

HOCHSCHULE STRALSUND

MASTERARBEIT

IM RAHMEN DES STUDIENGANGS
INFORMATIK (M.Sc.)

Entwicklung und Evaluation einer
Intervention zur Lesekompetenz von
Netzwerkgrafiken

Autor:
STEVE SYDOW, B.Sc.
15003

1. Betreuer:
Dr. P. WOLF

2. Betreuer:
Prof. Dr. S. FRIEDENBERG



13. März 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Qualitative Studien	4
3	Forschungsdesign	6
3.1	Planung der Studie	6
3.2	Die Grafiken	7
3.3	Die Intervention	11
3.4	Eye-Tracking-Versuch Nr. 1	14
3.5	Eye-Tracking-Versuch Nr. 2	14
4	AOIanalyseR	15
4.1	Die Statistikumgebung R	15
4.2	Planung	16
4.3	Der Funktionsumfang	17
4.3.1	Datenimport	17
4.3.2	Sequence Charts	22
4.3.3	Statistiken	24
4.4	Erstellen des Pakets	26
4.4.1	R Paket Struktur	26
4.4.2	Funktionen und Daten integrieren	27
4.4.3	Kommentieren und Beschreiben mit roxygen2	28
4.4.4	Das DESCRIPTION File	31
4.4.5	Unit-Tests	32
4.4.6	Letzte Schritte	34
4.4.7	Spickzettel: R Pakete erstellen	35
5	Auswertung	36
5.1	Eye-Tracking 1 Auswertung	36
5.1.1	Auswertung der Fragebögen	37
5.1.2	Auswertung der AOI Sequence Charts	41
5.1.3	Erste Erkenntnisse zur Intervention	48
5.2	Eye-Tracking 2 Auswertung	49
5.2.1	Auswertung der Fragebögen	50
5.2.2	Auswertung der AOI Sequence Charts	53
5.3	Zusammenfassung beider Auswertungen	61
6	Fazit	62
7	Literaturverzeichnis	65
8	Glossar	68
9	Anhang	70

1 Einleitung

Experten und Novizen differenzieren sich deutlich bei der Betrachtung von Netzwerkgrafiken. Erste Unterschiede waren während der Bachelorarbeit „Erhebung und Auswertung von Eye-Tracking-Daten im Rahmen einer hochschuldidaktischen Studie zur Vorlesung Rechnernetze“ [27] aufgedeckt worden. Die darin untersuchten Betrachtungen und Blickbewegungen von Experten und Novizen hinsichtlich der Lesekompetenz von Netzwerkgrafiken lieferten erste Erkenntnisse über Strategieunterschiede. Mittels AOI Sequence Charts konnten Lesekompetenzen verglichen werden. Das Ergebnis der Arbeit liefert die Grundlage für eine weiterführende Studie, die in dieser Masterarbeit durchgeführt werden soll.

Dass Experten anderes Leseverhalten zeigen, wurde bereits mehrfach in anderen Studien beschrieben. Beispiele hierfür liefern unter anderem Alcock [1], Inglis und Alcock [10] sowie Shepherd et. al [23]. In Bezug auf Netzwerkgrafiken zeigte sich, dass Novizen Bereiche einer Grafik mehrfach betrachten müssen, um deren Inhalt vollständig zu erfassen. Obwohl ein Bereich augenscheinlich nicht vollständig erfasst wurde, tendieren Novizen dazu, Grafiken zunächst zu überfliegen und erst in einem weiteren Anlauf die einzelnen Bereiche der Grafik genauer zu untersuchen. Diese Strategie ist auf den Schulunterricht zurückzuführen, bei dem Informationen aus dem Sinnzusammenhang erfasst werden können. Hier führte dies teilweise zu starken Missinterpretationen der Grafikinhalt. Die Experten zeigten dagegen strukturierteres Vorgehen, betrachteten jeden Bereich vollständig (Aufnahme aller dargestellter Informationen) und konnten so auch Bezüge innerhalb der Grafik gut aufnehmen. Darüber hinaus zeigten die untersuchten Novizen (Informatik-Studenten des 1.Studiensemesters) Defizite innerhalb der Abstraktionsfertigkeit. Funktionen einzelner Bereiche konnten detailliert wiedergegeben werden, eine allgemeine Aussage über den Inhalt der Grafik konnten jedoch die wenigsten fehlerfrei treffen [27].

