossen, was letztlich die Zahl 5 annimmt.

⁸⁸ Vgl. (Benning, 2023)

⁸⁹ Vgl. (learnattack.de, o.J.)

⁹⁰ Vgl. (Kaddoura & Gumaei, 2022)

⁹¹ Vgl. (databasecamp.de, 2023)

⁹² Vgl. (fastercapital.com, 2024)

Abschließend wird die untere Grenze und die obere Grenze gebildet, d.h. 1. Quartil abzüglich des 1,5 - fachen Interquartilsabstands zwischen Quartil 3 und Quartil 1. Die Zahl 1,5 wird als heuristische Zahl bei der Grenzbildung als Konstante festgelegt.⁹³ Die obere Grenze wird durch Addition des 3.Quartils und des 1,5 - fachen Interquartilsabstand gebildet. Alle Zahlen, die oberhalb für Obergrenze oder unterhalb für die Untergrenze liegen, werden kategorisch als potenzielle Ausreißer identifiziert. Damit wird im Beispiel alles über 9,5 als Ausreißer erkannt, gefiltert und aus der jeweiligen Spalte eliminiert. Mit der Z-Score Methode ergibt es einen Mittelwert von 35,83 und eine Standardabweichung von 73,35. Wenn jeder einzelne Datenpunkt vom Mittelwert abgezogen wird und anschließend durch die Standardabweichung geteilt wird ergibt es den Z-Score. Der erste Kritikpunkt ist, dass hier bereits der Mittelwert mit den Ausreißern gebildet wird, was den Datensatz an dieser Stelle bereits verzerrt. Der zweite Kritikpunkt an der Methode besteht darin, dass der kritische Wert unterschiedlich festgelegt wird. Übliche Schranken liegen bei - 3 bis + 3, wodurch die 200 in diesem Beispiel nicht als Ausreißer erkannt wird. Auf das Eye-Tracking Beispiel angewandt können Extremwerte missverständlich in die Berechnung mit einfließen, was sich nachteilig auf die Berechnung auswirkt.⁹⁴ Die Methode mit den Quartilsabständen zur Identifizierung der Ausreißer wurde für beide Gruppen angewandt.

4.1.1.1 Analyse der Pupillen, Blickpositionen und Fixationen

Die Pupillengröße eines Menschen variiert zwischen zwei bis acht Millimeter.⁹⁵ In Abb. 7 ist eine Häufigkeitsverteilung der linken und rechten Pupillengröße dargestellt. Diese Auswertung erfolgt für die Schummler-Gruppe für alle Aufgaben von Aufgabe 1 bis Aufgabe 5. Die Abszisse repräsentiert die verschiedenen Intervalle, die sich zwischen 2,5 bis über halb von 5 Millimeter erstrecken. Die Ordinate gibt die Häufigkeit an, mit der die Pupillengröße in ihrer Häufigkeit im Datensatz vorkommen. Die Balken im Diagramm repräsentieren die Häufigkeiten des jeweiligen Intervalls. Die blaue Farbe kennzeichnet die linke Pupille und grün die rechte Pupille. In erster Linie ist eine symmetrische Funktion zu erkennen, da beide Augenpupillen zu jeder Aufgabe annähernd gleichmäßig verteilt sind.⁹⁶ Den größten Wert bei ca. 40.000 nimmt der Intervallbereich zwischen (3,5 mm – 3,7 mm] bzw. (3,7 mm – 3,9 mm] an. Trotz gleichmäßiger Verteilung gibt es dennoch Unterschiede zwischen der linken und der rechten Pupille. Bei den Höchstwerten ist die rechte Pupille dominanter als die linke, was auf die Variabilität der Daten zurückzuführen ist.

⁹³ Vgl. (Team, 2024)

⁹⁴ Vgl. (Nevil & Kindness, 2024)

⁹⁵ Vgl. (Heiting, 2020)

⁹⁶ Vgl. (Turney, 2022)

Zum anderen ist ein Unterschied bei (4,1 – 4,3 mm] ebenfalls zu erkennen, d.h. dass die Dysbalance der Augen durch ungenaue Messungen bzw. kleinere Ausreißer hindeutet.⁹⁷ Ein Indiz für ein Schummelverhalten ist allein durch die Größe der Pupillen nicht zu verzeichnen, da diese mit Einflussgrößen belegt oder gar größere Unterschiede in der Stichprobe verzeichnen müssen. Je kleiner der Unterschied, desto weniger können Rückschlüsse für die induktive Statistik getroffen werden. Im Schnitt ist die linke Pupille 3,89 mm und die rechte Pupille 3,85 mm groß, d.h. ca. 0,3 mm größer als bei der Nicht-Schummler-Gruppe. Bei einem realen Prüfungsszenario besteht die Vermutung, dass der Durchmesser der Pupille größer wäre, da es mit einem größeren Umfang an Emotionen verbunden ist, wie bspw. Nervosität, Unruhe oder Aufregung.⁹⁸

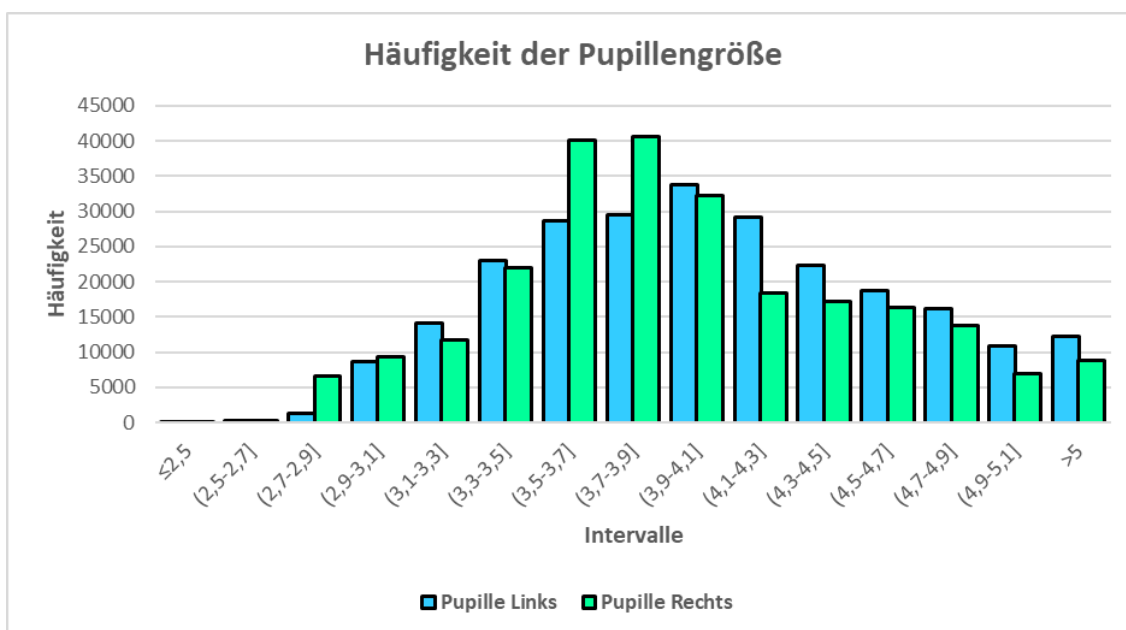


Abb. 7.: Verteilungsfunktion der Pupillengrößen Gruppe Schummler

Quelle: Eigene Darstellung und Auswertung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

⁹⁷ Vgl. (Liu, et al., 2021)

⁹⁸ Vgl. (Wel & Steenbergen, 2018)

In Tab. 3 wurden verschiedene Pixelintervalle für Gaze X und Y abgebildet, da sich so der erlaubte und unerlaubte Bereich für die Auflösung des Bildschirms 1920 x 1080 Pixel am besten aufteilen lässt. Gaze X und Y sowie Fixation X und Y wurden hier als eine Koordinate in der Zählung erfasst, d.h. wenn mathematisch eine Koordinate bei $(1/2)$ und $(3/5)$ liegt, dann wären dies in Summe zwei Datenpunkte. Die Unterteilungen sind in Frage und Antwortbereich angepasst, nämlich für die Aufgaben 1 bis 5, da jede Aufgabe einen individuellen Spielraum für den Frage bzw. Antwortbereich bildet. Anhand der Unterteilungen soll am Ende ein Gefühl für die Relationsgrößen wie z.B. Gaze X/Y, Fixation X/Y oder die Verweildauer am Bildschirm gebildet werden. Der Ursprung des Koordinatensystems startet für jeden Bildschirm oben links bei $(0/0)$.

Demnach erstreckt sich der horizontale Bereich für die X - Achse von 0 bis 1920 Pixel und der vertikale Bereich für die Y - Achse von 0 bis 1080 Pixel.⁹⁹ In Aufgabe 2 und Aufgabe 5 liegt der größte Anteil aller Zählungen mit 21,6 % bzw. 27,4% in Relation zu 312.878 Zählungen aller relevanten Blickpositionen. Im Folgenden soll eine Betrachtung auf der Pixelintervallebene näher erörtert werden. Vorab kann gesagt werden, dass die Fixationen im Regelfall weniger ausfallen als die Blickpositionen, da Fixationen kurzzeitige Augenblicke auf einen Punkt fixieren, während Blickpositionen kontinuierliche Aufzeichnungen über den gesamten Zeitraum darstellen.

In Aufgabe 1 für den Frage und Antwortbereich konnten in Summe 30.975 Blickpositionen verzeichnet werden, d.h. 87,44 % aller Blickdatenpunkte liegen in dieser Aufgabe im erlaubten Bereich, allerdings macht die Summe aller unerlaubten Bereiche mit 4.449 ca. 12,5 % aus. Dieser Bereich ist bei der Bearbeitung der Online – Prüfung zwar erlaubt, da hier aber weder Frage noch Antwortzone vorliegt, wird dieser Bereich in der Analyse als „verboten“ bezeichnet. Darunter liegen im linken Bereich ca. 10 % Fixationen vor, d.h. während dem Bearbeitungszeitraum nahm der linke Bildschirmbereich die größte Aufmerksamkeit ein. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass eine Person den Bereich außerhalb des Frage und Antwortbereichs ebenso fixieren kann, obwohl kein Schummelverhalten zugeordnet werden konnte.

In Aufgabe 2 ist die Verteilung der Blickpositionen für den Fragebereich mit 12,46 % am größten, da die Fragestellung von allen Aufgaben am umfangreichsten ist. Dabei ist der Umfang der Fragestellung in jeder anderen Aufgabe geringer. Die Hälfte aller Fixationen dieser Aufgabe wurde nur für die Fragestellung verbraucht. Etwa 2.500 gezählte Blickpositionen fielen in unerlaubten Bereichen auf, das entspricht etwa 3,7 %. Auffallend bei Aufgabe 2 ist, dass der linke Bereich und der Bereich unterhalb der Antwortzone, die höchsten Werte vorweisen können. Mit insgesamt 2.488 Fixationen entspricht es 5,75 %.

⁹⁹ Vgl. (Seitz, 2020)

In Aufgabe 3 und 4 ist eine starke Konzentration in der Antwortzone zu erkennen, da hier eine Multiple-Choice bzw. Single-Choice Aufgabe vorliegt. Da die Ankreuzmöglichkeiten im Antwortbereich liegen, verzeichnen diese auch automatisch den größten Anteil aller Blickpositionen. In Aufgabe 3 und 4 verzeichnet die Antwortzone ca. 38 % Blickpositionen aller gestellten Aufgaben in der Online-Prüfung. Bei beiden Aufgaben ist die Aufmerksamkeit der Blickpositionen außerhalb des Frage- und Antwortbereichs unter 2 %. Da der Antwortbereich die eigentliche Denkleistung hervorbringt, ist die Beurteilung anhand von Zonen schwieriger als bei Aufgabe 1 und 2. Da müssen andere Methoden verwendet werden, um Schummler - Indizien ableiten zu können, wie bspw. die Abwesenheitsdauer vom Monitor.

Da Aufgabe 5 am meisten Denkleistung von den Studierenden erfordert hat, gibt es auch die meisten Blickpositionen für alle Zonen insgesamt. Es konnten in Summe für Aufgabenteil a) und b) ca. 26,67 % Blickdatenpunkte aus dem Verhältnis aller Blickpunkte mit 312.878 in der erlaubten Zone registriert werden, aus denen insgesamt 1,52 % Fixationen in verbotenen Zonen vorliegen.

Abschließend kann gesagt werden, dass die rot markierten Zonen in Tab. 3 in Kombination mit anderen Features wie bspw. Fixationsstreuung näher betrachtet werden müssen, da diese viele verdächtige Merkmale beinhalten.

Art des Bereichs	X – Achse [Pixel]	Y – Achse [Pixel]	Blickpositionen	Fixationen
Aufgabe 1				
Links	0 - 330	0 - 1080	4.108	2.649
Rechts	1351 - 1920	0 - 1080	118	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	831 - 1080	223	47
Fragebereich	331 - 1350	141 - 270	11.694	8.636
Antwortbereich	331 - 1350	360 - 850	19.281	15.152
Summe	-	-	35.424	26.484
Aufgabe 2				
Links	0 - 190	0 - 1080	1.444	493
Rechts	1690 - 1920	0 - 1080	12	8
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	820 - 1080	1.044	438
Fragebereich	190 - 1680	80 - 380	38.991	22.562
Antwortbereich	200 - 1700	450 - 830	26.116	19.712
Summe	-	-	67.607	43.211
Aufgabe 3				
Links	0 - 200	0 - 1080	13	-
Rechts	1520 - 1920	0 - 1080	60	1
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	800 - 1080	835	519
Fragebereich	260 - 1500	90 - 230	3.612	2.720
Antwortbereich	250 - 1370	360 - 790	54.322	31.305
Summe	-	-	58.842	34.545
Frage 4				
Links	0 - 49	0 - 1080	146	67
Rechts	1871 - 1920	0 - 1080	289	259
Oben links	0 - 250	0 - 400	58	36
Oben rechts	1260 - 1920	0 - 350	199	168
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	750 - 1080	64	2
Fragebereich	240 - 1270	110 - 250	69	67
Antwortbereich	50 - 1850	400 - 680	64.359	40.943
Summe	-	-	65.184	41.542
Frage 5				
Links	0 - 160	0 - 1080	351	68
Rechts	1701 - 1920	0 - 1080	28	-
Rechts oben	1100 - 1920	0 - 180	104	27
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	990 - 1080	1.864	754
Frage a)	200 - 1080	110 - 150	6.855	4.448
Antwortbereich a)	200 - 1700	220 - 760	44.451	4.448
Fragebereich b)	400 - 1440	500 - 570	19.806	13.202
Antwortbereich b)	200 - 1700	650 - 990	12.362	8.959
Summe	-	-	85.821	55.814

Tab. 3.: Verhältnis Blickpositionen zu Fixationen der Gruppe Schummler
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

Die Tab. 3 zeigt die verschiedenen Intervalle für die erlaubten und unerlaubten Zonen, welche von einem Studenten während der Bearbeitungszeit am Monitor betrachtet wurden. Diese stellt allerdings nicht das Szenario für Blicke abseits des Bildschirms dar. In Aufgabe 1 bis 5 wurde die Dauer der beiden Gruppen gemessen, in der zum Zeitpunkt weder Blickpositionen noch Fixationen gemessen werden konnten. Für den Fall, dass eine Person weder Gaze X und Y sowie Fixation X und Y – Datenpunkte vorweisen kann, wird die Dauer für den Blick abseits des Bildschirms gemessen und zusammengetragen.

Für die Definitionsaufgabe hat die Gruppe der Schummler durchschnittlich mehr Zeit in Anspruch genommen, nämlich 82,72 Sekunden im Vergleich zu der Gruppe der Nicht-Schummler mit lediglich 74,83 Sekunden. Die Analyse ergab, dass die beiden Gruppen eine ähnliche Dauer aufweisen, in welcher der Bildschirm angesehen wurde. Dies rührt mit der Begründung einher, dass die Studenten bei einer Definition wenig Zeit benötigen und der Aufgabentyp Definition mit einem niedrigeren Anspruch verbunden ist. Die Zeit, in der vom Bildschirm weggeschaut wurde, beträgt im Schnitt 29,29 Sekunden für die Schummler und 30,66 Sekunden für die Gruppe der Nicht - Schummler, d.h. eine ähnliche Zeit für beide Gruppen. Während der ehrliche Prüfungsteilnehmer seine Antworten überlegt und bspw. zur Tastatur schaut, um im Nachhinein seine eingegebene Antwort zu prüfen, spickt der Schummler in der Zeit auf seinen Notizzettel.

Bei der Transferaufgabe können größere Unterschiede festgestellt werden, da hier zum ersten Mal die Gruppe der Nicht - Schummler eine längere Zeit am Bildschirm verbringt, nämlich mit 77,87 Sekunden. Lediglich 10,36 Sekunden lang war der Blick vom Bildschirm abgewendet. Die Gruppe der Schummler dagegen konnte nur 63,27 Sekunden ihren Blick am Monitor bewahren, während 40,3 Sekunden abseits des Bildschirms erfasst sind. Eine Transferaufgabe benötigt tiefgehendes Verständnis, welches nicht auswendig gelernt werden kann, und daher einen höheren Anspruch mit sich bringt. Ein kurzer Blick zum Spickzettel wie z.B. bei der Definitionsaufgabe reicht nicht mehr aus.

Das Konzept für Aufgabe drei und vier ist im Kern derselbe, da das Ankreuzen zur vollen Punktzahl führt. Der Unterschied liegt lediglich in der Anzahl der erlaubten Kreuze, die gesetzt werden dürfen. Für die dritte Aufgabe brauchen die Schummler ca. 10 Sekunden länger abseits des Bildschirms, während bei der vierten Aufgabe die Zeiten ähnlich aufgeteilt sind mit ca. 7 Sekunden Differenz. Bei allen vier Aufgaben haben die Schummler eine längere Zeit in Anspruch genommen, den Bildschirm nicht anzuvisieren, da laut Abb. 5 der Spickzettel am dominantesten vertreten war und dieser mit hoher Wahrscheinlichkeit zu dieser Abwesenheit seine Anwendung fand.