Aus diesen Erkenntnissen ergaben sich weitere Fragen. Allen voran: Können Novizen im Umgang mit Netzwerkgrafiken hinsichtlich ihrer Lesekompetenz geschult werden und somit die Strategien der Experten für das Leseverständnis annehmen?

Diese Arbeit soll deshalb die Wirkung einer Intervention untersuchen sowie kurz- und mittelfristige Ergebnisse der Schulungsteilnehmer vergleichen. Ziel ist es, Aufschlüsse über mögliche Lehransätze für Dozenten zu erschließen, wie Studierende an das richtige Lesen von (Netzwerk-)Grafiken herangeführt werden können.

Vor allem steht jedoch die Weiterentwicklung des „AOI Sequence Chart Generators“ im Mittelpunkt dieser Arbeit. Deutschlandweite Anfragen zeigten den Bedarf einer Auswertungssoftware für Eye-Tracking-Daten, die über den Gebrauch von Heatmaps und Gazeplots hinaus geht sowie die Auswertung von „Area of Interest“ (AOI) ermöglicht. Der in der Bachelorarbeit entstandene Ansatz einer Software-Lösung soll hier als Prototyp und Wegweiser für eine Open-Source-Lösung dienen.

2 Qualitative Studien

Bereits in der Bachelorarbeit [27] und der darin durchgeführten Studie zeigte sich ein wenig erschlossenes Forschungsgebiet innerhalb der Didaktik im Kontext der Eye Tracking Studien. Da nun zusätzlich die Wirkung der Intervention untersucht werden soll, war es folgerichtig die Studie qualitativ zu planen und auszurichten.

Qualitative Studien sind besonders bei der Untersuchung wenig analysierter Forschungsfelder von großer Bedeutung, da sie vor allem dem Aufspüren von Tendenzen dienen [7] und trotz weniger wissenschaftlicher Grundlagen Ergebnisse erzielen können (vgl. z.B. [8], [15]). Daraus gewonnene Ergebnisse können als Hypothesen für weitere, dann sogar quantitative, Folgestudien verwendet werden [9]. Weiterhin sind qualitative Studien praktisch bei der Untersuchung kleiner Mengen von Probanden. Hier können zwar keine repräsentativen Ergebnisse erwartet werden, die allgemeingültig auf eine größere Gruppe angewendet werden können, jedoch beschreibt Lamnek das Ziel qualitativer Untersuchungen in der Repräsentanz und weniger in der Repräsentativität [14].

Allgemein stellt die qualitative Studie kein klar abgrenzbares Vorgehen dar, sondern sollte eher als Oberbegriff mit folgenden Merkmalen¹ gesehen werden:

- Offenes Datenformat
- Subjektorientierung
- Interpretation von Bedeutungen
- Analyse als re-iterativer Prozess
- Modifikation der Forschungsfrage und Forschungsmethoden im Studienprozess
- Integration des Prinzips der Induktion in den Forschungsprozess
- Vorannahmen, Einstellungen und Werthaltungen sowie die Rolle der Forscherin und des Forschers im Forschungsprozess werden expliziert und in den Forschungsprozess integriert
- Suche nach dem Widerspruch

Diese Merkmale sind weniger isoliert denn mehr als Gesamtkonzept sich bedingender Merkmale zu verstehen. Wichtig bei der Formulierung des Untersuchungsgegenstandes ist sowohl die subjektive Sicht der Probanden, als auch die der Forscher*innen einzubinden. Somit steuern die Forscher*innen aktiv den Verlauf der Studie (z.B. führen Teilergebnisse zu neuen Forschungsfragen), sind offen für Ergebnisse, die den eigenen Vorstellungen konträr gegenüber stehen und sind sogar angehalten aktiv nach ebensolchen zu suchen. Der Forschungsprozess bleibt dementsprechend dynamisch und kann jederzeit an neue Erkenntnisse angepasst werden. Die Erkenntnisgewinnung basiert zudem auf der Interpretation von Daten sowie der permanenten Überprüfung neu gewonnener Erkenntnisse und Anwendung dieser auf bereits ausgewertete Daten. Aufgrund der Datengewinnung