Ab Aufgabe 5 ändert sich der Verlauf, da die Gruppe der Schummler die Methode des Spickzettels ineffektiv empfindet, und daher eine neue Methode verwendet, nämlich die Absprache. Die Gruppe der Nicht – Schummler benötigt fast 20 Sekunden länger, um die Aufgabe zu lösen, während die Gruppe der Schummler zwar weniger Zeit benötigt, jedoch den Blick länger vom Bildschirm abwendet. Bei allen fünf Aufgaben zeigt sich dasselbe Muster, d.h. die Gruppe der Schummler wendet den Blick länger abseits des Bildschirms ab im Vergleich zu den Nicht-Schummlern. Des Weiteren dauert der Betrachtungszeitraum am Monitor bei den Schummlern zwar weniger an, benötigen allerdings für alle fünf Aufgabentypen wiederum länger, da mehr Zeit abseits des Bildschirms aufgewendet werden muss. Abschließend kann gesagt werden, dass beide Gruppen nicht permanent den Bildschirm betrachten, da ein Denkprozess beim Menschen so ausgelegt ist, dass Bereiche fokussiert werden, die nichts mit der Aufgabenstellung zu tun haben. Dies kann bspw. die Uhr an der Wand, die Trinkflasche neben dem Monitor oder gar die Decke sein. Die längere Abwendung vom Bildschirm ist dennoch ein Indiz für ein Schummelverhalten, jedoch kein hundertprozentiger Beweis. Es ist eine Ansammlung mehrerer Indikatoren, die ineinandergreifen müssen, um einen Schummler zu entlarven.

Im Folgenden soll eine Analyse auf Mikroebene dargestellt werden, d.h. eine schummelnde Person wird für alle fünf Aufgabentypen hinsichtlich der Gaze Velocity und Gaze Acceleration dargestellt. Die Abb. 8 besteht aus zwei Grafiken, oben die Blickgeschwindigkeit (Gaze Velocity) und unten die Blickbeschleunigung (Gaze Acceleration), die für folgenden Studenten dargestellt wird (“09 – 05 – 2023 – 13h 35“). Der Vorteil, dass ein Student ausgewählt wurde, statt den gesamten Datensatz darzustellen liegt in der Granularität. Es können detailliertere Indizien für ein Schummelverhalten aus der Grafik entnommen werden. Die Blickgeschwindigkeit und die Beschleunigung sind anhand fünf verschiedener Farben je Aufgabe gekennzeichnet. Die obere und untere Grafik ist auf der Abszisse durch die Zeit gekennzeichnet. Der Unterschied liegt in der Einheit, nämlich $^{\circ}/s$ für Gaze Velocity und $^{\circ}/s^2$ für Gaze Acceleration. In der Grafik steht ein Datenpunkt für die Geschwindigkeit im dazugehörigen Zeitpunkt dieser Person. Der Durchschnitt für die Gruppe Schummler beträgt für Gaze Velocity $30,2 \text{ }^{\circ}/s$ und $35,3 \text{ }^{\circ}/s$ bei der Gruppe der Nicht-Schummler, d.h. die Nicht-Schummler hatten im Schnitt eine höhere Blickgeschwindigkeit um ca. $5 \text{ }^{\circ}/s$.

Die untere Grafik stellt die Blickbeschleunigung dar die als Einheit $^{\circ}/s^2$ dargestellt wird, welche sich in einem breiteren Spielraum als die Blickgeschwindigkeit erstreckt, nämlich von $-3.000 \text{ }^{\circ}/s^2$ bis $+ 3.000 \text{ }^{\circ}/s^2$. Eine positive Beschleunigung stellt eine rasante Beschleunigung zu einem Zielpunkt und eine negative Beschleunigung wird auch als Rückbeschleunigung bezeichnet, da die Geschwindigkeit von der Zielrichtung rapide abnimmt. Im Durchschnitt erzielen die Schummler eine Rückwärtsbeschleunigung von $- 1.984,8 \text{ }^{\circ}/s^2$ bis zu einer Vorwärtsbeschleunigung von $+ 1.964 \text{ }^{\circ}/s^2$ und die Nicht - Schummler einen Bereich zwischen $- 2.024,8 \text{ }^{\circ}/s^2$ bis $2.072,5 \text{ }^{\circ}/s^2$.

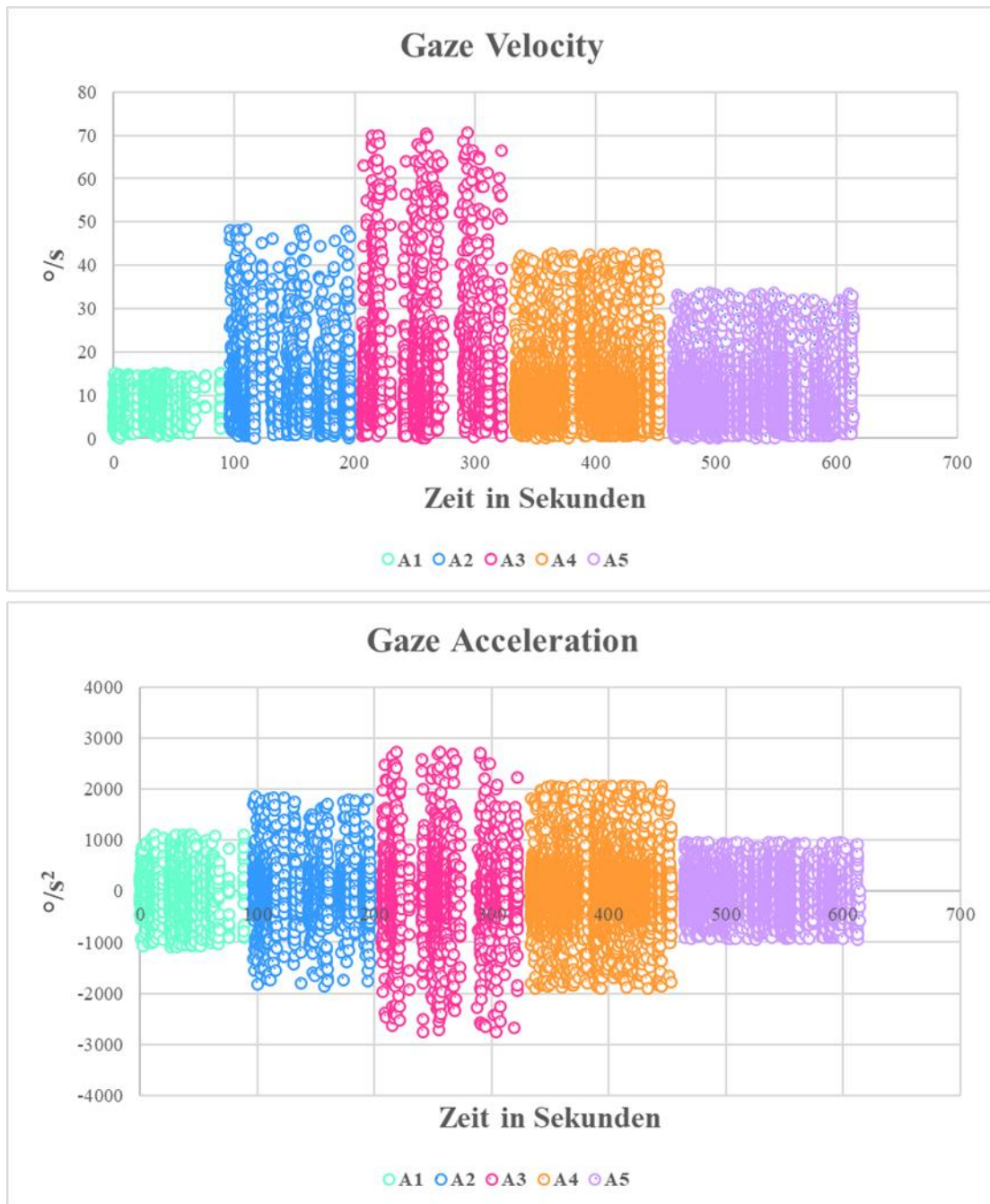


Abb. 8.: Gaze Velocity vs. Gaze Acceleration der Gruppe Schummler
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ;Köppl S. und Klettke M. (2024)

Wie bereits bei Gaze Velocity können auch bei Gaze Acceleration erhöhte Werte für die Nicht-Schummler festgestellt werden. Sowohl bei der Geschwindigkeit als auch bei der Beschleunigung sind die Nicht-Schummler mit den Augen schneller, da die Antworten zu den Fragen nicht aus fremden Informationsquellen bezogen werden müssen, sodass ein zügiger Stil erkennbar ist. Die Schummler sind dagegen langsamer in den Augenbewegungen, da versucht wird unauffällig mit den Augen zu bleiben, sodass der Dozent, während der Online-Prüfung keinen Verdacht schöpft. Der Versuch unauffällig zu bleiben, macht den Schummler erst recht auffällig, indem die Person langsam zum Spickzettel hinschaut, und langsam wieder zum Monitorbereich zurückblickt. Das auffälligste Merkmal der Schummler ist, dass innerhalb einer Aufgabe „weiße Zonen“ vorkommen. In manchen Zeitintervallen wie bspw. zwischen der 60ten bis zur 80ten Sekunde oder der 270ten bis 290ten Sekunde konnten keine Datenpunkte für die Geschwindigkeit oder Beschleunigung festgestellt werden, was wiederum für ein Schummelverhalten spricht. Dies könnte auf folgende Ursache hindeuten:

Ein naheliegender Grund greift auf das Thema zuvor zurück, dass die Schummler mehr Zeit in Anspruch nehmen, wenn diese ihren Blick vom Bildschirm abwenden. Je öfter der Blick abgewendet wird, desto seltener kann der Eye – Tracker eine Geschwindigkeit bzw. eine Beschleunigung registrieren. Dieses Verhalten ist besonders bei Aufgabe 1,2 und 3 der Fall, bei welcher die Zeitunterschiede beim Abwenden des Blickes vom Monitor bei der Gruppe Schummler am größten war. Wichtig ist bei diesem Ansatz zu erwähnen, dass auch bei den Nicht-Schummlern die weißen „Zonen auftreten“ können. Der Unterschied liegt in der Häufigkeit und Dauer der Unterbrechungen in den Aufgaben.

Abschließend kann festgestellt werden, dass eine verlangsamte Geschwindigkeit und Beschleunigung einen weiteren Grund für ein Schummelverhalten liefern, insbesondere, wenn eine Verknüpfung mit der Abwesenheit der Augen vom Bildschirm verbunden ist. Die Kombination solcher Features geben einen tiefgehenden Einblick in das Verhalten eines Studenten während der Bearbeitung der Online-Prüfung, weshalb Tendenzen und Schlussfolgerungen gezogen werden können.

4.1.1.2 Analyse weiterer Features der Gruppe Schummler

Die Dauer der Sakkaden spielt eine entscheidende Rolle, da diese angibt, wie lange das Auge nach Informationen gesucht hat. Prinzipiell geben Sakkaden an wie lange das Auge benötigt, um einen nächsten Punkt zu fixieren. Im Folgenden soll ein Vergleich erfolgen, wie lange die Fixationsdauer in entscheidenden Momenten präsent war und wie sie sich von der Dauer der Sakkaden differenziert.^{100; 101} In Tab. 4 ist eine Unterteilung der einzelnen Bereiche zu erkennen, welche in links, rechts, unterhalb des Antwortbereichs und in manchen Fällen in oben links und oben rechts aufgeteilt ist. Der erlaubte Bereich wird durch die grüne Farbe gekennzeichnet, d.h. es stellt den erlaubten Bereich dar, welcher vom Studierenden betrachtet werden darf. Alle Zonen außerhalb sind farblos hinterlegt und dürfen im Regelfall von einem Studenten nicht betrachtet oder zumindest nicht mit einer längeren Zeitdauer als in der erlaubten Zone des Frage - und Antwortbereichs fixiert werden. Die kritischen Bereiche sind ebenfalls wie in Tab. 3 rot gekennzeichnet. In allen Aufgaben ist ein ähnliches Muster für die Fixationsdauer zu erkennen, da in den kritischen Bereichen die Zeit ungewöhnlich hoch ist. In Aufgabe 1 wurde der linke Bereich bereits durch Tab. 3 als verdächtig eingestuft. Die lange Fixationsdauer in Höhe von 838,44 ms, mit einer Streuung von 0,5 sowie einer verkürzten Sakkadendauer von 70,63 ms, bestätigen die Häufigkeit der Blickpositionen im vorherigen Kapitel. Das gleiche Muster ist für die Fixationsstreuung erkennbar, da alle Schummler eine hektische Verhaltensweise an den Tag gelegt haben. Je höher der Wert der Streuung, desto unruhiger ist die Blickrichtung des Probanden. In fast allen Aufgaben ist die Streuung mit teilweise höheren Werten versehen während in den erlaubten Zonen die Augen ruhiger und entspannter fixiert haben. Das beste Beispiel dafür ist Aufgabe 3, worin der Aufgaben und Fragebereich mit einer Streuung von 0,32 den kleinsten Wert einnimmt und zugleich für alle Bereiche, die weder Frage noch Antwortbereich darstellen, einen Mittelwert von 0,4 aufzeigen. Des Weiteren ist das Feature Sakkadendauer am aussagekräftigsten, da diese die ruckartigen Augenbewegungen von einem Punkt zum nächsten Punkt beschreiben. In allen fünf Aufgaben haben die verdächtigen Zonen eine erhöhte Fixationsdauer und zugleich eine verringerte Sakkadendauer, und teilweise eine unruhige Streuung der Fixationen. Da Schummler ihre Spicker nicht am gesamten Monitor verteilen werden, sondern lediglich auf eine Seite platzieren, kann durch die Häufigkeit in Tab. 3 bereits festgestellt werden, welcher Bereich des Monitors die größte Aufmerksamkeit eingenommen hat. Im zweiten Schritt werden diese verdächtigen Zonen näher untersucht, wodurch festgestellt wurde, dass Schummler in diesen Zonen lange fixieren und zugleich der Weg der Augen zu diesem Ort am geringsten ist. Spickzettel werden in der Regel so nahe wie möglich platziert, um so wenig wie möglich Zeit für den Weg der Fixation zu verlieren.

¹⁰⁰ Vgl. (Funke, 2006)

¹⁰¹ Vgl. (Rayner, 1998)

Art des Bereichs	X – Achse [Pixel]	Y – Achse [Pixel]	Fixations- dauer [ms]	Streu- ung Fixa- tion	Sakkaden- dauer [ms]
Aufgabe 1					
Links	0 - 330	0 - 1080	838,44	0,5	70,63
Rechts	1351 - 1920	0 - 1080	233,16	0,35	213,43
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	831 - 1080	391,64	0,44	116,15
Fragebereich	331 - 1350	141 - 270	532,44	0,4	69,16
Antwortbereich	331 - 1350	360 - 850	1047,06	0,49	66,52
Aufgabe 2					
Links	0 -190	0 - 1080	362,79	0,47	89,82
Rechts	1690 - 1920	0 - 1080	66,66	0,44	118,31
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	820 - 1080	508,67	0,47	100,69
Fragebereich	190 - 1680	80 - 380	269,09	0,44	75,64
Antwortbereich	200 - 1700	450 - 830	858,37	0,42	72,15
Aufgabe 3					
Links	0 - 200	0 - 1080	203,82	0,46	140,62
Rechts	1520 - 1920	0 - 1080	100,76	0,38	138,17
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	800 - 1080	205,69	0,37	69,48
Fragebereich	260 - 1500	90 - 230	188,99	0,32	85,45
Antwortbereich	250 - 1370	360 - 790	278,42	0,32	86,31
Frage 4					
Links	0 - 49	0 - 1080	135,64	0,5	80,05
Rechts	1871 - 1920	0 - 1080	961,05	0,5	70,8
Oben links	0 - 250	0 - 400	151,74	0,24	99,28
Oben rechts	1260 - 1920	0 - 350	138,83	0,33	78,14
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	750 - 1080	411,26	0,35	81,69
Fragebereich	240 - 1270	110 - 250	238,11	0,37	58,57
Antwortbereich	50 - 1850	400 - 680	319,89	0,38	72,7
Frage 5					
Links	0 - 160	0 - 1080	115,02	0,25	64,41
Rechts	1701 - 1920	0 - 1080	110,45	0,23	93,3
Rechts oben	1100 - 1920	0 - 180	258,79	0,34	103,26
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	990 - 1080	335,05	0,35	63,73
Frage a)	200 - 1080	110 - 150	275,6	0,39	70,91
Antwortbereich a)	200 - 1700	220 - 760	282,04	0,35	78,43
Fragebereich b)	400 - 1440	500 - 570	258,12	0,32	75,27
Antwortbereich b)	200 -1700	650 - 990	343,49	0,38	69,58

Tab. 4.: Features in verbotenen Zonen Schummeler

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

4.1.2 Untersuchung der Nicht-Schummler-Gruppe

Der wesentliche Unterschied der Nicht-Schummler-Gruppe besteht darin, dass keine fremden Informationsquellen bzw. keine Hilfsmittel verwendet wurden. Demnach konzentrieren sich die Nicht – Schummler auf den Frage- und Antwortbereich und weniger auf die leeren Flächen. Die Pupillen werden kleiner sein, da die Personen entspannter und ruhiger handeln. Es gilt anzunehmen, dass Gaze X und Y konsistent in der Bearbeitungszeit sein werden und die Geschwindigkeiten der Augen geringer ausfallen wird. Die Sakkadendauer und Fixationsdauer werden ein anderes Muster als die Schummler verzeichnen.

4.1.2.1 Analyse des Blickverhaltens und der Pupillen

In Abb.9 ist eine Häufigkeitsverteilung der linken und rechten Pupillengröße dargestellt. Diese Auswertung erfolgt für die Nicht-Schummler-Gruppe für alle Aufgaben von Aufgabe 1 bis Aufgabe 5. Die Ordinate gibt die Häufigkeit an, mit der die Pupillengröße in ihrer Häufigkeit vorkommen. Die Balken im Diagramm repräsentieren die Häufigkeiten des jeweiligen Intervalls, die nach Seite der Pupille farblich gekennzeichnet sind. Die Funktion ist weniger symmetrisch als es bei Abb. 7 der Fall war, da die Kurve stark ansteigt und stark wieder abflacht. Während bei der Schummler-Gruppe die Verteilungsfunktion bis größer oder gleich 5 mm reicht, ist in Abb. 9 zu erkennen, dass diese die höchste Konzentration von ca. 3 mm bis 4,5 mm bildet. Die Mitte des Diagramms ist präziser, und pendelt weniger über alle Größen hinweg. Daran ist erkennbar, dass die Nicht - Schummler während der gesamten Prüfungsdauer entspannter waren, da die Gefahr des Erwischens und Durchführen verbotener Aktivitäten nicht vorhanden war. Des Weiteren bilden (3,5 – 3,7] und (3,7 – 3,9] mm mit durchschnittlich 31.000 Zählungen in Summe erneut den höchsten Wert aller Pupillengrößen. Bei der linken Pupille wurde ein Wert von durchschnittlich 3,61 mm und die rechte Pupille mit 3,58 mm registriert, d.h. ca. 0,3 mm kleiner als bei den Schummlern.

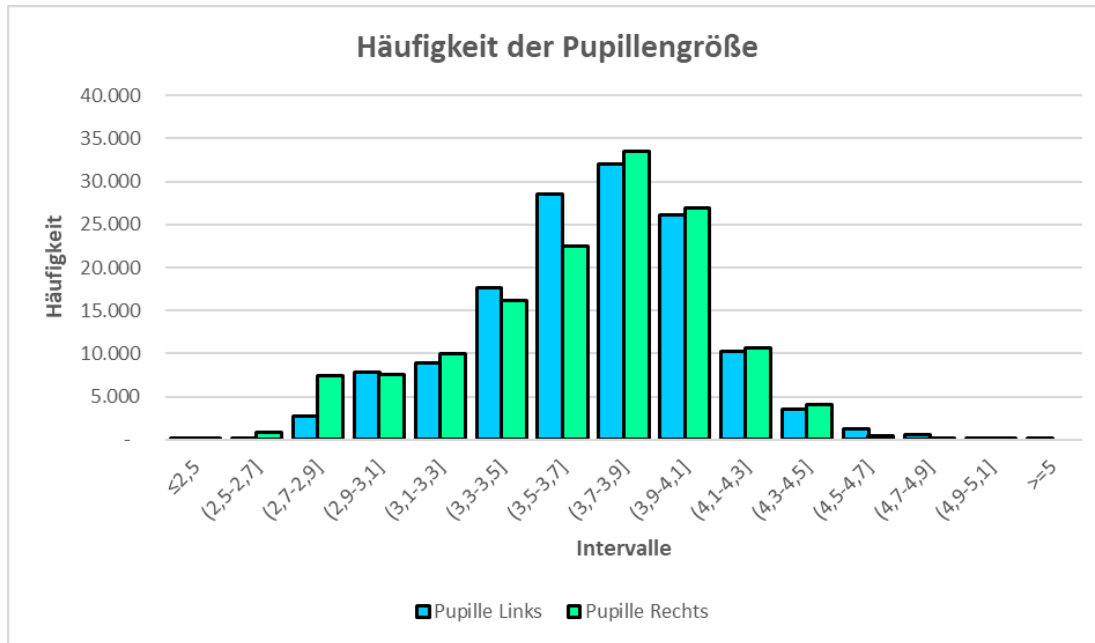


Abb. 9.: Verteilungsfunktion der Pupillengrößen Gruppe Nicht-Schummler
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

In Tab. 5 wurden erneut die verschiedene Pixelintervalle für Gaze X und Y sowie Fixation X und Y abgebildet, um dadurch einen Vergleich zu der Schummler-Gruppe aufzuzeigen. Da die Gruppe der Schummler mehr Datensätze vorliegen hat als die Gruppe der Nicht-Schummler, reicht der alleinige Vergleich der Zählung untereinander zwischen den Intervallen nicht aus. In der Betrachtungsweise des Autors ergibt sich ein besseres Muster der Daten, wenn Schummler und Nicht-Schummler die gleiche Anzahl an Datensätzen haben, sodass valide Aussagen getroffen werden können. Dennoch kann eine Untersuchung gewisser Bildschirmbereiche in ihrer Intensität neue Rückschlüsse liefern. Es gibt jedoch keine Garantie, dass ein bloßer Vergleich zwischen der Blickpositionen und der Fixationen einen Schummler identifiziert oder umgekehrt, da eine solche Festlegung immer auf mehreren Features basiert. Die Erstellung einer Tabelle bzgl. einer Häufigkeitsverteilung macht nur dann Sinn, wenn diese bei auffälligen Zonen in Kombination mit Features wie bspw. Fixationsdauer, Fixationsstreuung und Sakkadendauer in Betrachtung gezogen werden. Ähnlich wie bei einem Ermittlungsfall kann der Täter nur dann identifiziert werden, wenn eindeutige Beweise in einer Vielzahl miteinander verglichen und beurteilt werden. Wie bereits in Tab. 3 ist auch in Tab. 5 der Anteil der Blickpositionen von Aufgabe 5 der größte aller Zählungen mit jeweils 43,3 % in Relation zu 200.049 Zählungen in Summe. Im Folgenden soll ein Vergleich der beiden Gruppen erfolgen, inwiefern die Gruppe der Nicht-Schummler besser gestellt ist in ihrer Blickrichtung am Bildschirm.

Art des Bereichs	X – Achse [Pixel]	Y – Achse [Pixel]	Blickpositio- nen	Fixationen
Aufgabe 1				
Links	0 - 330	0 - 1080	1.723	1.374
Rechts	1351 - 1920	0 - 1080	9	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	831 - 1080	746	554
Fragebereich	331 - 1350	141 - 270	3.236	710
Antwortbereich	331 - 1350	360 - 850	11.804	8.582
Summe	-	-	17.518	11.220
Aufgabe 2				
Links	0 - 190	0 - 1080	209	102
Rechts	1690 - 1920	0 - 1080	-	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	820 - 1080	168	-
Fragebereich	190 - 1680	80 - 380	20.770	15.175
Antwortbereich	200 - 1700	450 - 830	8.532	5.874
Summe	-	-	29.679	21.151
Aufgabe 3				
Links	0 - 200	0 - 1080	11	-
Rechts	1520 - 1920	0 - 1080	7	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	800 - 1080	494	362
Fragebereich	260 - 1500	90 - 230	3.220	2.586
Antwortbereich	250 - 1370	360 - 790	30.688	19.607
Summe	-	-	34.420	22.555
Frage 4				
Links	0 - 49	0 - 1080	75	28
Rechts	1871 - 1920	0 - 1080	36	-
Oben links	0 - 250	0 - 400	46	-
Oben rechts	1260 - 1920	0 - 350	434	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	750 - 1080	265	201
Fragebereich	240 - 1270	110 - 250	1.446	28
Antwortbereich	50 - 1850	400 - 680	29.521	19.544
Summe	-	-	31.823	19.801
Frage 5				
Links	0 - 160	0 - 1080	911	174
Rechts	1701 - 1920	0 - 1080	84	-
Rechts oben	1100 - 1920	0 - 180	45	22
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	990 - 1080	1.113	137
Frage a)	200 - 1080	110 - 150	5.318	4.406
Antwortbereich a)	200 - 1700	220 - 760	44.573	29.582
Fragebereich b)	400 - 1440	500 - 570	16.157	10.875
Antwortbereich b)	200 - 1700	650 - 990	18.408	14.355
Summe	-	-	86.609	59.551

Tab. 5.: Verhältnis Blickpositionen zu Fixationen der Gruppe Nicht-Schummler
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

Prinzipiell kann für alle Aufgaben gesagt werden, dass auch die Nicht-Schummler zum Teil Zonen anvisieren, die im Kontext nicht erlaubt sind, d.h. im Regelfall links und rechts, vom oberen Bildschirmrand bis zum unteren Bildschirmrand sowie unterhalb des Antwortbereichs. Dabei ist es meistens nicht vermeidbar, dass nur bestimmte Bereiche am Monitor angeschaut werden und andere wiederum nicht. Der gesamte Bildschirm darf während der Prüfungszeit betrachtet werden und ist zudem auch regelkonform. Wenn allerdings ein deklarerter unerlaubter Bereich merkwürdige Verhaltensweisen wie lange Fixationszeiten, eine hohe Streuung oder kurze Sakkadendauern zu diesem Bereich verzeichnen, dann deutet es mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein Schummelverhalten hin.

In Aufgabe 1 ist wie bereits bei den Schummlern der linke Bereich am dominantesten vertreten und weist keine Unterschiede auf. In Aufgabe 2 ist der unerlaubte Bereich schwächer vertreten als bei den Schummlern, da bspw. rechts keine Blickdatenpunkte festgestellt werden konnten und unterhalb der Antwortzonen keine Fixationen vorkommen. In Aufgabe 3 sind erneut keine Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit zwischen den beiden Gruppen zu erkennen. In Aufgabe 4 haben die Schummler ihre Blickpunkte gleichmäßig über den gesamten Bildschirm verteilt, während die Nicht – Schummler in drei Zonen, nämlich Rechts, Oben links und Oben rechts nicht eine Fixation verzeichnen konnten.

Zusammenfassend sind die Blickdatenpunkte der Nicht – Schummler-Gruppe in ihrer Häufigkeit geringer vertreten und liefern auf den ersten Blick nur wenige Unterschiede. Die Gruppe Nicht-Schummler hat offensichtlich weniger Zonen in denen auch fixiert wurde, da der Fokus nicht über den gesamten Bildschirm verteilt ist, sondern nur in einem bestimmten Bereich. Die Tabelle ist hilfreich um anschließend festzustellen, welche Bereiche genauer untersucht werden müssen und Bereiche, die vernachlässigt werden können. Erst bei genauerer Untersuchung der kritischen Bereiche bei häufiger Zählung in Kombination mit allen anderen Features kann ein klares Gesamtbild der Situation in der Studie festgestellt werden.

In Abb. 10 ist ein Unterschied zur Abb. 8 zu erkennen, da zum Einem die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen schneller sind als bei den Schummlern, und zum Anderen gibt es innerhalb einer Aufgabe keine Unterbrechungen an Datenpunkten. Es wurde die Person "005_Anonymous 15-06-23 15h 12m" untersucht. Die Aufgabe 1, 2, 3 und 5 wurde regulär ohne jegliche Hilfsmittel gelöst und in Abb. 10 dargestellt. Die Aufgabe 4 wird in der Grafik nicht weiter aufgeführt, da die Person in dieser Aufgabe geschummelt hat. Wie bereits in Abb. 8 sind zwei Grafiken abgebildet, die jeweils Gaze Velocity und Gaze Acceleration veranschaulichen. Für die Blickgeschwindigkeit konnte für die Gruppe Nicht-Schummler durchschnittlich ein Wert von 35,3 %/s verzeichnet werden, d.h. im Schnitt ca. 5 %/s schneller als die Schummler.

Das Minimum für die Geschwindigkeit liegt in Aufgabe 1 mit 25 %/s und das Maximum in Aufgabe 3 mit ca. 120 %/s. Die Nicht-Schummler sind schneller in den Augenbewegungen, um schnellstmöglich die Aufgaben zu bearbeiten. Das auffälligste Merkmal liegt in der kontinuierlichen Darstellung der Datenpunkte, worin keine Unterbrechungen stattfinden, d.h. es kommen keine Zeitintervalle vor, indem weder Geschwindigkeit noch Beschleunigung erfasst werden konnte. Dadurch, dass die Nicht-Schummler die Augen länger am Bildschirm bewahrt haben, können auch mehr Datenpunkte bzgl. den Geschwindigkeiten zugeordnet werden.

Für die Blickbeschleunigung ist ebenfalls eine hohe Konsistenz in der unteren Grafik der Abb. 10 zu erkennen, da sich das Intervall von -4.000 bis $+4.000$ erstreckt. Während in Aufgabe 1 und Aufgabe 5 ähnliche Geschwindigkeiten mit wenig Differenz zu der Person der Abb. 8 festgestellt wurden, konnte die Aufgabe 2, 3 und 4 höhere Unterschiede verzeichnen. Sowohl Vorwärts als auch Rückbeschleunigung ist bei der Gruppe ohne Hilfsmittel höher. Die Blickbeschleunigung beschreibt die Änderung der Blickgeschwindigkeit über die Zeit, und da die Gruppe der Nicht-Schummler hohe Blickgeschwindigkeiten für das zügige Lesen und Bearbeiten der Aufgaben benötigen, ändert sich auch diese Geschwindigkeit zunehmend über die Zeit. Die erhöhten Werte der Nicht-Schummler deuten auf abrupte Augenbewegungen hin, welches des Öfteren ein Indiz für das umfangreiche Verständnis der Aufgabe hindeutet. Das strukturierte und schnelle Denken in einer Klausur kann nur dann gegeben sein, wenn von Anfang an mit der Art der Fragestellung bzw. Aufgabentyp gerechnet wurde. Je besser eine Person vorbereitet ist, desto zügiger werden die Fragen gelesen und schneller als Antwort verfasst.

Abschließend lässt sich deuten, dass sowohl Gaze Velocity als auch Gaze Acceleration ein schnelleres Bewegungsmuster der Augen ausstrahlt, in denen die Werte höher sind als bei den Schummlern. Zum anderen ist der Blick länger auf dem Bildschirm gerichtet, da das Auge nicht zwischen Informationen an der Wand oder einem zweiten Bildschirm / externes elektronisches Gerät wechseln muss, sodass die Augen länger am Bildschirm verharren.

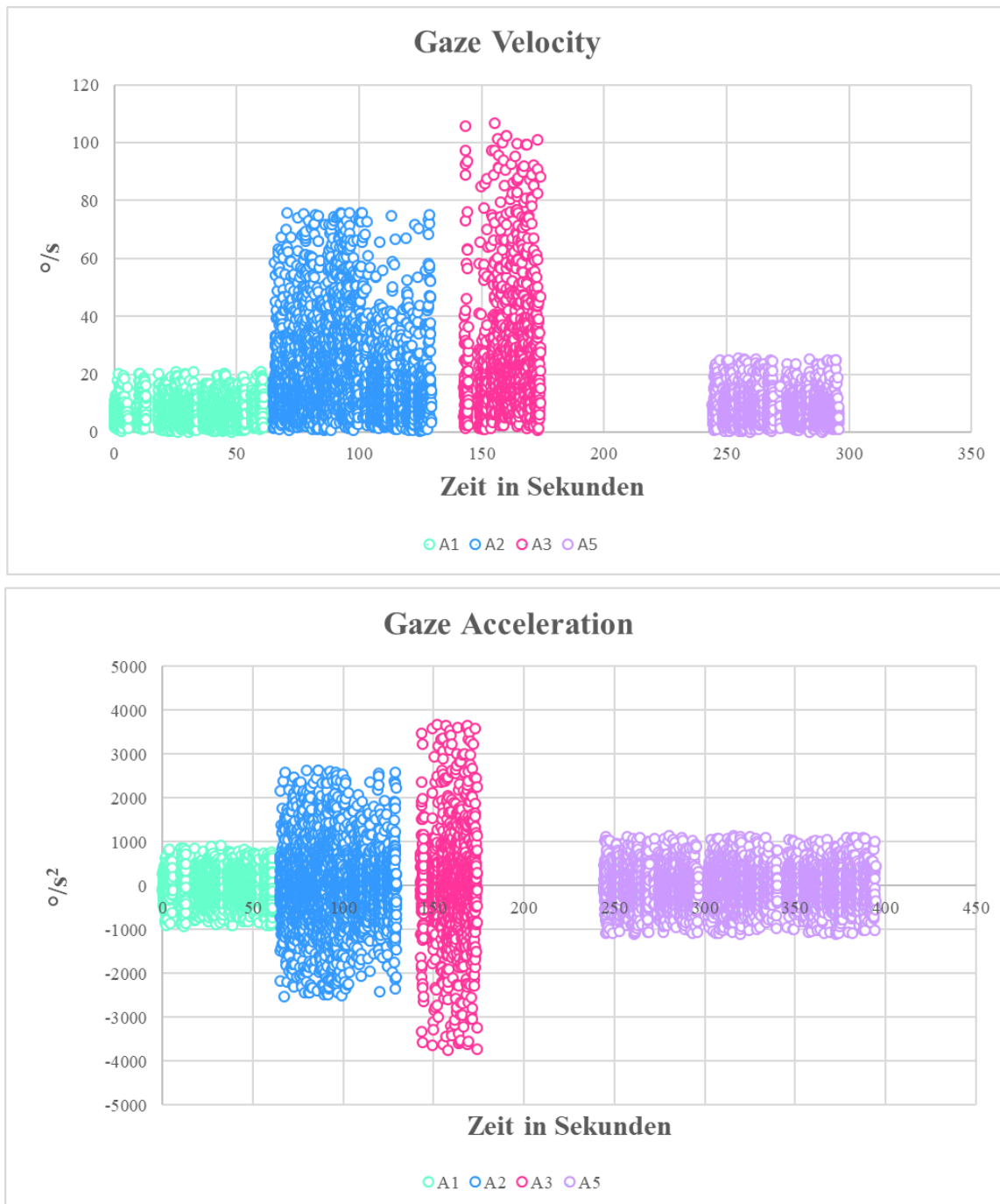


Abb. 10.: Gaze Velocity vs. Gaze Acceleration Gruppe Nicht-Schummler
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

4.1.2.2 Analyse weiterer Features der Gruppe Nicht-Schummler

Für die Nicht-Schummler wurde ebenfalls, wie bei den Schummlern eine Übersicht in Tab. 6 erstellt, die nach Pixelintervallen in erlaubte Zonen (grün) und unerlaubte Zonen (weiß) eingeteilt sind. Dabei sind drei Features für die Betrachtung wichtig, nämlich Fixationsdauer, Streuung der Fixationen sowie Sakkadendauer. Da die Nicht-Schummler grundlegend weniger Zeit für die gesamte Bearbeitungszeit in Anspruch nehmen, fallen dementsprechend die Zeiten für die Fixationsdauer geringer aus.

In Aufgabe 1 wäre nach der Logik von vorhin der linke Bereich als verdächtig einzustufen, da dieser die größte Anzahl an Blickpositionen sowie Fixationen verzeichnet. Die Sakkadendauer ist zum einem bei den Nicht-Schummlern länger als bei den Schummlern. Wenn alle roten verdächtigen Zonen zusammenaddiert werden, so stellt sich heraus, dass die Gruppe der Schummler eine durchschnittliche Zeit von 79,34 ms und die Nicht-Schummler eine Dauer von 88,59 ms verzeichnet. Das liegt daran, dass Schummler den kürzesten Weg zu ihrem Spickzettel suchen, welcher sich in meisten Fällen in der Verdachtszone aufhält.

Die Streuung der Fixationsdauer fällt bei den Nicht-Schummlern ebenfalls geringer aus. Durchschnittlich beträgt die Streuung der Fixationen für alle fünf Aufgaben 0,22 für die Nicht-Schummler und 0,39 für die Schummler, d.h. die Nicht-Schummler waren ruhiger in ihren Augenbewegungen als die Schummler. Die Abweichung der beiden Gruppen beträgt ca. 0,2. Im Großteil der Aufgaben fällt die Streuung in den roten Zonen dennoch geringer aus, obwohl ein Verdacht zu diesem Bildschirmbereich geäußert wird. Dasselbe gilt für die Fixationsdauer, da die Nicht-Schummler weniger Zeit für das Fixieren von Sätzen aufwenden als die Schummler.