¹Zusammengesammelt von Meyer et al in „Qualitative Studien in der Versorgungsforschung“ (2012) [18] innerhalb der Arbeitsgruppe Qualitative Methoden im Deutschen Netzwerk für Versorgungsforschung e.V. (DNVF).

durch z.B. Interviews sind aufgenommene Daten meist zunächst in Text-, Bild- oder Videoform verfügbar und müssen vorab der Auswertung formatiert werden [18].

Immer wieder werden jedoch die schwer zu verallgemeinernden Ergebnisse sowie mangelhafte Transparenz in der Verfahrensweise der Studien kritisiert [17] und auch die verschiedenen Ansätze der qualitativen Forschung werden weiterhin kontrovers debattiert [18]. Zudem ist die Auswertung qualitativer Studien besonders zeitintensiv, da der Auswertungsprozess einerseits iterativ und zudem wenig automatisiert werden kann [17]. Die Kombination qualitativer und quantitativer Aspekte in so genannten Mixed-Method-Designs erweist sich dagegen als äußerst effektiv [8], sollen hier jedoch nicht weiter diskutiert werden.

Auch in unserer Studie soll die Qualität der Intervention im Mittelpunkt der Studie stehen und Erkenntnisse sowie Untersuchungsansätze für weitere Studien liefern. Die kurz- und mittelfristig gewonnenen Daten können interpretiert und miteinander verglichen werden, um bessere Erkenntnisse und Vorhersagen zu gewinnen. So können Folgestudien die Ergebnisse dieser Studie (mit kleiner Anzahl Probanden) verallgemeinert auf Grafiken dieser oder anderer Art projizieren und quantitativ untersuchen. Der Bereich der Untersuchung didaktischer Methoden mittels Eye Tracking zeigt noch großen Bedarf an Studien, Hypothesen und Analysen, vor allem auch an höheren Bildungseinrichtungen.

3 Forschungsdesign

Die Studie untersucht die Effektivität der Intervention (Workshop im Lesen von Netzwerkgrafiken, siehe Kapitel 3.3). Folgende Forschungsfragen leiten das Design:

- **(F1)** Wie setzen die Probanden die Informationen der Intervention um?
 - **(F1.1)** Welche vom Experten in der Intervention vermittelte Strategien zeigen die Probanden bei der Betrachtung der Grafiken?
 - **(F1.2)** In welchem Maße wurde die Lesekompetenz der Probanden durch die Intervention dauerhaft gesteigert?
- **(F2)** Inwiefern erweist sich der Kurzworkshop als geeignete Intervention für Lehrende und Lernende?

Auf den Forschungsfragen aufbauend wurden folgende Hypothesen formuliert:

Die Forschungsfrage F1 wird durch die Unterfragen F1.1 sowie F1.2 präzisiert und vergleicht kurz- und mittelfristige Ergebnisse der Probanden. Die Umsetzung der Workshop-Inhalte (F1.1) erachten wir als besonders relevanten Parameter, da dieser deutliche Erkenntnisse für die Evaluation der Intervention liefert. Experten-nahes Vorgehen wird vor allem im Anschluss an die Intervention vermutet. Hier erwarten wir kurzzeitig erhöhte Sensibilität der Probanden in Bezug auf die im Workshop angesprochenen Inhalte. Langfristig und in Bezug zu F1.2 erwarten wir dagegen keine Steigerung, sondern eher einen Leistungsabfall verglichen zur Aufnahme direkt nach der Intervention.

In Bezug auf F2 vermuten wir kurzfristig gesteigerte Lesekompetenzen der Probanden beobachten zu können. Langfristige Erfolge einer Kurzintervention wären vor allem für ausgelastetes Lehrpersonal wünschenswert, werden von uns jedoch nicht erwartet. Aufgrund der Attraktivität soll dies dennoch hier explizit untersucht werden.

Die Hypothesen stützen sich auf diverse Ergebnisse vergangener Studien zur Untersuchung der Lesekompetenz (visual literacy, siehe [19]). So können zunächst Studien aufgeführt werden, die den Bedarf am begleiteten Erlernen von Lesekompetenzen hinsichtlich Grafiken und digitalen Medien aufweisen (vgl. u.a. [16]) sowie mangelnde Behandlung dessen in Unter- und Oberstufe zeigen (z.B. [39]).

3.1 Planung der Studie

Nachdem die Ergebnisse der Bachelorarbeit [27] Unterschiede zwischen Experten und Novizen aufwiesen, sollte nun die Wirksamkeit der Intervention ermittelt werden. Dazu wurden zunächst Probanden gesucht. In verschiedenen Lehrveranstaltungen der Hochschule Stralsund wurden Informatikstudierende des ersten Bachelorsemesters über die Notwendigkeit der Studie sowie der Teilnahme informiert und anschließend akquiriert.

Teilnahmebereitschaft signalisierten zu diesem Zeitpunkt (Beginn des Wintersemesters) 25 Erstsemester-Studierende der Studiengänge Softwareentwicklung/Medieninformatik (SMIB) und Systemsicherheit/Mobile Systeme(SMSB).

Anschließend mussten Grafiken entworfen werden (vgl. Abschnitt 3.2) sowie die Kurzintervention geplant werden. In diesem Zusammenhang wurde das Vorgehen der Experten innerhalb der Studie der Bachelorarbeit erneut analysiert und zusammengefasst. Die Ergebnisse wurden mit dem Vortragenden des Workshops abgesprochen und als Präsentation aufbereitet (siehe Abschnitt 3.3). Abschließend wurden die Semesterwochenpläne der Studiengänge sowie des Vortragenden auf gemeinsame Freistunden untersucht und ein Termin für Workshop und Eye-Tracking festgelegt. Mehrere E-Mails erinnerten die Probanden an die Termine der Studie.

3.2 Die Grafiken

Für die Studie wurden zwei Grafiken entworfen, die denen der Rechnernetze-Vorlesung in Form und Layout ähneln sollten. Damit die Probanden nicht auf bereits erlangtes Vorwissen zugreifen konnten, wurden fiktive Netzwerke dargestellt. Die inhaltliche Komplexität sollte dabei denen der Vorlesung entsprechen, die Probanden fordern, aber nicht überfordern. Aus verschiedenen Skizzen wurden zwei Entwürfe unter Absprache und Feedback von Dr. Wolf finalisiert und digitalisiert. Die Grafiken wurden vorab einer 50-jährigen Verwaltungsangestellten gezeigt, die die Grafiken inhaltlich korrekt wiedergeben konnte. Dies prüft vor allem auch die Verständlichkeit für Menschen ohne (abgeschlossenes) Informatikstudium.

Das fiktive XML-Netzwerk wird in der Grafik in Abbildung 1 gezeigt. Ein *Start-PC* erstellt Daten und sendet diese an den *XMF-PC*, der die Daten verarbeitet und an den *Prüf-PC* weiterleitet. Dieser prüft die Daten auf Fehler. Ist das Datenpaket fehlerfrei, so wird es an den *Ziel-PC* weitergeleitet. Bei fehlerhaften Daten wird ein Not-Stop-Signal an den *Start-PC* gesendet sowie eine Information über fehlerhafte Daten an den *Hilfs-PC* geleitet. Aufgrund dieser Information erzwingt der *Hilfs-PC* einen Neustart des *XMF-PC*. Die Grafik gibt keine Auskunft über den Umgang mit fehlerhaften Daten am *Prüf-PC* und lässt somit offen, ob die Daten z.B. einfach verworfen werden.