Schlussendlich lässt sich anmerken, dass die Gruppe der Nicht-Schummler trotz erhöhten Aufkommen an Blickpositionen und Fixationen, in bestimmten Bildschirmbereichen keine Indizien für ein Täuschungsverhalten liefern, da der umgekehrte Fall zu den Schummlern eintritt. Die Sakkadendauer fällt länger aus, d.h. der kürzeste Weg zu einem Spickzettel oder externer Informationsquelle wird nicht gesucht. Die Fixationsdauer fällt durchschnittlich geringer aus als bei den Schummlern, da anhand der Blickgeschwindigkeit und Blickbeschleunigung bereits festgestellt werden konnte, dass ein zügiger Lese-Stil in der Online-Prüfung bei umfangreichen Vorkenntnissen bevorzugt wird. Dementsprechend fallen die Zeiten für eine Fixationsdauer pro gelesenen Satz ebenfalls geringer aus. Die Streuung der Fixationen ist kleiner, sodass ruhiger und bedachter mit den Augen navigiert wird und keine hektischen Verhaltensmuster auffindbar sind.

Art des Bereichs	X – Achse [Pixel]	Y – Achse [Pixel]	Fixations- dauer [ms]	Streu- ung Fixa- tion	Sakkaden- dauer [ms]
Aufgabe 1					
Links	0 - 330	0 - 1080	313,64	0,35	78,04
Rechts	1351 - 1920	0 - 1080	-	-	83,27
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	831 - 1080	249,75	0,22	65,45
Fragebereich	331 - 1350	141 - 270	239,77	0,24	71,91
Antwortbereich	331 - 1350	360 - 850	301,21	0,40	76,15
Aufgabe 2					
Links	0 - 190	0 - 1080	258,67	0,57	88,05
Rechts	1690 - 1920	0 - 1080	-	-	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	820 - 1080	-	-	92,30
Fragebereich	190 - 1680	80 - 380	310,39	0,31	66,23
Antwortbereich	200 - 1700	450 - 830	328,06	0,43	69,95
Aufgabe 3					
Links	0 - 200	0 - 1080	-	-	133,33
Rechts	1520 - 1920	0 - 1080	-	-	-
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	800 - 1080	362,63	0,22	73,94
Fragebereich	260 - 1500	90 - 230	282,74	0,21	63,84
Antwortbereich	250 - 1370	360 - 790	280,40	0,30	79,85
Frage 4					
Links	0 - 49	0 - 1080	233,34	0,33	82,87
Rechts	1871 - 1920	0 - 1080	-	-	157,33
Oben links	0 - 250	0 - 400	-	-	99,13
Oben rechts	1260 - 1920	0 - 350	329,16	0,22	128,11
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	750 - 1080	359,69	0,24	65,51
Fragebereich	240 - 1270	110 - 250	278,96	0,21	62,72
Antwortbereich	50 - 1850	400 - 680	304,77	0,29	99,18
Frage 5					
Links	0 - 160	0 - 1080	125,06	0,41	143,59
Rechts	1701 - 1920	0 - 1080	-	-	100,26
Rechts oben	1100 - 1920	0 - 180	-	-	99,13
Unterhalb des Antwortbereichs	0 - 1920	990 - 1080	391,47	0,33	133,67
Frage a)	200 - 1080	110 - 150	300,79	0,38	89,27
Antwortbereich a)	200 - 1700	220 - 760	339,38	0,36	79,53
Fragebereich b)	400 - 1440	500 - 570	309,94	0,30	69,61
Antwortbereich b)	200 - 1700	650 - 990	441,30	0,44	90,76

Tab. 6.: Features in verbotenen Zonen Nicht-Schummler

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Landes J. ; Köppl S. und Klettke M. (2024)

4.1.3 Vergleich der Features unter den Gruppen

Um die deskriptive Statistik abzuschließen, werden die wichtigsten Features nochmals aufgegriffen, um daraus eine Erkenntnis zu gewinnen: Die Pupillengröße ist im Rahmen der Studie von allen Features das am wenig Aussagekräftigste, da die Pupillengröße durch Faktoren wie Angst, Unwohlsein, oder Unruhe ausgelöst werden kann. Einen Schummler daran festzumachen könnte schwer werden, da ein Student vor einer Online-Prüfung die Pupillengröße durch viele andere Variablen beeinflussen könnte, wie bspw. eine Überdosis an Kaffee, Überanstrengung, Trennung vom Partner etc.¹⁰² Zum anderen wurde eine Online-Prüfung simuliert mit fünf Aufgaben, welches nur bis zu einem gewissen Grad die Realität widerspiegelt. Eine Person wird in einer Simulation ein anderes Verhalten an den Tag legen, wie wenn es in einer realen Prüfung um alles oder nichts geht. Ein emotionsbedingtes Feature lässt sich schwer bewerten und liefert in der deskriptiven Statistik wenig Kreditabilität. Die Abwesenheit am Bildschirm gemessen in Sekunden zeigt eine höhere Evidenz als die Pupillengröße. Dadurch ist es auffällig, dass alle Schummler insgesamt mehr Zeit pro Aufgabe benötigt haben, und vergleichsweise in der Abwesenheit vom Bildschirm ebenfalls länger benötigt haben als die Nicht-Schummler. Gaze Velocity und Gaze Acceleration zeigen die größten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, obwohl die geringe Differenz im ersten Augenblick auf keinen Unterschied schließen lässt. Die Gruppe Nicht-Schummler weist höhere Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auf als die Gruppe der Schummler. Da Schummler immer die Intention besitzen nicht beim Dozenten in der Prüfung aufzufallen, werden Bewegungen langsamer ausgeführt als üblich. Das lässt sich ebenfalls auf die Vorwärts sowie Rückwärtsbeschleunigung zurückführen, dass Schummler durchschnittlich langsamer sind in den Augenbewegungen. Die Fixationsdauer zeigte besonders in den unerlaubten Zonen am Monitor den wichtigsten Aspekt, dass die Gruppe Schummler in fast jedem Bereich am Bildschirm eine Fixation registrierte und damit auch eine höhere Dauer sowie einhergehende Streuung. Während die Gruppe Nicht-Schummler nicht einen Wert über 500 ms vorweisen kann, hat die Gruppe Schummler mindestens einen Bereich, welcher von der Norm aller anderen Bereiche abweicht und eine hohe Fixationsdauer mit sich bringt. Des Weiteren ist bei dieser Gruppe sichtbar, dass die kritischen Bereiche mit der längsten Fixationsdauer zugleich die höchsten Werte für die Streuung und die kleinsten Werte für die Sakkadendauer besitzt. Aus diesen Erkenntnissen können zwar Rückschlüsse für diese Stichprobe getroffen werden, jedoch nicht für die Grundgesamtheit. Eine Stichprobe ist nur so lange aussagekräftig, wenn diese für die gesamte Population eine Relevanz hat. Im folgenden Kapitel wird die induktive Statistik hinsichtlich Hypothesen getestet, um einen Rückschluss für alle Online-Klausuren mit Eye Tracker zu treffen.

¹⁰² Vgl. (Beatty, 1982)

4.2 Induktive Statistik

Während sich die deskriptive Statistik mit den vorliegenden Daten der 25 Teilnehmer beschäftigt, ergibt sich die induktive Statistik aus der Stichprobe der Grundgesamtheit, d.h. die gesamte Population und nicht nur die Anzahl der Personen aus dem Eye-Tracking Versuch. Es reicht nicht mehr aus die Daten lediglich zu beschreiben, da in diesem Kapitel Annahmen über die Daten getroffen werden, welche entweder beibehalten oder widerlegt werden. Diese Hypothesen werden anhand zahlreicher statistischer Werkzeuge überprüft wie bspw. Varianz, Standardabweichung oder dem Vergleich der Mittelwerte.¹⁰³ Da aus der Gesamtbevölkerung nicht von jeder Person Daten erhoben werden können, ist der Bezug zur Stichprobe von entscheidender Bedeutung. Dabei werden folgende Schritte durchgeführt, um Aussagen über das Schummelverhalten in Online – Prüfungen aufzustellen. Im ersten Schritt wird eine Hypothese getroffen, die entweder richtig oder falsch sein kann. Diese Aussage beinhaltet, dass alle Personen der Grundgesamtheit von dieser Annahme betroffen sind und es keinen Unterschied gibt. Im nächsten Schritt wird die Stichprobe der Grundgesamtheit als Basis hergenommen, in dem Fall die Daten der 25 Teilnehmer des Eye – Tracking Labors der Hochschule Neu-Ulm. Der Hypothesentest überprüft die Annahme über Features der Grundgesamtheit wie bspw. Blickverhalten, Fixationen und Sakkaden anhand der Daten der Stichprobe.¹⁰⁴ Im dritten Schritt wird eine Nullhypothese und eine Alternativhypothese gebildet, d.h. zuerst wird etwas geprüft, dass ein Feature auf eine Situation keinen Effekt erzielt und damit auch keine Wirkung auf die Grundgesamtheit. Da jede Stichprobe unterschiedliche Werte besitzt, und damit im ungünstigsten Fall eine Stichprobe mit starker Abweichung gezogen wird, ist jede Schlussfolgerung kritisch zu betrachten. Ein Unterschied innerhalb einer Stichprobe kann zu falschen Rückschlüssen in der Grundgesamtheit führen. Daher ist es von essenzieller Bedeutung eine Irrtumswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen, welche mit der Hilfe des p-Werts dargestellt wird.¹⁰⁵ Der p-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit einer anderen Stichprobe an, die genauso stark von der Grundgesamtheit abweicht oder gar stärker abweicht als diejenige, die im Labor gemessen wurde, unter der Voraussetzung, dass die Nullhypothese als wahr angenommen wird.¹⁰⁶ Um den Sachverhalt zu verstehen, ist es notwendig den Kern des einseitigen bzw. zweiseitigen t-Tests zu erkennen. Zu erwähnen sei, dass die Stichproben im Rahmen dieser Studie voneinander unabhängig sind, d.h. die Gruppe Schummler hat keinen Einfluss auf die Nicht-Schummler. Grundlegend werden verschiedene Analysetools eingesetzt, um eine Hypothese auszuwerten, darunter der t-Test.

¹⁰³ Vgl. (Wermuth, 2022)

¹⁰⁴ Vgl. (Hasselbusch, 2023)

¹⁰⁵ Vgl. (DATAtabTeam, 2024)

¹⁰⁶ Vgl. (DATAtabTeam, 2024)

Bei einem t-Test wird der Unterschied zwischen Features analysiert, d.h. es werden die Mittelwerte verglichen um anschließend eine Aussage auf die Grundgesamtheit zu treffen. Dabei werden Abweichungen sowie die Streuung um den Mittelwert aufgestellt, um dadurch Informationen über die Hypothese zu erlangen. Da es im Rahmen der Studie von entscheidender Bedeutung ist, die Höhe der Unterschiede festzustellen wird im Regelfall der einseitige/gerichtete t-Test verwendet. (vgl. Abb. 11). Bei einem Signifikanzniveau von 5% ist in der Grafik zu entnehmen, dass 95 % links davon die H0-Hypothese beibehalten. Wenn der p-Wert über halb der 5% liegt, dann darf die Nullhypothese nicht verworfen werden, andernfalls liegt der Wert unter den 5%, dann wird eine Gegenhypothese H1 aufgestellt. Bei ungerichteten t-Tests befindet sich das Signifikanzniveau mit 2,5 % links und 2,5 % rechts, welche die H0-Hypothese ablehnen. Dabei sind 95 % mittig platziert für den Fall, dass die Nullhypothese beibehalten wird. Der zweiseitige t-Test zeigt lediglich auf, dass es einen Unterschied zwischen zwei Gruppen gibt, jedoch nicht wie hoch dieser ist. Daher wird in dieser Forschungsarbeit mit der Aufstellung aller Hypothesen mit dem einseitigen/gerichteten Fall gearbeitet.¹⁰⁷

Es liegen genug Gründe vor, dass es eine Auswirkung gibt und die Stichprobe im Labor kein Zufallsprodukt ist, wenn der p-Wert $\leq 5\%$ beträgt. Wenn der p – Wert unter 5% liegt, dann sind die Daten der Stichprobe mit den Daten der Nullhypothese nicht im Einklang und es muss eine neue Hypothese gebildet werden. Bei Ablehnung der Nullhypothese wird die Alternativhypothese H1 gebildet und die Annahme mit einer Auswirkung geprüft. Ein kleiner p-Wert beweist jedoch nicht automatisch die Kreditibilität der Alternativhypothese, da der kleine p-Wert lediglich angibt, dass es unwahrscheinlich ist eine hohe Abweichung zu anderen Stichproben zu erhalten, wenn die Nullhypothese als wahr angenommen wird.¹⁰⁸ Je kleiner der p-Wert, desto kleiner ist die Übereinstimmung mit der Nullhypothese und wird verworfen. Wenn die Nullhypothese wahr ist, dann gibt es auch keinen Unterschied in der Grundgesamtheit. Ebenso belegt ein hoher p-Wert nicht die Richtigkeit der Nullhypothese, da dieser wieder nur die Wahrscheinlichkeit angibt, ein gleiches oder höheres Ergebnis zu anderen Stichproben zu erhalten, wenn die Nullhypothese als wahr angenommen wird. Je größer der p-Wert, desto höher ist die Übereinstimmung mit der Nullhypothese.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Vgl. (Walther, 2022)

¹⁰⁸ Vgl. (DATAtabTeam, 2024)

¹⁰⁹ E.b.d.

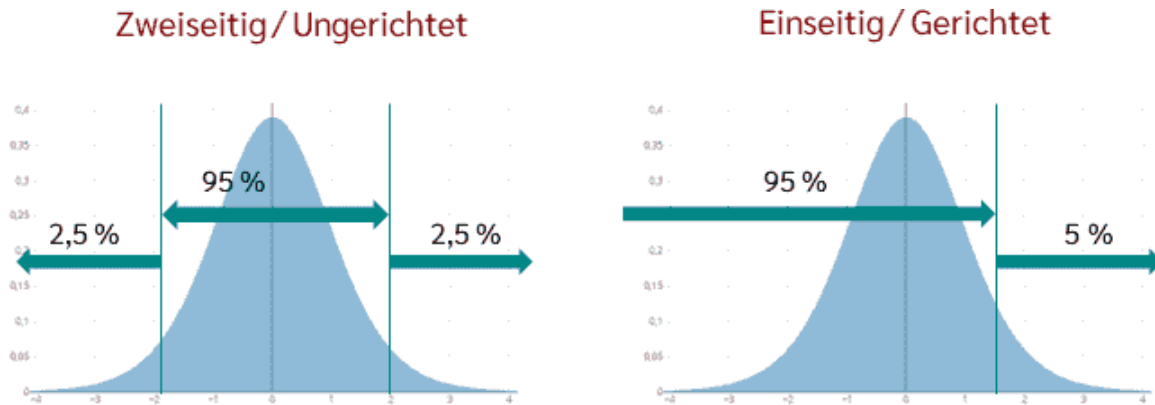


Abb. 11.: Zweiseitiger vs. Einseitiger T -Test
Quelle: Datatab.de (2024)

Es werden folgende Schritte berechnet, um eine Erkenntnis über die Nullhypothese zu verzeichnen: Zunächst werden die Mittelwerte der einzelnen Gruppen gebildet. Im zweiten Schritt wird die Varianz gebildet, welche in meisten Fällen ähnliche Werte besitzen, da ein t – Test nur bei gleichen bzw. ähnlichen Varianzen durchgeführt werden kann. Nach der Berechnung der Varianz wird der Standardfehler berechnet und daraus die Differenz des Standardfehlers. Für die Berechnung des t-Werts fehlen nur noch die Freiheitsgrade, die sich aus $n_1 + n_2 - 2$ für unabhängige Stichproben ergeben.¹¹⁰ AH. 3 (IX) zeigt eine einseitige t-Verteilung, um den kritischen t-Wert zu erhalten. Bei einem Alpha-Niveau von 0,05 wird in der Spalte 0,95 abgelesen und die Freiheitsgrade jeweils in der Spalte *df*. Die Zusammenstellung dieser beiden Werte formt den kritischen t-Wert, welcher für die Ablehnung der Nullhypothese nicht größer als der berechnete t-Wert sein darf. Je größer der berechnete t-Wert aus den Mittelwerten und Standardabweichungen, desto kleiner wird der p-Wert und die Nullhypothese wird wahrscheinlich abgelehnt. Je kleiner der berechnete t-Wert, desto wahrscheinlicher ist es eine Stichprobe zu erhalten, die von der vorhandenen abweicht und ein Ablehnungsbereich rechtsseitig kann nicht mehr erzielt werden.¹¹¹ Abschließend gelten folgende Punkte, die bei der Auswertung von Hypothesen entscheidend sind. Wenn die Gegenhypothese H_1 fälschlicherweise angenommen wird, obwohl die Nullhypothese H_0 gilt, dann ist die Rede vom α – Fehler 1. Art. Umgekehrt kann eine H_0 – Hypothese fälschlicherweise angenommen werden, obwohl die Alternativhypothese H_1 gilt, dann liegt ein β – Fehler 2. Art vor.¹¹² Nachfolgend werden 5 verschiedene Hypothesen bzgl. des Forschungsthemas getestet.

¹¹⁰ Vgl. (DATAtabTeam, 2023)

¹¹¹ E.b.d.

¹¹² Vgl. (minitab.com, 2024)

4.2.1 Hypothese zur Fixationsdauer

H₀: *Die durchschnittliche Fixationsdauer außerhalb des Aufgaben und Fragebereichs unterscheidet sich bei Schummlern um exakt 30% von den Nicht-Schummlern.*

Für die Nullhypothese wird die Annahme getroffen, dass es zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der durchschnittlichen Fixationsdauer außerhalb des Aufgaben und Fragebereichs der Unterschied 30% beträgt. Da es in der Stichprobe zu einem Unterschied kommen kann, gilt es zu prüfen, ob es für die Grundgesamtheit ebenfalls zutrifft. Im ersten Schritt wird für jede Nullhypothese innerhalb eines t-Test die Annahme getroffen, dass es keinen Unterschied in der Grundgesamtheit gibt. In der Stichprobe kann mit großer Sicherheit ein Unterschied festgestellt werden. Für die Analyse wurde ein ungepaarter t-Test für unabhängige Stichproben verwendet, um einen Vergleich zwischen Schummler und Nicht-Schummler sicherzustellen. Ein t-Test gibt an, inwiefern es einen signifikanten Unterschied zweier Gruppen gibt.