Der Einstieg in die Grafik sollte den Probanden über die klare Definition von Start- und Endpunkt erleichtert werden. Zu diesem Zweck wurden diese mit *Start-PC* bzw. *Ziel-PC* eindeutig definiert. Zudem war uns aufgefallen, dass die Novizen der Bachelor-Studie die Bedeutung verschiedener Pfeile (Datentransfer/Kommunikation) nicht korrekt erkannten. Dies wollten wir erneut prüfen und erzeugten somit Pfade entlang denen Daten transferiert werden sowie weitere, die ausschließlich der Kommunikation einzelner Bereiche dienen. Darüber hinaus sollten sich hinsichtlich der gewählten Studiengänge grundlegende Strukturen der Programmierung (z.B. Verzweigungen oder Schleifen) innerhalb der Grafik wiederfinden. Zu diesem Zweck erhielt bspw. der *Prüf-PC* die Verzweigung „WENN Paket fehlerfrei DANN übertrage Daten an *Ziel-PC* SONST benachrichtige *Start-PC* und *Hilfs-PC*“. Zudem können ohne Beachtung des Inhalts verschiedene Schleifen in der Grafik erkannt werden (z.B. *Start-PC* → *XMF-PC* → *Prüf-PC*).

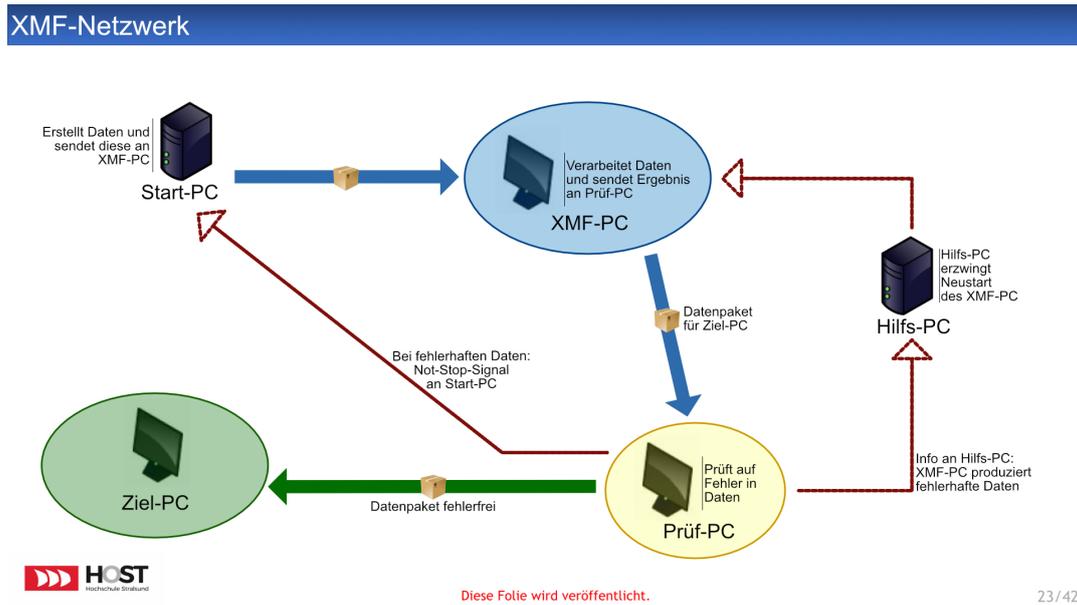


Abbildung 1: fiktive Rechnernetze-Folie (#1)

Der nach der Betrachtung der Grafik von den Probanden auszufüllende Fragebogen enthielt folgende Fragen (Eine mögliche Antwort ist hier jeweils in Kursiv angegeben). Wie auch schon in der Bachelorarbeit sollte der Fragebogen verschiedene Aspekte der Grafik erfragen sowie die Abstraktion der Probanden ermitteln.