Da die Nicht – Schummler nicht in jedem Bereich am Bildschirm eine Fixation ausgelöst haben, fallen diejenigen Werte raus, die bei den Schummlern eine Fixationsdauer vorzeigen können. Wenn bspw. die Schummler im Bereich (1351 – 1920 Pixel vertikal) und (0 – 1080 Pixel horizontal) eine Dauer von 233,16 ms vorweisen können, jedoch bei den Nicht-Schummlern keine Dauer erfasst wurde, dann wird die Zeile für die Auswertung des t-Test ausgelassen, da Werte nur dann verglichen werden können, wenn beide Gruppen in der jeweiligen Zone mit den Augen fixiert haben. Anhand des Mittelwertes konnten in der Stichprobe folgende Ergebnisse erzielt werden, nämlich 326,04 ms für die Schummler und 291,49 ms für die Gruppe der Nicht-Schummler. Da die Varianzen zwischen den Gruppen weit auseinander liegen, kommt der Welch – Test bei ungleichen Varianzen zum Einsatz. Je kleiner der berechnete t-Wert, desto unwahrscheinlicher wird es die Nullhypothese zu verwerfen. Damit ergibt sich ebenfalls ein hoher kritischer t-Wert aus der Tabelle (vgl. AH. 3) mit dem einseitigen t-Test bei einem Wert von 1,81, welcher zugleich eine höhere Irrtumswahrscheinlichkeit (p - Wert) von 0,33 mit sich bringt. Diese Wahrscheinlichkeit gibt an, dass eine Stichprobe zu ca. 33% gezogen wird, welche entweder gleich oder noch mehr von der vorliegenden Stichprobe abweicht. Das Signifikanzniveau liegt im Regelfall bei 5% und liefert die Information, ob die Nullhypothese abgelehnt wird. Da der berechnete p-Wert überhalb des Signifikanzniveaus α liegt, darf die H₀-Hypothese im t-Test nicht abgelehnt werden. Bei der Differenz der Stichprobe mit 11,85% Unterschied aus der Stichprobe konnte keine statistische Signifikanz festgestellt werden, sodass in diesem Fall die Nullhypothese nicht abgelehnt werden darf.

Auch bei einer Differenz von 30 % der Durchschnittswerte der beiden Gruppen, konnte keine statistische Signifikanz festgestellt werden, da der p – Wert $0,14 > 0,05$ beträgt. Obwohl aus der Stichprobe lediglich 11,85 % gemessen wurde, und die Nullhypothese 30 % Differenz voraussetzt, und damit die Hypothese nicht verworfen werden dürfte, ist es dennoch kein Indiz, dass diese Hypothese als wahr anzuerkennen ist. Es liegen nicht genügend evidente Daten vor, um das Gegenteil zu beweisen. Um im t – Test eine Ablehnung der Nullhypothese zu gewährleisten, müssten die durchschnittlichen Differenzen höher sein, nämlich mindestens eine Abweichung in Höhe von ca. 170 ms statt den bisherigen 34,55 ms. Der t -Test gibt lediglich an, inwiefern ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten vorliegt. Dieser muss entsprechend groß sein, damit eine Gegenhypothese für die Grundgesamtheit formuliert werden kann. Zusammenfassend kann behauptet werden, dass der t - Test ein Spektrum an Kennzahlen bietet, um festzustellen, inwiefern eine statistische Signifikanz zweier Gruppen vorliegt. In der vorliegenden Stichprobe können weder hohe Differenzen mit statistischer Signifikanz noch die Sicherheit für Ziehung ähnlicher Stichproben festgestellt werden. Dennoch werden im folgenden Abschnitt die Fehlerarten berechnet, um zu überprüfen, wie wahrscheinlich es sein kann eine Hypothese anzunehmen oder abzulehnen.

Der α -Fehler 1. Art kann maximal die Wahrscheinlichkeit des Signifikanzniveaus α erreichen. Die Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese fälschlicherweise abzulehnen und die H_1 -Hypothese anzunehmen, liegt damit maximal bei der Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 5\%$.¹¹³ Dabei ist es wichtig einen Annahme und Ablehnungsbereich zu formulieren, welcher weitere Informationen über die Wahrscheinlichkeit liefert, den Ablehnungsbereich zu erreichen. Der α und β – Fehler sind Werkzeuge, um die Risikowahrscheinlichkeit anzugeben eine Hypothese fälschlicherweise anzunehmen oder gar zu verwerfen. Für $n = 25$, $p = 0,3$ und ein maximales $k = 3$ (bei 3 Personen kumuliert liegt der Bereich $< 5\%$) wurde der Ablehnungsbereich $[0;3]$ und der Annahmehbereich $[4;25]$ Personen mit Hilfe der kumulierten Binomialverteilung $B(n, p, k)$ gebildet. Die Wahrscheinlichkeit für $P(X \leq 3)$ den Ablehnungsbereich zu erreichen liegt bei 3,32 %, d.h. die Nullhypothese zu verwerfen, es gäbe eine Abweichung von exakt 30 %.

¹¹³ Vgl. (Hemmerich, 2016)

H1 – Hypothese: Die durchschnittliche Fixationsdauer der Schummler außerhalb des Aufgaben- und Fragebereichs unterscheidet sich um weniger als 30 % von den Nicht-Schummlern.

Der β – Fehler 2. Art muss in dieser Hypothese getestet werden, da die Nullhypothese fälschlicherweise angenommen werden könnte, obwohl die Gegenhypothese wahr ist. In der Stichprobe der 25 Teilnehmer ergibt sich ein Unterschied in Höhe von 11,85 % und damit kleiner als 30%. Der β – Fehler gibt die Wahrscheinlichkeit an im Annahmehereich zu landen, d.h. diejenige Hypothese anzunehmen, welche die wirkliche Trefferwahrscheinlichkeit besitzt.¹¹⁴ Für $n = 25$, $p = 0,1185$ mit $P(X \geq 4)$ mit $1 - P(X \leq 3)$ ergibt eine Wahrscheinlichkeit in Höhe von 34,35 % den Annahmehereich zu erreichen und damit die Hypothese fälschlicherweise anzunehmen.

4.2.2 Hypothese zu Gaze Velocity

H0: Die durchschnittliche Blickgeschwindigkeit zeigt einen Unterschied zwischen Schummlern und Nicht-Schummlern größer oder gleich 20%.

In der Nullhypothese wird die Aussage getroffen, dass es zwischen der Gruppe der Schummler und Nicht-Schummler einen Unterschied hinsichtlich der Blickgeschwindigkeit in Höhe von 20% gibt. Für die Grundgesamtheit gilt die Annahme, dass kein Unterschied vorliegt und die Werte in der Stichprobe zufällig entstanden sind. Dies gilt es zu überprüfen und durch Ablehnung der Nullhypothese zu widerlegen, um einen Rückschluss auf die Grundgesamtheit zu treffen.¹¹⁵ Es wurden jeweils die Durchschnittswerte je Gruppe berechnet und am Ende konnten folgende Werte festgestellt werden: Für die Gruppe der Schummler eine Blickgeschwindigkeit in Höhe von 30,2 °/s und für die Gruppe der Nicht-Schummler 35,3 °/s, d.h. in der Stichprobe waren die Schummler in ihren Augenbewegungen um ca. 5 °/s langsamer als die Gruppe der Nicht-Schummler. Da die Nullhypothese immer davon ausgeht, dass der Unterschied in der Stichprobe zufällig entsteht, ist vorerst davon auszugehen, dass es in der Grundgesamtheit weiterhin keinen Unterschied gibt. Zunächst wird die Varianz gebildet, d.h. der Abstand der Mittelwerte. Das Ergebnis bei den Schummlern ist 122,9 und bei den Nicht-Schummlern 109,4. Wie vermutet haben beide Varianzen ähnliche Werte, sodass ein solcher Test bei ähnlichen Varianzen durchgeführt werden kann. Im nächsten Schritt wird der Standardfehler mit Hilfe der ausgerechneten Varianzen für beide Gruppen gebildet. Bei fünf Aufgaben, wurden jeweils fünf Durchschnittswerte für Gaze Velocity erfasst, wodurch $n = 5$ in diesem Fall entspricht. Nach Anwendung der Formel aus AH. 2 (VIII) konnte der Standardfehler für beide Gruppen berechnet werden.

¹¹⁴ Vgl. (Mayerhoffer, 2020)

¹¹⁵ Vgl. (Solis, 2022)

Durch den Blick in die Tabelle aus AH. 3 (IX) ergibt sich der kritische t-Wert mit 1,86. Zu guter Letzt kann der t-Wert berechnet werden, um zu prüfen, inwiefern die Nullhypothese verworfen oder beibehalten werden darf. Anhand der Differenz der beiden Mittelwerte sowie die Division durch den gepoolten Standardfehler ergibt sich der Wert 0,75. Da $0,75 < 1,86$ mit einem p-Wert $= 0,237 > 0,05$ darf die Nullhypothese nicht verworfen werden. Für die Vermutung es gäbe dennoch einen Unterschied in Höhe von 20%, so ergibt sich ein p-Wert von ca. 0,06 und bei einem tatsächlichen Unterschied aus der Stichprobe in Höhe von 5,1 % (17 %) ergibt sich immer noch ein p-Wert von 0,08. Da 8% nach wie vor überhalbhalb von $\alpha = 5\%$ liegt, kann hier nicht mit hoher Sicherheit gesagt werden, dass es in der Blickgeschwindigkeit zwischen der Gruppe der Schummler und Nicht-Schummler einen signifikanten Unterschied in der Grundgesamtheit gibt, da die Stichprobe zufällige Ergebnisse zeigen könnte. Im Regelfall dürfte die Nullhypothese nicht verworfen werden. Selbst bei einem Unterschied von 25% der beiden Gruppen darf bei einem p-Wert von 0,054 nicht von einer statistischen Signifikanz ausgegangen werden. Für den Fehler 1. Art wird erneut die Wahrscheinlichkeit berechnet den Ablehnungsbereich zu erreichen, d.h. die Nullhypothese mit $p \geq 20\%$ zu verwerfen. Aus den Ergebnissen konnte folgendes festgestellt werden, dass mit $B(n, p, k)$ für $n=25$, $p=0,2$ und einem maximalen $k=8$ gilt. Der Annahebereich erstreckt von $[0;8]$ und der Ablehnungsbereich im Intervall $[9;25]$ bei einem rechtsseitigen Test. Mit einer Wahrscheinlichkeit im Ablehnungsbereich für H_0 zu landen für die Annahme es gäbe eine 20 %-ige oder noch höhere Abweichung zwischen der Gruppe der Schummler und Nicht-Schummler liegt für $P(X \geq 9) = 1 - P(X \leq 8) = 1 - 0,9532 = 0,0468$ also ca. 4,68 % einen Fehler 1. Art zu begehen.

H1: *Die durchschnittliche Blickgeschwindigkeit zeigt einen Unterschied zwischen Schummlern und Nicht-Schummlern kleiner oder gleich 20%.*

Der Fehler 2. Art trifft eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese H_0 fälschlicherweise anzunehmen, obwohl diese falsch ist. Die Gegenhypothese hat die Vermutung, dass es weniger als 20 % Abweichung in der Gaze Velocity gibt. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit für den Annahebereich eines linksseitigen Hypothesentests zu berechnen, da es in der Stichprobe weniger als 20 % sind. Nach gleichem Vorgehen ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit in Höhe von 98,22 % im Annahebereich $[0;8]$ zu landen, d.h. die Hypothese mit $p = 0,17$ fälschlicherweise anzunehmen es gäbe einen Unterschied kleiner als 20%. Anhand der Ergebnisse ist eine Tendenz einer Abweichung im Bereich von ca. 20% wie in der Stichprobe zu erkennen, da die Gruppe der Schummler langsamer in der Blickgeschwindigkeit ist, um möglichst unauffällig zu bleiben. Jedoch zeigt die Nullhypothese keine eindeutige statistische Signifikanz und benötigt daher weitere Stichproben oder einen größeren Stichprobenumfang, um eine finale Aussage treffen zu können.

4.2.3 Hypothese zur Dauer außerhalb des Bildschirms (\neq Gaze X/Y und \neq Fixation X/Y)

H0: *Die durchschnittliche Zeit abseits des Bildschirms ist bei den Schummlern um exakt 20 % länger als bei den Nicht-Schummlern*

Für die Nullhypothese wird die Behauptung aufgestellt, dass sich die Augen der Schummler um 20% länger abseits des Bildschirms aufhalten. Dabei wird erneut der t-Test für ungleiche Varianzen verwendet, womit folgende Werte ermittelt werden konnten: Bei Einbezug der Nullhypothese von 20% Abweichung liegt der berechnete t-Wert über halb des kritischen t-Werts, da $3,27 > 1,89$ und der p-Wert mit $0,006 < 0,05$. Da sowohl der berechnete t-Wert als auch der p-Wert statistische Signifikanz zeigen, darf die Nullhypothese abgelehnt werden. Dadurch, dass es in der Stichprobe eine höhere Abweichung gibt, darf die Nullhypothese verworfen werden und eine Alternativhypothese aufgestellt werden, dass die Abweichung größer als 20% beträgt. Zuvor wird der Fehler 1. Art geprüft, d.h. eine Nullhypothese fälschlicherweise zu verwerfen, obwohl diese wahr ist. Bei $n = 25$ Teilnehmern und zu einem $p = 0,2$ kann maximal das Signifikanzniveau $\alpha \leq 5\%$ erreichen. Damit kann festgestellt werden, dass Schummler zu einem Wert von 20% eine längere Dauer abseits des Bildschirms aufwenden, mit einer 5 % -igen Wahrscheinlichkeit im Ablehnungsbereich landen, um diese Hypothese fälschlicherweise zu verwerfen.

H1: *Die durchschnittliche Zeit abseits des Bildschirms ist bei den Schummlern größer als 20% im Vergleich zu den Nicht-Schummlern*

In der Stichprobe ist bereits hervorgegangen, dass die Abweichung größer als 20% beträgt, d.h. es wird rechtsseitig getestet, da die Vermutung besteht, dass die Grenze mit 20% zu klein ist. Mit einem $p > 20\%$ und einer tatsächlichen Abweichung in Höhe von 28,4% liegt auch hier ein p-Wert $< 0,05$ vor. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass sowohl für die 20% Grenze als auch für die Grenze in der Stichprobe die Werte nicht dem Zufall überlassen sind, sondern Beweise liefern, die wiederum einen Rückschluss auf die Grundgesamtheit liefern. Das Indiz bestätigt sich dadurch, da Schummler ihren Blick abseits des Bildschirms wenden müssen, um Informationen per Spickzettel oder externe Geräte wie z.B. ein Handy zu sammeln. Bei $n = 25$ Teilnehmern und einem $p > 0,2$ zu einem tatsächlichen $p = 0,284$ konnte folgender Annahme und Ablehnungsbereich ermittelt werden. Mit Hilfe der kumulierten Binomialverteilung mit $A = [0; 11]$ und $\bar{A} = [12; 25]$. Für $P(X \leq 11) = 97,05\%$, d.h. diese Zahl beschreibt Wahrscheinlichkeit einen Fehler 2. Art zu begehen, also die Nullhypothese zu schnell anzunehmen, obwohl diese falsch ist.

4.2.4 Hypothese zur Verweildauer im Fragebereich

H₀: *Die durchschnittliche Verweildauer im Fragebereich unterscheidet zwischen Schummlern und Nicht-Schummlern um exakt 10%*

In dieser Hypothese wurde die Aufgabe 1 für die Bewertung nicht berücksichtigt, da der Satz auf der einen Seite knapp formuliert ist, zum anderen beherbergt der Satz das Signalwort „kapazitives Touchscreen“, welches mit Leichtigkeit von jeder Gruppe fixiert wird, ohne dabei den Rest der Frage gelesen zu haben. Eine wichtigere Rolle spielt dabei die Aufgabe 2 bis 5, da mehr Denkleistung verlangt wird. Des Weiteren besitzen diese Aufgabentypen ein größeres Textvolumen, wodurch die Schummler sich auf unterschiedliche Areale der Frage konzentrieren im Vergleich zu den Nicht – Schummlern. Dies spiegelt sich ebenfalls in der Dauer wider, da die Gruppe der Schummler ihre Augenposition weniger im Fragebereichen aufhalten als die Nicht-Schummler.

Während Schummler auf Signalwörter achten, um schnellstmöglich die Antwort im Spickzettel nachzulesen, konzentrieren sich die Nicht-Schummler auf die Frage, um so wenig wie möglich zu überlesen. Für die folgende Hypothese besteht die Annahme es gibt einen 10% -igen Unterschied innerhalb beider Gruppen hinsichtlich der Fixationsdauer im Fragebereich. Dabei wurden die einzelnen Mittelwerte für die Fixationsdauern in den einzelnen Fragebereichen gebildet und am Ende zu einem Durchschnittswert je Gruppe zusammengefasst. In diesem Fallbeispiel wird nur die Fixationsdauer betrachtet, und mit den zwei Gruppen untereinander verglichen. Die Gruppe der Schummler konnte einen Durchschnittswert in Höhe von 307,48 ms und die Gruppe der Nicht-Schummler eine Dauer von 370,71 ms für den Fragebereich verzeichnen. Wie bereits erwartet sind die Schummler weniger an der Frage in der Aufgabenstellung interessiert, da die Aufmerksamkeit fremder unerlaubter Quellen gewidmet ist. Dadurch fällt die Dauer dementsprechend weniger aus als bei den Nicht-Schummlern. Bei einer Differenz von 10% der beiden Mittelwerte kann keine statistische Signifikanz festgestellt werden, d.h. der berechnete p-Wert ist größer als 5% und daher groß genug um zu behaupten, dass die Werte zufällig entstanden sind. Für den Fehler 1. Art kann ein Fehler bis maximal dem Signifikanzniveau $\alpha \leq 5\%$ auftreten, d.h. die Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese fälschlicherweise zu verwerfen, obwohl diese wahr ist. Für den Annahmebereich $A = [0;4]$ und dem Ablehnungsbereich $\bar{A} = [5;25]$ kann für die Gegenhypothese folgendes formuliert werden.

H1: *Die durchschnittliche Verweildauer im Fragebereich unterscheidet sich zwischen Schummelern und Nicht-Schummelern um mehr als 10%.*

Da aus der Stichprobe ein Unterschied in Höhe von 17 % hervorgegangen ist, wird die Gegenhypothese auf statistische Signifikanz geprüft. Da für 10% bereits keine statistische Signifikanz festgestellt werden konnte, ist davon auszugehen, dass die 17 % in der Stichprobe per Zufall entstanden sind. Bei einem p-Wert von $0,15 > 0,05$ kann kein Rückschluss auf die Grundgesamtheit getroffen werden, d.h. die Wahrscheinlichkeit ist zu hoch eine Stichprobe zu ziehen mit größerer oder gleicher Abweichung. Die Hypothese fälschlicherweise anzunehmen, dass es mehr als 10% Abweichung sind und die Nullhypothese abzulehnen liegt bei einer Wahrscheinlichkeit mit $P(X \leq 4)$ bei 57,1%. In diesem Fallbeispiel reicht es nicht aus die Stichprobe zu analysieren, da mehrere Stichproben andere Ergebnisse liefern könnten. Um den p-Wert in Zukunft öfters vernachlässigen zu können, müsste eine größere Stichprobe gewählt sein, sowie eine Untersuchung in mehreren Studien durchgeführt werden.

4.2.5 Hypothese zu Blickwechsel

H0: *Es besteht kein Unterschied in der Häufigkeit von Blickwechseln zwischen dem Fragebereich und anderen Bereichen des Monitors zwischen Schummelern und Nicht-Schummelern*

Für die Ermittlung der Daten wurde für jede Aufgabe ein Prüfsystem integriert, wodurch der Wechsel zwischen Fragebereich und anderen Bereichen am Monitor getrennt wurde. Wenn Gaze X und Y den Fragebereich erreicht haben, so wird dieser in dem Zeitstempel mit einer 1 erfasst. Alle anderen Bereiche, die nicht zur Frage gehören werden mit einer 0 gekennzeichnet.¹¹⁶ Die einzige Ausnahme bildet Aufgabe drei und vier, da in dieser Hypothese der Fragebereich so markiert wurde, sodass dieser den größten Leseanteil einnimmt, sowie die größte Denkleistung erfordert. Da diese zwei Aufgaben den größten Bestandteil an Buchstaben im Ankreuzbereich einnehmen, ist der ursprüngliche Antwortbereich der neue Fragebereich. Die Vermutung besteht darin, dass Schummler ihre Augen häufiger zwischen Ankreuzbereich und anderen Bereichen am Bildschirm wechseln wie zuvor mit der Position der ursprünglichen Frage „Bitte kreuzen Sie eine Antwort an“ oder „Bitte kreuzen Sie mehrere Antwortmöglichkeiten an“. In Aufgabe 1, 4 und 5 bleibt die Position des Fragebereichs wie gehabt. Eine Zählung als Wechsel gilt nur dann, wenn ein Wechsel von 0 auf 1 oder von 1 auf 0 vorliegt. Wenn bspw. der Wechsel wie folgt aussieht: 0, 1, 0 dann liegen genau zweimaliges Wechseln zwischen dem Fragebereich und anderen Regionen am Bildschirm vor.

¹¹⁶ Vgl. (microsoft.com, o.J.)

Aus den Mittelwerten konnten folgende Ergebnisse erzielt werden, nämlich 6.198-mal für die Gruppe der Nicht-Schummler und 13.875-mal für die Gruppe der Schummler. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass der Mittelwert die geringere Datenanzahl der Nicht-Schummler nicht umfangreich berücksichtigt, d.h. die Abweichung in der Stichprobe in Höhe von 55,3% könnte bei einer Ziehung von anderen Stichproben bei gleicher Menge an Daten der beiden Gruppen kleiner ausfallen.¹¹⁷ Der Bereich der Abweichung könnte dabei zwischen 20 bis 50% liegen. Im nächsten Schritt ist es von essenzieller Bedeutung einen t-Test bei ungleichen Varianzen durchzuführen, um bzgl. statistischer Signifikanz zu prüfen. Mit einem berechneten t-Wert in Höhe von 2,04, welcher größer ist als der kritische t-Wert von 1,85 darf von einer statistischen Signifikanz ausgegangen werden, d.h. der Unterschied ist groß genug, um einen Rückschluss auf die Gesamtbevölkerung zu treffen. Der p-Wert ist kleiner als das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ mit 0,037. Die Wahrscheinlichkeit eine Stichprobe zu ziehen, welche extremer ausfällt als diese liegt unter 5 %. Damit darf die Nullhypothese mit der Aussage es gäbe beim Wechseln zwischen Fragebereich und anderen Bereichen am Monitor zwischen den zwei Gruppen keinen Unterschied, verworfen werden. Einen Fehler 1. Art zu begehen, liegt erneut bei $\leq 5 \%$, d.h. die Nullhypothese fälschlicherweise zu verwerfen, obwohl diese richtig ist. Die berechnete Wahrscheinlichkeit ist allerdings nicht damit gleichbedeutend, dass die Aussage der Nullhypothese wahr ist.

H1: *Die Häufigkeit an Blickwechsel im Fragebereich und anderen Bereichen am Monitor ist bei der Gruppe der Schummler um 50% höher als im Vergleich zu der Gruppe der Nicht-Schummler*

Mit der Ablehnung der Nullhypothese darf der Stichprobe Glauben geschenkt werden, da es naheliegend ist, dass Schummler häufigere Wechsel zwischen dem Fragebereich und dem Rest des Bildschirms vornehmen als die Nicht-Schummler. Der Annahmebereich A liegt bei [0;17] und der Ablehnungsbereich bei [18;25] Personen. Im nächsten Schritt wird folgende Annahme formuliert, sodass gilt: $p < 0,5$ und $p_1 > 0,5$ aus der Stichprobe. Für $P(X \leq 17)$ mit $p = 0,553$ liegt die Wahrscheinlichkeit für $p < 0,5$ beizubehalten, obwohl die Gegenhypothese mit $p = 0,553$ richtig ist bei 93,23 %. Die Tendenz für einen Unterschied bei gleicher Datengröße ist tendenziell unter 50 % zu erwarten, da bei gleicher Anpassung der Datenanzahl die beiden Gruppen ausgeglichener sind als in der Stichprobe.

¹¹⁷ Vgl. (Sibbertsen & Lehne, 2021)

4.3 Ergebnisse der Hypothesen

Durch das Aufstellen der Hypothesen konnten zahlreiche Features hinsichtlich der Gesamtpopulation getestet werden. Das Ziel jeder Hypothese besteht darin einen großen Unterschied in der Stichprobe festzustellen, sodass zum einem eine statistische Signifikanz vorliegt, und zum anderen die berechnete Wahrscheinlichkeit unter dem Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$ liegt. Diese Umstände ermöglichen es sicherzustellen, dass die Werte in der Stichprobe nicht per Zufallsprinzip entstanden sind, sondern die Indizien einen Bezug auf alle Stichproben der gesamten Welt haben. Im Rahmen der Arbeit, wurden insgesamt fünf Hypothesen verfasst, die alle unterschiedlich zu bewerten sind. Innerhalb dieser fünf Hypothesen konnte in nur zwei der fünf Hypothesen eine statistische Signifikanz festgestellt werden.

In der ersten Hypothese wurde die Vermutung getroffen, dass Schummler länger außerhalb des Frage und Antwortbereichs fixieren. Da die Abweichung lediglich 34,55 ms statt den geforderten 170 ms betrug, konnte keine statistische Signifikanz verzeichnet werden. Der p-Wert ist weit von der 5% Grenze entfernt und daher darf die Nullhypothese nicht verworfen werden.

In der zweiten Hypothese gilt die Annahme, dass Schummler eine geringere Blickgeschwindigkeit haben, was darauf zurückzuführen ist, dass diese weniger Verdacht bei den Dozenten erregen möchten. Diese Hypothese zeigt zwar im ersten Moment keine statistische Signifikanz, da der p-Wert in der Stichprobe 8% beträgt und damit größer als 0,05. Beim genaueren Hinsehen beträgt die Abweichung in der Stichprobe ca. 5%/s, d.h. der Unterschied ist nicht groß genug, um einen Rückschluss auf die gesamte Population zu treffen. Bei einer hypothetischen Differenz von 20% der Mittelwerte bewegt sich der p-Wert zwischen 0,06 und 0,08, also nahe an dem Signifikanzniveau α . In der Stichprobe betrug der Unterschied 17%. Diese Hypothese gilt es in Zukunft durch weitere Stichproben zu analysieren und bspw. durch größere Stichproben zu untersuchen. Die Behauptung es gäbe keinen Unterschied könnte man hierbei zu schnell treffen, da die Unterschiede nicht groß genug sind. Bei weiteren Stichproben mit verschiedenen Bedingungen der Umstände ist ein besseres Ergebnis in Aussicht.

In der dritten Hypothese wird die Annahme getroffen, dass Schummler ihre Blicke einer längeren Dauer außerhalb des Bildschirms unterziehen, d.h. wo weder Gaze X/Y und Fixation X/Y registriert wurde. Durch einen p-Wert $< 0,05$ liegt eine statistische Signifikanz vor, d.h. mit einem Unterschied in der Stichprobe von 28% darf die Nullhypothese verworfen werden, und die Annahme getroffen werden, es gäbe einen Unterschied, der größer als 20% ist. Damit kann ein Rückschluss getroffen werden, dass bei Ziehungen weiterer Stichproben der gleiche oder zumindest ein ähnlicher Effekt eintritt.

In der vierten Hypothese wurde die Verweildauer im Fragebereich getestet, dass die Schummler ihre Zeit weniger im Fragebereich verbringen im Gegensatz zu den Nicht-Schummlern, da die Vermutung darin besteht, dass diese ihre Aufmerksamkeit länger im Fragebereich konzentrieren. Aus der Differenz der Stichprobe liegt die Wahrscheinlichkeit eine Stichprobe zu ziehen, welche mehr als von der gewählten abweicht bei $1/3$. Die Nullhypothese zeigt damit, dass kein Rückschluss zur Gesamtbevölkerung getroffen werden darf, dass Nicht-Schummler mit ihren Augen länger im Fragebereich fixieren als die Schummler.

Die letzte Hypothese zeigte eine statistische Signifikanz auf, dass Schummler häufiger den Blick zwischen Fragebereich und anderen Bereichen am Monitor wechseln. Trotz Überzahl an Daten der Schummler im Vergleich zu den Nicht-Schummlern, zeigen die einzelnen Mittelwerte ein Indiz für die Grundgesamtheit. Die Wahrscheinlichkeit eine Stichprobe zu ziehen, welche von der vorliegenden abweicht liegt unter 5% und daher statistisch signifikant. Damit kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Ziehung jeder weiteren Stichprobe ein ähnliches Muster der Blickwechsel zwischen den genannten Bereichen vorliegt.

Abschließend lässt sich argumentieren, dass die Hypothesen Indizien für die Grundgesamtheit liefern. Allerdings sollte dem p – Wert nicht zu schnell Glauben geschenkt werden, da eine Hypothese zu schnell angenommen oder verworfen werden kann. Daher ist es von essenzieller Bedeutung den Stichprobenumfang zu erhöhen, da sich dadurch ein besseres Muster ableiten lässt.¹¹⁸ Zum anderen sollte die Häufigkeit der Durchführung der Studien erhöht werden um aus Vermutungen eine Behauptung, und aus Behauptungen Fakten zu schaffen. Für eine umfangreiche Betrachtung ist es wichtig, nicht nur den p-Wert zu bewerten, sondern diesen ins Verhältnis zu anderen statistischen Werkzeugen zu stellen, wie bspw. Konfidenzintervalle oder die Bayes 'sche Statistik.¹¹⁹ Obwohl der Fokus dieser Arbeit sich auf den p-Wert konzentriert hat, können andere statistische Methoden für zukünftige Studien neue Perspektiven aufzeigen. Mit dem Satz von Bayes kann bspw. die bedingte Wahrscheinlichkeit berechnet werden, in dem mit historischen Daten aus anderen Studien zur Bekräftigung der Evidenz verwendet werden. Statt sich nur auf die Häufigkeiten und Hypothesen zu konzentrieren, liefert die Kombination anderer Studien und Wahrscheinlichkeiten neue Erkenntnisse. Konfidenzintervalle untermauern des Weiteren die statistische Signifikanz, d.h. es kann z.B. die Unsicherheit in der Schätzung der Blickwechsel für beide Gruppen gemessen werden, sodass die Hypothese gestützt wird. Nur durch eine umfassende Betrachtungsweise kann eine valide Bewertungsumgebung geschaffen werden, wodurch weitere Studien durchgeführt werden können.¹²⁰

¹¹⁸ Vgl. (statistik-nachhilfe.de, o.J.)

¹¹⁹ Vgl. (novustat.com, 2021)

¹²⁰ Vgl. (Ludwig-Mayerhofer, o.J.)

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Mit der Durchführung dieser Studie konnte gezeigt werden, dass der Unterschied innerhalb der beiden Gruppen Schummler und Nicht-Schummler auf den ersten Augenblick kleiner zu sein scheint als anfangs gedacht. Die Features allein betrachtet können zwar keinen Schummler entlarven, dagegen die Kombination aller relevanten Features lassen die kleinsten Unterschiede wieder groß aussehen.

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfrage

Das Eye-Tracking-Experiment hat verdeutlicht, dass zwei verschiedene Gruppen, welche sich in ihrem Kern und Verhalten unterscheiden, nur bei genauerer Betrachtung eine Abgrenzung nach außen strahlen. Während ein Schummler in einer Präsenzprüfung schnell auffindig gemacht werden kann, wie bspw. das Spicken unter dem Tisch oder durch die Zunahme verbotener Hilfsmittel in der Prüfung, kann eine Person in einer Online-Prüfung nicht so schnell aus dem Verkehr gezogen werden wie in einer Präsenzprüfung. Hinzukommt, dass die Probanden in der Studie eigenständig die Schummel-Methodik angegeben haben, d.h. aus der Auswahl von Spickzettel, Browser, Absprache oder keine der genannten Methoden. Dies erleichtert den Prozess der Analyse und Bewertung der Hypothesen. Im Falle einer realen Online-Prüfung muss die Situation aus einer anderen Perspektive betrachtet werden, da die Schummler zwar ähnliche Taktiken wie in der Studie verwenden, jedoch mit großer Sicherheit nicht ihre Art des Schummelns preisgeben werden. Diese Herausforderung wird beim Prüfer liegen, den Schummler in Zukunft zu entlarven.

Die Ergebnisse dieser Studie bieten erste Anhaltspunkte und Vergleichswerte, worauf sich Professoren in Zukunft stützen können. Obwohl eine reale Online-Prüfung mit großen Herausforderungen verbunden ist, ist dies jedoch nicht gleichbedeutend damit, dass auf die Methode der Online-Prüfung verzichtet werden sollte. Sie muss mit großer Sorgfalt geplant und durchgeführt werden, da die Wahl der technischen Möglichkeiten für die Umsetzung einer Studie, und erst recht unter realen Bedingungen von essenzieller Größe ist. Dabei spielt die Frequentierung der Eye-Tracking-Ausstattung eine wichtige Rolle, da Hochschulen und Universitäten bei niedriger Frequenz weniger Bilder am Auge pro Sekunde vermessen können. Je höher die Samplingrate, desto besser kann der Start und Endzeitpunkt der Fixation gemessen werden, d.h. es werden mehr Datensätze pro Sekunde geliefert. Das Auge nimmt Informationen mit dem wichtigsten Baustein auf, nämlich der Fovea, der Ort des schärfsten Sehens.

Da das Sichtfeld der Fovea eingeschränkt ist, muss der Mensch diejenigen Objekte oder Buchstaben, welche außerhalb des Radius liegen, mit einem Wechsel der Blickrichtung in kürzester Zeit ausgleichen. Dadurch fixiert der Mensch den Gegenstand und verarbeitet das Gesehene mithilfe visueller Wahrnehmung. Das Forschungsdesign dieser Arbeit ist quantitativ, da die drei Gütekriterien der Quantifizierbarkeit erfüllt sind. Zum einen sind die Daten valide, da die Ergebnisse auf statistischer Auswertung basieren. Zum anderen sind die Daten leicht reproduzierbar, da jede beliebige Universität oder Hochschule eine unterschiedliche Stichprobengröße mit einer unterschiedlichen Fakultät dieselbe Studie durchführen kann. Die Zahlen werden abweichen, der Kern der Ergebnisbetrachtung bleibt jedoch gleich. Zu guter Letzt ist die Studie objektiv, da die Professorinnen und Professoren von außen keinen Einfluss auf die Bearbeitung der Reihenfolge, geschweige auf die Wahl der Schummelmethodik des Studenten haben.

Das Experiment besteht aus 25 Teilnehmern zu je fünf verschiedenen Aufgabentypen, welche unterschiedlich komplex sind. Die Fragentypen sind dabei so gewählt, dass diese auf zukünftige Studien angewandt werden können. Der Spickzettel verzeichnete dabei in allen Aufgabenbereichen den größten Anteil der gewählten Schummelmethodik. Vor jeder Datenanalyse sollten die Rohdaten weitestgehend bereinigt, gefiltert und von Ausreißern befreit werden, sodass eine valide Datenanalyse stattfinden kann. Die Analyse erstreckt sich von der beschreibenden Statistik, also der Darstellung von Daten durch bspw. Balkendiagramme oder Punktediagramme, bis hin zur induktiven Statistik. Eine Stichprobe ist nur so lange repräsentativ, solange Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit getroffen werden können. In der deskriptiven Statistik konnten für die Features folgende Ergebnisse festgestellt werden:

Die Pupillengröße zeigte einen Unterschied in Höhe von 0,3 mm zwischen den beiden Gruppen. Für Gaze X und Y sowie für Fixation X/ Y wurden die Koordinaten abgezählt, und je Gruppe verglichen. Aus den Tabellen wurde erkennbar, dass Fixationen im Schnitt weniger in bestimmten Arealen am Monitor auftreten als bei den Schummlern. Dabei konnten bestimmte Bereiche anhand der Häufigkeit als verdächtig eingestuft werden. Im nächsten Schritt wurde die Zeit abseits des Bildschirms analysiert, d.h. wo weder Gaze X/Y und Fixation X/Y registriert wurde. Die Gruppe der Schummler hat zum Einen den Blick länger abseits des Bildschirms gerichtet gegenüber den Nicht-Schummlern, zum Anderen benötigen die Schummler insgesamt je Aufgabe länger. Für Gaze Velocity und Gaze Acceleration wurden verlangsamte Werte gegenüber der Gruppe Nicht - Schummler festgestellt, da Schummler beim Spicken versuchen, möglichst den Blick unauffällig zu halten. Ein weiterer auffälliger Punkt bestand darin, dass Schummler in bestimmten Zeitintervallen keine Datenpunkte zeigen, d.h. es wurde weder eine Geschwindigkeit noch eine Beschleunigung erfasst. Dies ist bei der Gruppe der Nicht – Schummler erst nach Abschluss einer Aufgabe und nicht mitten in der Aufgabe der Fall.