1. Was soll die Grafik Ihrer Ansicht nach erklären bzw. veranschaulichen?
Die Funktionsweise eines XMF-Netzwerks.
2. Fassen Sie den Inhalt der Grafik in eigenen Worten kurz zusammen.
Ein Start-PC erstellt Daten und sendet diese an den XMF-PC. Dieser verarbeitet die Daten und sendet das resultierende Datenpaket an den Prüf-PC, der das Datenpaket auf Fehler prüft. Ist das Datenpaket fehlerfrei, wird es an den Ziel-PC gesendet. Bei Fehlern im Datenpaket sendet der Prüf-PC ein Not-Stopp-Signal an den Start-PC, der das Erstellen von Daten einstellt. Außerdem benachrichtigt der Prüf-PC einen Hilfs-PC über die fehlerhaften Pakete. Der Hilfs-PC sorgt dann für einen Neustart des XMF-PCs.
3. Wie viele Stationen durchläuft ein Paket maximal?
4 (Start-PC, XMF-PC, Prüf-PC, Ziel-PC)
4. Was passiert, wenn ein Paket nicht den Anforderungen des Prüf-PCs entspricht?
Not-Stopp-Signal an Start-PC; Benachrichtigung an Hilfs-PC; Wie mit dem fehlerhaften Datenpaket umgegangen wird, ist nicht beschrieben.
5. Welche Aufgabe hat der Hilfs-PC?
Der Hilfs-PC erzwingt den Neustart des XMF-PCs, falls fehlerhafte Datenpakete an den Prüf-PC gesendet wurden.

6. Welche Anforderungen muss ein Paket erfüllen, um zum Ziel-PC gesendet zu werden?

Das Paket muss fehlerfrei sein.

7. Die Grafik verwendet verschiedene Arten von Pfeilen. Welche Unterschiede werden damit dargestellt?

Ausgefüllte Pfeile (mit Datenpaket) kennzeichnen den Datentransfer. Gepunktet-umrandete dünne Pfeile stellen Kommunikationskanäle dar. Bei ihnen werden keine Datenpakete transferiert.

Abbildung 2 zeigt die zweite Grafik, die das fiktive „Verteiler-Netzwerk“ darstellt. Datenpakete mit bis zu drei verschiedenen Inhalten (dargestellt durch die Buchstaben A,B,C am Paket) werden vom *Start-PC* generiert und an jeweils entsprechenden PCs gesendet, wobei jeder PC für genau eine Paket-Art (also A, B, oder C) verantwortlich ist. Die Daten der Pakete A und B sind dabei jedoch teilweise fehlerbehaftet (rot markiert). *PC A* repariert fehlerhafte Datenpakete und sendet die Pakete anschließend an den *Ziel-PC*. *PC B* sortiert fehlerbehaftete Pakete aus, löscht diese und sendet die funktionsfähigen weiter an den *Ziel-PC*. Lediglich die Datenpakete vom Typ C werden von *PC-C* direkt vernichtet. Der *Ziel-PC* erhält also nur funktionsfähige Datenpakete vom Typ A und B. Als externe Kontrollinstanz überwacht ein *Prüf-PC* die Ergebnisse der PCs A, B und C. Wird dabei eine erhöhte Anzahl an Fehlerpaketen festgestellt, sanktioniert der *Prüf-PC* den *Start-PC*.