Als letzten Punkt gilt es zu erwähnen, dass die Schummler unruhiger in den Augenbewegungen sind, da ein schneller Wechsel zwischen Bildschirmbereichen erst eine Aufnahme fremder Informationsquellen in vollem Umfang ermöglicht. Bei verdächtigen Bildschirmbereichen sieht das Muster wie folgt aus: längere Fixationsdauer, hohe Streuung, geringe Sakkadendauer. Die induktive Statistik konnte für die deskriptive Statistik weitere Einblicke geben, die anhand von fünf Hypothesen untersucht wurde. Zwei der fünf Hypothesen konnten eine statistische Signifikanz verzeichnen, nämlich Hypothese 3 und 5, d.h. es kann ein Rückschluss zur Grundgesamtheit getroffen werden. Hypothese 1 und 4 darf in Zukunft verworfen werden, da keine statistische Signifikanz vorlag und der Unterschied der Mittelwerte zu klein war. Die Hypothese 2 zeigt einen p -Wert nahe des Signifikanzniveaus $\alpha = 5\%$, wodurch mehrere Stichproben durch verschiedene Studien weiterhin beobachtet werden sollten. Um daraus ein besseres Fazit zu ziehen, darf eine Hypothese nicht zu schnell als wahr oder falsch deklariert werden. Schlussendlich lässt sich sagen, dass sowohl bei der beschreibenden als auch bei der induktiven Statistik die Features nur in Kombination einen Sinn ergeben, sodass Indizien für einen Täuschungsversuch identifiziert werden können.

5.2 Der Ausblick in die Zukunft

In Zukunft könnte die Eye-Tracking-Technologie zum Aufdecken von Schummelverhalten eine entscheidende Rolle spielen, da die Ergebnisse der beschreibenden und schließenden Statistik gezeigt haben, dass die zwei Gruppen voneinander separierbar sind. Auf Basis dieser Ergebnisse, kann anhand dieser Features weiterhin gearbeitet werden, sodass diese in reale Prüfungsszenarien implementiert werden. Dabei sollte die Eye-Tracking-Technologie stets verbessert werden, um möglichst viele Datensätze pro Sekunde zu erhalten. Gleichzeitig sollte in Zukunft an weiteren Parametern geforscht werden, wie z.B. die Blickabwesenheit, automatische Einteilung in Pixelintervalle oder eine Warnung für erhöhte bzw. niedrige Blickgeschwindigkeiten und Beschleunigungen. Ein wesentlicher Bestandteil der Eye-Tracking-Technologie bleibt die Samplingrate, da diese genaue Augenbewegungen, Start sowie Endzeitpunkte von Fixationen erfassen kann. Je höher die Transparenz in den Daten, desto einfacher die Identifikation eines Täuschungsversuchs in einer Online-Prüfung. Ein weiterer Schwerpunkt der Weiterentwicklung kann bspw. anhand eines Algorithmus dargestellt werden, welcher verschiedene Features betrachtet, die nur in einer bestimmten Höhe und Kombinatorik den Verdacht für ein Schummelverhalten ver härten. Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die Analyse im Eye-Tracking-Labor neue Erkenntnisse für die Forschung liefern kann, unter der Voraussetzung, dass der Schritt in absehbarer Zeit in eine reale Prüfungsumgebung gewagt wird.

Literaturverzeichnis

- A. Famlili, W.-M. S. R. E., 1997. Data Preprocessing and Intelligent Data Analysis. *Intelligent Data Analysis*, Issue 1, pp. 2-23.
- alcedis.de, 2021. *alcedis.de*. [Online]
Available at: <https://www.alcedis.de/de/blog/missing-data-klinischer-forschung-wie-imputation-fehlende-daten-ersetzt>
[Zugriff am 25 05 2024].
- alleaktien.de, o.J.. *alleaktien.de*. [Online]
Available at: <https://www.alleaktien.de/lexikon/statistische-datenanalyse>
[Zugriff am 29 04 2024].
- Amtmann, K., 2020. *merkur.de*. [Online]
Available at: <https://www.merkur.de/bayern/coronavirus-neu-ulm-pruefung-schummeln-homeoffice-konsequenzen-betrug-exmatrikulation-bayern-zr-90049437.html>
[Zugriff am 28 04 2024].
- Analytics-Team, A., 2024. *astera.com*. [Online]
Available at: <https://www.astera.com/de/knowledge-center/data-reliability/>
[Zugriff am 25 05 2024].
- Artz, M. & Weiler, F., 2021. *forschung-und-lehre.de*. [Online]
Available at: <https://www.forschung-und-lehre.de/lehre/das-soll-eine-klausur-sein-3848>
[Zugriff am 03 09 2024].
- augenchirurgie.clinic, 2020. *Wie ist die Sehqualität in der Peripherie nach einem Linsenaustausch?*. [Online]
Available at: <https://augenchirurgie.clinic/blog/literatur-periphere-sehqualitaet-in-pseudophaken-auge>
[Zugriff am 04 05 2024].
- bachelorprint.de, 2023. *Zusammenhangsmaße – Statistischen Zusammenhang ermitteln*. [Online]
Available at:
<https://www.bachelorprint.de/statistik/zusammenhangsmasse/#:~:text=Zusammenhangsma%C3%9Fgeben%20die%20St%C3%A4rke%20des,Pearson%20zur%20%C3%9Cberpr%C3%BCfung%20von%20Hypothesen.>
[Zugriff am 29 05 2024].
- Beatty, J., 1982. Task-Evoked Pupillary Responses, Processing Load, and the Structure of Processing Resources. *Psychological Bulletin*, II(91), pp. 276 - 292.

- Becker, P., 2023. *hubspot.de*. [Online]
Available at: <https://blog.hubspot.de/marketing/eye-tracking>
[Zugriff am 15 05 2024].
- Beinert, W., 2020. *typolexikon.de*. [Online]
Available at: <https://www.typolexikon.de/sakkaden/>
[Zugriff am 09 05 2024].
- Benning, V., 2022. *Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnen und interpretieren*. [Online]
Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/korrelationskoeffizient/>
[Zugriff am 29 05 2024].
- Benning, V., 2023. *Arithmetisches Mittel verstehen und berechnen - mit Beispielen*. [Online]
Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/arithmetisches-mittel/>
[Zugriff am 29 05 2024].
- Benning, V., 2023. *Deskriptive Statistik verstehen und anwenden*. [Online]
Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/deskriptive-statistik/>
[Zugriff am 29 05 2024].
- Benning, V., 2023. *Die Lageparameter erklärt mit Beispielen*. [Online]
Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/lageparameter/>
[Zugriff am 29 05 2024].
- Benning, V., 2023. *Median verstehen, berechnen und interpretieren + Median Rechner*. [Online]
Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/median/>
[Zugriff am 29 05 2024].
- Bhandari, P., 2021. *scribbr.com*. [Online]
Available at: <https://www.scribbr.com/statistics/missing-data/>
[Zugriff am 25 05 2024].
- blog4students-of-npm.com, 2018. *Funktionsweise von Eye Trackern*. [Online]
Available at: https://blog4students-of-npm.com/2018/06/11/eye-tracking-eine-allgemeine-einfuehrung/#_ftn4
[Zugriff am 30 04 2024].
- Bremmer, F., 2020. *spektrum.de*. [Online]
Available at: <https://www.spektrum.de/frage/warum-sehen-wir-die-welt-stabil-selbst-wenn-wir-unsere-augen-bewegen/1701540>
[Zugriff am 09 05 2024].
- Buck, D., 2021. *centerforengagedlearning.org*. [Online]
Available at: <https://www.centerforengagedlearning.org/why-letting-your-students-collaborate-on-exams-isnt-a-bad-idea/>
[Zugriff am 23 05 2024].
- Butterworth, S., 1930. On the theory of filter amplifiers. In: *S. Experimental Wireless & the Wireless Engineer*. s.l.:s.n., pp. 536 - 541.

Christa, M., 2022. *pcgameshardware.de*. [Online]

Available at: <https://www.pcgameshardware.de/Monitor-Display-Hardware-154105/Specials/Pixeldichte-1358256/>

[Zugriff am 10 05 2024].

Corrieri, L., 2020. *scribbr.de*. [Online]

Available at: <https://www.scribbr.de/methodik/forschungsdesign-erstellen/>

[Zugriff am 16 05 2024].

Cox, J., 2023. *graduateprogram.org*. [Online]

Available at: <https://www.graduateprogram.org/2023/10/is-rote-learning-still-effective/>

[Zugriff am 23 05 2024].

databasecamp.de, 2023. *Was ist der z-Score?*. [Online]

Available at: <https://databasecamp.de/statistik/z-score>

[Zugriff am 20 06 2024].

datatab.de, o.J.. *Spearman Korrelation - Rangkorrelationskoeffizient*. [Online]

Available at: <https://datatab.de/tutorial/spearman-korrelation>

[Zugriff am 29 05 2024].

datatab.de, o.J.. *Streuungsmaße*. [Online]

Available at: <https://datatab.de/tutorial/standardabweichung-varianz-spannweite>

[Zugriff am 29 05 2024].

DATAtab, 2024. *datatab.de*. [Online]

Available at: <https://datatab.de/tutorial/deskriptive-inferenz-statistik>

[Zugriff am 16 05 2024].

DATAtabTeam, 2023. *t-Test - Alles, was du wissen musst, ist einfach erklärt*.

[Tonaufnahme].

DATAtabTeam, 2024. *Hypothesen*. [Online]

Available at: <https://datatab.de/tutorial/hypothesen>

[Zugriff am 28 08 2024].

DATAtabTeam, 2024. *Hypothesentest*. [Online]

Available at: <https://datatab.de/tutorial/hypothesentest>

[Zugriff am 28 08 2024].

DATAtabTeam, 2024. *t-Test für unabhängige Stichproben*. [Online]

Available at: <https://datatab.de/tutorial/einfacher-t-test>

[Zugriff am 28 08 2024].

Demmer, C., 2021. *handelsblatt.com*. [Online]

Available at: <https://www.handelsblatt.com/politik/online-studium-zertifikat-durchschummeln-wie-sich-studierende-durch-onlineklausuren-tricksen/27099494.html>

[Zugriff am 28 04 2024].

Demmer, C., 2021. *sueddeutsche.de*. [Online]

Available at: <https://www.sueddeutsche.de/kolumne/studium-online-pruefung->

datenschutz-1.5267088

[Zugriff am 28 04 2024].

Dhir, R., 2022. *investopedia.com*. [Online]

Available at: <https://www.investopedia.com/terms/d/data-smoothing.asp>

[Zugriff am 27 05 2024].

Dowiasch, S., Wolf, P. & Bremmer, F., 2019. Quantitative comparison of a mobile and a stationary video-based eye-tracker. In: *Behavior Research Methods*. s.l.:Psychonomic Society, pp. 667 - 670.

Drösser, C., 2000. *zeit.de*. [Online]

Available at: https://www.zeit.de/stimmts/2000/200012_stimmts_lenin

[Zugriff am 16 04 2024].

e-dynamics.de, 2022. *e-dynamics.de*. [Online]

Available at: <https://www.e-dynamics.de/was-ist-eine-daten-anomalie/>

[Zugriff am 27 05 2024].

Elhardt, C., 2023. *ethz.ch*. [Online]

Available at: <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2023/10/mit-pupillenfeedback-angst-und-stress-reduzieren1.html>

[Zugriff am 10 05 2024].

eyeware.tech, 2022. *Eye Tracking verstehen und wie es für Sie funktionieren kann: Definitionen, Metriken und Anwendungen*. [Online]

Available at: <https://eyeware.tech/de/blog/was-ist-eye-tracking/>

[Zugriff am 29 04 2024].

eyeware.tech, 2022. *eyeware.tech*. [Online]

Available at: <https://eyeware.tech/de/blog/was-ist-eye-tracking/>

[Zugriff am 04 05 2024].

eyeware.tech, 2022. *Was ist Eye - Tracking?*. [Online]

Available at: <https://eyeware.tech/de/blog/was-ist-eye-tracking/>

[Zugriff am 03 05 2024].

fastercapital.com, 2024. *Ausreisser in Quartilen Extremwerte im Datensatz identifizieren*. [Online]

Available at: <https://fastercapital.com/de/inhalt/Ausreisser-in-Quartilen--Extremwerte-im-Datensatz-identifizieren.html>

[Zugriff am 20 06 2024].

Feser, U. M., 2019. *hnu.de*. [Online]

Available at:

https://www.hnu.de/fileadmin/user_upload/1_Studium/Referat_Pruefung/Upload_POs_und_Modulhandbuecher/APO/APO_5te%20%C3%84nderung_in%20Kraft%20ab%2001.10.2023.pdf

[Zugriff am 22 04 2024].

Funke, J., 2006. *uni-heidelberg.de*. [Online]

Available at: <https://www.uni-heidelberg.de/presse/ruca/ruca06-1/wenn.html>

[Zugriff am 29 04 2024].

Genau, L., 2019. *scribbr.de*. [Online]

Available at: <https://www.scribbr.de/methodik/validitaet-reliabilitaet-objektivitaet/>

[Zugriff am 16 05 2024].

Goethe, J. W., o.J.. *gutzitiert.de*. [Online]

Available at:

https://www.gutzitiert.de/zitat_autor_johann_wolfgang_von_goethe_thema_betrug_zitat_32935.html

[Zugriff am 16 04 2024].

Gonzalez, N., 2023. *www.kenhub.com*. [Online]

Available at: <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/das-auge-de>

[Zugriff am 04 05 2024].

Günter Bamberg, F. B. M. K., 2022. *Statistik - Eine Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler*. 19 Hrsg. Berlin/Boston: De Gruyter Oldenbourg.

Hasselbusch, L., 2023. *Hypothesentests – Verfahren & Nullhypothese aufstellen*.

[Online]

Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/hypothesentests/>

[Zugriff am 28 08 2024].

Heiting, G., 2020. *allaboutvision.de*. [Online]

Available at: <https://www.allaboutvision.com/de/symptome/erweiterte-pupillen/>

[Zugriff am 03 09 2024].

Heiting, G., 2020. *Erweiterte Pupillen: Bedeutung, Ursachen und Behandlung*. [Online]

Available at: <https://www.allaboutvision.com/de/symptome/erweiterte-pupillen/>

[Zugriff am 21 06 2024].

Hemmerich, W., 2016. *statistikguru.de*. [Online]

Available at: <https://statistikguru.de/lexikon/ausreisser.html>

[Zugriff am 25 05 2024].

Hemmerich, W. A., 2016. *Fehler 1. Art*. [Online]

Available at: <https://statistikguru.de/lexikon/fehler-1-art.html>

[Zugriff am 28 08 2024].

Heyen, F., 2015. 2.1.2 Metriken zur Augenbewegung. In: S. Informatik, Hrsg. *Gruppierung von Eye - Tracking - Daten mittels geeigneter Ähnlichkeitsfunktion*.

Universität Stuttgart - Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme:

Bachelorarbeit, pp. 12 - 13.

hnu.de, o.J.. *UX-Testing und Usability Labor*. [Online]

Available at: <https://www.hnu.de/forschung/labore-forschungsinfrastruktur/ux-testing-und-usability-labor>

[Zugriff am 30 04 2024].

Hochuli, J., o.J.. *hilbert-schule.de*. [Online]
Available at: https://hilbert-schule.de/arbeits Techniken-und-persoenlichkeit/didaktik/tipps-fuers-lernen/lesen-in-saccaden/#_ftn1
[Zugriff am 05 05 2024].

Hoffmeyer, D., 2021. *nzz.ch*. [Online]
Available at: <https://www.nzz.ch/zuerich/eye-tracking-an-zhaw-studentinnen-und-studenten-veraegert-ld.1628295>
[Zugriff am 28 04 2024].

imotions.com, o.J.. *Die iMotions-Plattform*. [Online]
Available at: <https://imotions.com/de/>
[Zugriff am 25 05 2024].

J. G. Proakis, D. G. M., 1996. In: *Digital Signal Processing - Principles, Algorithms, and Applications (3rd Ed.)*. USA: Prentice Hall International, pp. 1-14.

Jay Pratt, C. M. L. R. A. A., 2006. Attentional modulation of the gap eVect. *Vision Research*, pp. 2602-2607.

Jia Zheng Lim, J. M. u. J. T., 2022. *Eye - Tracking Feature Extraction for Boimetric Machine Learning*. [Online]
Available at:
<https://www.frontiersin.org/journals/neurorobotics/articles/10.3389/fnbot.2021.796895/full>
[Zugriff am 22 08 2024].

Jotz, M., 2016. *Eye Tracking: Mit dem richtigen Einsatz zum Erfolg*. [Online]
Available at: <https://www.eresult.de/ux-wissen/forschungsbeitraege/einzelansicht/news/eye-tracking-ein-ueberblick/>
[Zugriff am 12 05 2024].

Kaddoura, S. & Gumaiei, A., 2022. *Towards effective and efficient online exam systems using deep learning-based cheating detection approach*, Zayed University, Abu Dhabi, United Arab Emiratesb Prince Sattam bin Abdulaziz University, Al-Kharj, Saudi Arabia: ELSEVIER.

Karsh, R. & Breitenbach, F. W., 1983. Looking at Looking: The Amorphous Fixation Measure. In: C. M. D. F. F. R. A. M. Rudolf Groner, Hrsg. *Eye Movements and Psychological Functions*. Hillsdale: Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, p. ohne Seitenzahl.

Karsh, R. & Breitenbach, F. W., 1983. Looking at Looking: The Amorphous Fixation Measure. In: *Eye Movements and Psychological Functions*. London: s.n.

Kaßner, S., o.J.. *connectandact.de*. [Online]
Available at: <https://www.connectandact.de/impulse-blog/item/37-vertrauen-ist-gut-kontrolle-ist-besser-wirklich>
[Zugriff am 16 04 2024].

Keller, M., 2019. *ethz.ch*. [Online]
Available at: <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth->

[news/news/2019/11/messen-wohin-piloten-blicken.html](https://www.merton-magazin.de/news/news/2019/11/messen-wohin-piloten-blicken.html)

[Zugriff am 16 05 2024].

Knoke, M., 2021. *stifterverband.org*. [Online]

Available at: <https://merton-magazin.de/fluch-und-segen-der-digitalen-pruefung?tags=digitale%20Pr%C3%BCfung>

[Zugriff am 28 04 2024].

Korter, C., o.J.. *digional.de*. [Online]

Available at:

https://www.digional.de/fileadmin/content/Leitfaden/Datacleaning_final.pdf

[Zugriff am 24 05 2024].

Landes, J., 2023. *Data Processing Pipeline for Eye-Tracking Analysis*, Hochschule Neu-Ulm: s.n.

Landes, J., Köppl, S. & Klettke, M., 2023. *Data Processing Pipeline for Eye-Tracking Analysis*. In: Hochschule Neu-Ulm; Hochschule Regensburg: s.n., pp. 1 - 5.

learnattack.de, o.J.. *learnattack.de*. [Online]

Available at: <https://learnattack.de/schuelerlexikon/mathematik/streuungsmasse>

[Zugriff am 29 05 2024].

Leitner, K., 2020. *brain-friendly.de*. [Online]

Available at: <https://blog.brain-friendly.de/2020/12/verstehen-statt-auswendig-lernen-warum-menschen-doch-besser-lernen-als-computer/>

[Zugriff am 18 05 2024].

Liu, W., Trapp, A. C. & Djamasbi, S., 2021. *Omega - The international Journal of Management Science*. *Outlier-Aware, density-Based gaze fixation identification*, Band 102, pp. 1 - 2.

Lohninger, H., 2012. *Welch - Test*. [Online]

Available at: http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/ee_welch_test.html

[Zugriff am 28 08 2024].

Luber, S., 2019. *bigdata-insider.de*. [Online]

Available at: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-eye-tracking-a-864830/>

[Zugriff am 29 04 2024].

Luber, S., 2019. *Was ist Normalisierung?*. [Online]

Available at: <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-normalisierung-a-840412/>

[Zugriff am 27 05 2024].

Ludwig-Mayerhofer, W., o.J.. *Konfidenzintervalle so einfach wie möglich erklärt*. [Online]

Available at: https://www.uni-siegen.de/phil/sozialwissenschaften/soziologie/mitarbeiter/ludwig-mayerhofer/statistik/statistik_downloads/konfidenzintervalle.pdf

[Zugriff am 28 08 2024].

Mayerhoffer, M., 2020. *SPEZIALTHEMA 5 - Stochastik: Hypothesentest, Entscheidungsregel, Signifikanzniveau, Fehler 1./2. Art.* [Tonaufnahme].

microsoft.com, o.J.. *WENN-Funktion.* [Online]

Available at: <https://support.microsoft.com/de-de/office/wenn-funktion-69aed7c9-4e8a-4755-a9bc-aa8bbff73be2>

[Zugriff am 28 08 2024].

Mikac, M., o.J.. *eyelogicsolutions.com.* [Online]

Available at: <https://www.eyelogicsolutions.com/choosing-the-right-eye-tracking-sampling-frequency/>

[Zugriff am 30 04 2024].

minitab.com, 2024. *Was sind Fehler 1. Art und Fehler 2. Art?.* [Online]

Available at: <https://support.minitab.com/de-de/minitab/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/type-i-and-type-ii-error/>

[Zugriff am 28 08 2024].

Miura, T., 1986. Vision in Vehicles. In: *Coping with situational demands: A study of eye movements and peripheral vision performance.* Amsterdam: Elsevier.: Elsevier, pp. 205 - 216.

Moser, A., 2022. *wisspro.de.* [Online]

Available at: <https://wisspro.de/ghostwriter-blog/tipps-und-tricks-wie-man-bei-online-klausuren-schummelt/>

[Zugriff am 2024 09 03].

mso-digital.de, o.J.. *mso-digital.de.* [Online]

Available at: <https://www.mso-digital.de/wiki/eye-tracking/>

[Zugriff am 16 05 2024].

Mueller, S., 2012. *** Sampling Theorem, Abtastgesetz von Nyquist,* YouTube: s.n.

Nevil, S. & Kindness, D., 2024. *Z-Score: Meaning and Formula.* [Online]

Available at: <https://www.investopedia.com/terms/z/zscore.asp>

[Zugriff am 20 06 2024].

novustat.com, 2021. *Bayes Statistik einfach und verständlich erklärt.* [Online]

Available at: <https://novustat.com/statistik-blog/bayes-statistik-einfach-und-verstaendlich-erklaert.html>

[Zugriff am 28 08 2024].

ONO, W. J. T. u. H., 1994. Fixation disengagement and. 56(3), pp. 251-260.

operationauge.de, o.J.. *operationauge.de.* [Online]

Available at: <https://www.operationauge.de/wissenswertes/wissenswertes-uber-lasik/eye-tracking-systeme.html>

[Zugriff am 16 05 2024].

Pannasch, S., 2003. Dauer und Verteilungsform von Fixationen. In: B. M. Velichkovsky, T. Goschke & J. Hoffmann, Hrsg. *Ereignisbezogene Veränderungen der visuellen Fixationsdauer.* Universität Dresden: s.n., p. 4.

Pfeuffer, C., 2023. *Eye Tracking-Experiment: Fühlen wir uns im autonomen Auto sicherer?* [Interview] (11 01 2023).

pixeltale.de, o.J.. *Die verschiedenen Formen der Blickbewegung.* [Online]
Available at: <https://pixeltale.de/eye-tracking/>
[Zugriff am 29 04 2024].

Preussler, T., o.J.. *umwelt-campus.de.* [Online]
Available at: https://www.umwelt-campus.de/fileadmin/Umwelt-Campus/User/TPreussler/Download/Maschinendynamik_und_Betriebsfestigkeit/Foliensetze/03_Schwingungen.pdf
[Zugriff am 27 05 2024].

programmieren-starten.de, 2023. *Objektorientierte Programmierung - Einfach erklärt.* [Online]
Available at: <https://programmieren-starten.de/blog/objektorientierte-programmierung/>
[Zugriff am 29 04 2024].

R. Groner, C. M. D. F. F. & R. A. M. (. Hrsg., 1983. Eye Movements and Psychological Functions. In: *Looking at Looking: The Amorphous Fixation Measure* . London: s.n.

Ramassa, L., 2023. *elearningindustry.com.* [Online]
Available at: <https://elearningindustry.com/promoting-meaningful-learning-inside-and-outside-the-classroom>
[Zugriff am 23 05 2024].

Rayner, K., 1998. Eye Movements in Reading and Information Processing: *Psychological Bulletin*, 124(3), pp. 372 - 422.

Rayner, K., 1998. Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research. *Psychological Bulletin*, Issue 3, pp. 372-422.

Rudolf-Müller, E., 2020. *netdokter.de.* [Online]
Available at: <https://www.netdokter.de/anatomie/augenmuskeln/>
[Zugriff am 04 05 2024].

ryte.com, o.J.. *Eye Tracking.* [Online]
Available at: https://de.ryte.com/wiki/Eye_Tracking
[Zugriff am 15 05 2024].

S. Chen, W. W. H. v. Z., 2010. A comparison of outlier detection algorithms for ITS data. In: *Expert Systems with Applications*. s.l.:Expert Systems with Applicants, pp. 1169 - 1178.

S.-A. N. Alexandropoulos, S. B. K. M. N., 2019. Data preprocessing in predictive data mining. *The Knowledge Engineering Review*, Issue 34, p. 5.

Salvucci, D. D. & Goldberg, J. H., 2000. Identifying Fixations and Saccades in Eye-Tracking Protocols. In: A. f. C. M. Y. States, Hrsg. *Eye Tracking Research & Applications Symposium 2000*. s.l.:ETRA00: Eye Tracking Research & Application Palm Beach Gardens Florida USA November 6 - 8, 2000, pp. 71 - 78.

Schormann, T., 2015. *welt.de*. [Online]

Available at: <https://www.welt.de/wissenschaft/article144221221/Mit-diesen-Tricks-lernen-Studenten-effektiver.html>

[Zugriff am 23 05 2024].

scribbrTeam, o.J.. *Was ist der Unterschied zwischen induktiver und deskriptiver Statistik?*. [Online]

Available at: <https://www.scribbr.de/haufig-gestellte-fragen/was-ist-der-unterschied-zwischen-induktiver-und-deskriptiver-statistik/>

[Zugriff am 04 09 2024].

Seitz, F., 2020. *Bildschirmkoordinaten von XY-Plots berechnen*. [Online]

Available at: <http://fseitz.de/blog/index.php/?archives/125-Bildschirmkoordinaten-von-XY-Plots-berechnen.html>

[Zugriff am 26 08 2024].

Sheena, L. R. Y. & D., 1975. Survey of eye movement recording methods. In: S. S. D. 3. B. H. R. W. M. O. Whittaker Corporation, Hrsg. *Behavior Research Methods*. s.l.:s.n., pp. 397-429.

Sibbertsen, P. & Lehne, H., 2021. Das arithmetische Mittel. In: *Statistik - Einführung für Wirtschafts und Sozialwissenschaftler*. s.l.:Springer Gabler, pp. 31 - 41.

Solis, T., 2022. *Nullhypothese: Definition, Alternativhypothese, Beispiele*. [Online]

Available at: <https://www.scribbr.de/statistik/nullhypothese/>

[Zugriff am 28 08 2024].

square.com, o.J.. *HEADMOUNTED EYE TRACKING*. [Online]

Available at: <https://www.eye-square.com/en/headmounted-eye-tracking/>

[Zugriff am 04 09 2024].

Stager, P. & A., 1978. Locating crash sites in simulated air-to-ground visual. In: I. Sage Publications, Hrsg. *Critical Issues in Transportation for 2024 and Beyond*. Human Factors Society: s.n., pp. 453-466.

statista.com, o.J.. *Definition Zentraler Grenzwertsatz*. [Online]

Available at:

https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/145/zentraler_grenzwertsatz/

[Zugriff am 28 08 2024].

statistik-nachhilfe.de, o.J.. *Stichprobenumfang*. [Online]

Available at: <https://www.statistik-nachhilfe.de/ratgeber/statistik/versuchsplanung/stichprobe/stichprobenumfang>

[Zugriff am 28 08 2024].

studyflix.de, o.J.. *Deskriptive Statistik*. [Online]

Available at: <https://studyflix.de/statistik/stichprobe-4389>

[Zugriff am 28 05 2024].

studyflix.de, o.J.. *Redundanzen*. [Online]

Available at: <https://studyflix.de/deutsch/redundanz-7487>

[Zugriff am 27 05 2024].

studysmarter.de, o.J.. *Visuelle Wahrnehmung*. [Online]
Available at: <https://www.studysmarter.de/schule/psychologie/grundlagendisziplinen-der-psychologie/visuelle-wahrnehmung/#:~:text=Die%20visuelle%20Wahrnehmung%20ist%20die,und%20Stimmung%20von%20anderen%20Personen.>

[Zugriff am 29 04 2024].

talend.com, o.J.. *Was ist Datenanalyse? Definition, Methoden und Anwendung*. [Online]

Available at: <https://www.talend.com/de/resources/what-is-data-analytics/>

[Zugriff am 28 05 2024].

Team, D., 2024. *datatab.de*. [Online]

Available at: <https://datatab.de>

[Zugriff am 25 08 2024].

testotis.de, o.J.. *Was ist eine Kalibrierung?*. [Online]

Available at: <https://www.testotis.de/know-how/wissens-center/wissen-kalibrierung>

[Zugriff am 12 05 2024].

tobii.com, 2023. *Eye tracker sampling frequency*. [Online]

Available at: https://connect.tobii.com/s/article/eye-tracker-sampling-frequency?language=en_US

[Zugriff am 30 04 2024].

tobii.com, o.J.. *tobii.com*. [Online]

Available at: <https://www.tobii.com/solutions/training-and-skills-assessment/aerospace-and-tactical-training>

[Zugriff am 25 05 2024].

Turney, S., 2022. *Frequency Distribution | Tables, Types & Examples*. [Online]

Available at: <https://www.scribbr.com/statistics/frequency-distributions/>

[Zugriff am 25 08 2024].

Ull, C. et al., 2022. The use of predefined scales and scores with eye-tracking devices for symptom identification in critically ill nonverbal patients. *Trauma and Acute Care Surgery*, 4(92), pp. 640-647.

Velichkovsky, B. M., Domhoefer, S. M., Pannasch, S. & J.A.Unema, P., 2001. Visual Fixations and Level of Attentional Processing. *Proceedings of the Eye Tracking Research & Application Symposium*, Issue In A. G. Gale, I. D. Brown, C. M., pp. 79-85.

Walther, B., 2018. *Schiefe und Kurtosis in Excel-Test auf Normalverteilung der Daten - Daten analysieren in Excel (27)*. [Tonaufnahme].

Walther, B., 2022. *Einseitige Hypothesentests und zweiseitige Hypothesentests*. [Online]

Available at: <https://bjoernwalther.com/einseitige-hypothesentests-und-zweiseitige-hypothesentests/>

[Zugriff am 28 08 2024].

Weinzierl, C., 2021. *planet-wissen.de*. [Online]

Available at: <https://www.planet-wissen.de/natur/mikroorganismen/viren/corona->

pandemie-100.html

[Zugriff am 28 04 2024].

Wel, P. v. d. & Steenbergen, H. v., 2018. Psychonomic Bulletin & Review. *Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review*, 31(3), pp. 2005 - 2006.

Wermuth, M. J., 2022. Deskriptive und Induktive Statistik. In: *HÜTTE-Ingenieurwissenschaften*. s.l.:Springer Verlag, pp. 6 - 7.

Wizards, D. S., 2023. *medium.com*. [Online]

Available at: <https://medium.com/@datasciencewizards/beginners-guide-to-feature-selection-ba8583b97606>

[Zugriff am 24 05 2024].

Wright, G., o.J.. *techtarget.com*. [Online]

Available at: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/noisy-data>

[Zugriff am 25 05 2024].

Wuttke, L., 2022. *Datenanalyse: Defintion, Methoden und Anwendung*. [Online]

Available at: <https://datasolut.com/wiki/datenanalyse/>

[Zugriff am 28 05 2024].

Anhangsverzeichnis

Augenbestandteile	Aufgabe
Netzhaut	Die Netzhaut umhüllt das Auge und nimmt das gebrochene Licht von der Hornhaut auf. Das aufgenommene Bild wird registriert und verarbeitet.
Gelber Fleck (Makula und Fovea)	Der gelbe Fleck befindet sich in der Nähe der Sehbahn. Es wird auch „der Bereich des schärfsten Sehens“ genannt, da sich hier viele Lichtrezeptoren befinden und das Licht dabei gebündelt wird. Der Bereich des Blickfeldes ist eingeschränkt. Der gelbe Fleck stellt damit die Daseinsberechtigung von Fixationen und Sakkaden dar.
Sehnerv / Sehbahn	Der Sehnerv leitet alle aufgenommenen Informationen aus der Umwelt an das Gehirn weiter.
Iris (Regenbogenhaut)	Die Iris ist je nach Pigmentierung unterschiedlich bei Menschen gefärbt. Je nach Dunkelheit oder Helligkeit verkleinern die Muskeln die Pupille.
Pupille	Die Pupille ist das Zentrum der Iris. Bei Dunkelheit weitet sich die Pupille, um möglichst viel Licht aufzunehmen, sodass in den dunkelsten Verhältnissen Objekte und Gegenstände teilweise erkannt werden können. Bei Helligkeit schrumpft die Pupille, um das Auge vor starken Lichtreizen zu schützen. Bei Angst oder Aufregung, wie bspw. in einer Prüfungssituation, können sich die Pupillen weiten.
Hornhaut	Die Hornhaut stellt das Dach eines Hauses dar, d.h. die äußere Schicht schützt das Auge. Sie ist für Brechung des Lichtes zuständig, welches anschließend von der Netzhaut an die Sehbahn weitergegeben wird.

Lageparameter	Formel	Beschreibung
Arithmetisches Mittel	$\hat{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i$	Das arithmetische Mittel stellt den Durchschnitt der Probanden für ein Merkmal dar. Alle beobachteten Werte werden aufsummiert und anschließend durch die Anzahl an Daten geteilt. ¹²¹
Median	$x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}$ für n ungerade $x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2} + 1\right)}$ für n gerade	Der Median bezeichnet den Wert, der mittig liegt. Alle Werte werden aufsteigend sortiert und durch die Anzahl an Einträgen geteilt. Der Median ist robust gegen Ausreißer, da die Positionierung der Werte entscheiden und nicht die numerischen Werte im Kern. ¹²²
Varianz	$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2$	Die Varianz gibt alle beobachteten Werte um den Mittelwert an. Diese wird auch als durchschnittliche Abweichung zu allen Zufallswerten bezeichnet. Die Summe der quadrierten Abweichungen wird durch die Anzahl aller Werte geteilt. ¹²³
Standardabweichung	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2}$	Die Standardabweichung misst die durchschnittliche Entfernung zum Mittelwert und damit die Wurzel der Varianz. ¹²⁴
Standardfehler	$SF = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1}}$	Der Standardfehler schätzt die Variation in der Stichprobe zu anderen Stichproben. Dabei ist S die Standardabweichung und n die Stichprobengröße.

AH. 2.: Formelsammlung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Benning V. (2023) – Deskriptive Statistik verstehen und anwenden

¹²¹ Vgl. (Benning, 2023)

¹²² Vgl. (Benning, 2023)

¹²³ Vgl. (datatab.de, o.J.)

¹²⁴ Vgl. E.b.d.

Fläche einseitig											
df	0,5	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,999	0,9995
1	0	1	1,376	1,963	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,31	636,62
2	0	0,816	1,061	1,386	1,886	2,92	4,303	6,965	9,925	22,327	31,599
3	0	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,215	12,924
4	0	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,61
5	0	0,727	0,92	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,869
6	0	0,718	0,906	1,134	1,44	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	0	0,706	0,889	1,108	1,397	1,86	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0	0,703	0,883	1,1	1,383	1,833	2,262	2,821	3,25	4,297	4,781
10	0	0,7	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,93	4,318
13	0	0,694	0,87	1,079	1,35	1,771	2,16	2,65	3,012	3,852	4,221
14	0	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,14
15	0	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0	0,69	0,865	1,071	1,337	1,746	2,12	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0	0,689	0,863	1,069	1,333	1,74	2,11	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0	0,688	0,862	1,067	1,33	1,734	2,101	2,552	2,878	3,61	3,922
19	0	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	0	0,687	0,86	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,85
21	0	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,08	2,518	2,831	3,527	3,819
22	0	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	0	0,685	0,858	1,06	1,319	1,714	2,069	2,5	2,807	3,485	3,768
24	0	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	0	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,06	2,485	2,787	3,45	3,725
26	0	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	0	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,69
28	0	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	0	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,659
30	0	0,683	0,854	1,055	1,31	1,697	2,042	2,457	2,75	3,385	3,646
40	0	0,681	0,851	1,05	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
60	0	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2	2,39	2,66	3,232	3,46
80	0	0,678	0,846	1,043	1,292	1,664	1,99	2,374	2,639	3,195	3,416
100	0	0,677	0,845	1,042	1,29	1,66	1,984	2,364	2,626	3,174	3,39
1000	0	0,675	0,842	1,037	1,282	1,646	1,962	2,33	2,581	3,098	3,3