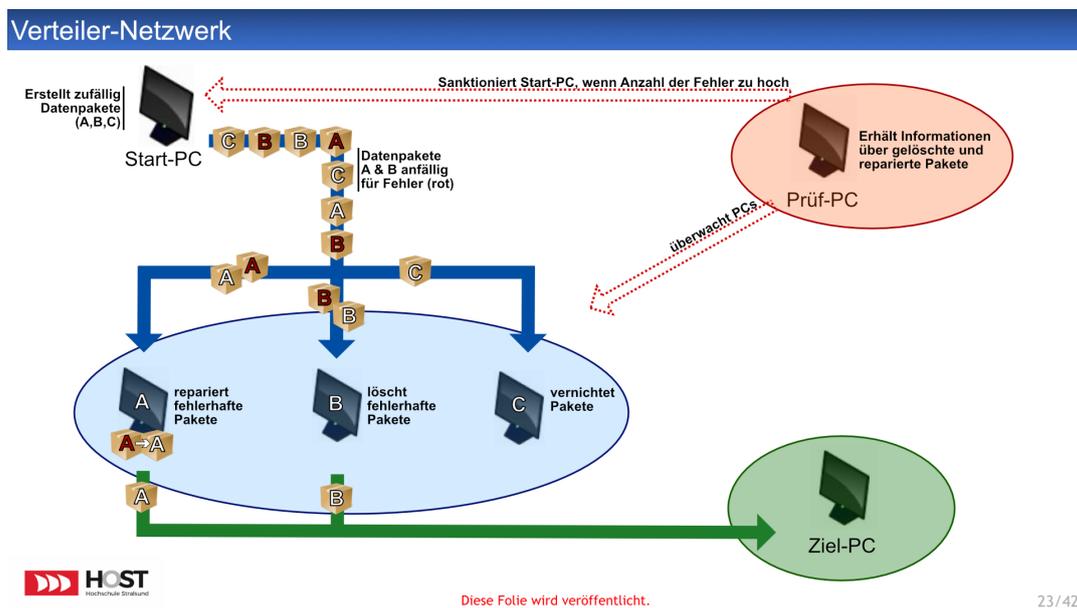


Abbildung 2: fiktive Rechnernetze-Folie (#2)

Wieder wurden Start- und Endpunkt der Grafik mit *Start-PC* und *End-PC* benannt, um Konsistenz zur ersten Grafik zu schaffen. Zudem wurde mit der Zuweisung der Datenpakete an entsprechende PCs erneut eine Verzweigung in die Grafik eingebaut sowie weiterhin zwischen Datentransfer und Kommunikation unterschieden. In dieser Grafik übernimmt der *Prüf-PC* eine externe Rolle und agiert nur über Schnittstellen mit dem

Verteiler-Netzwerk, entgegen seiner Rolle innerhalb der ersten Grafik. So sollten klare Unterschiede zur ersten Grafik geschaffen werden.

Der nach der Betrachtung der Grafik von den Probanden auszufüllende Fragebogen enthielt folgende Fragen (Eine mögliche Antwort ist hier jeweils in Kursiv angegeben):

1. Was soll die Grafik Ihrer Ansicht nach erklären bzw. veranschaulichen?
Sie zeigt den Aufbau bzw. die Funktionsweise eines Verteiler-Netzwerks.
2. Fassen Sie den Inhalt der Grafik in eigenen Worten kurz zusammen.
Ein Start-PC erstellt Datenpakete („A“, „B“, „C“) und sendet diese an zuständige PCs weiter. Die Datenpakete „A“ und „B“ können Fehler beinhalten (rot dargestellt). Ein PC repariert fehlerhafte Daten, einer sortiert fehlerhafte aus und ein weiterer löscht sämtliche Daten. Dementsprechend leiten zwei der PCs ihre Ergebnisse an den Ziel-PC weiter. Der Prüf-PC überwacht die Arbeit der PCs A, B und C und sanktioniert den Start-PC, sofern zu viele Fehler gezählt wurden.
3. Nach welchen Kriterien werden Datenpakete erstellt?
Der Start-PC erstellt rein zufällig Datenpakete.
4. Welche Datenpakete sind für den Ziel-PC nicht von Relevanz und warum?
Datenpakete vom Typ C, da diese direkt gelöscht werden.
5. Welche Aufgaben hat der Prüf-PC?
Er überwacht die Ergebnisse der PCs A, B und C; und sanktioniert darüber hinaus den Start-PC, falls die Anzahl beobachteter Fehler zu hoch ist.
6. Wie unterscheidet sich die Paketbehandlung der PCs A und B?
PC A repariert fehlerhafte Daten, PC B hingegen löscht diese.
7. Die Grafik verwendet zwei Arten von Pfeilen. Welche Informationen sollen damit verdeutlicht werden?
Die ausgefüllten Pfeile zeigen den Datentransfer. Die gepunktet-umrandeten Pfeile stellen Kommunikationskanäle dar. Bei ihnen werden keine Datenpakete transferiert.
8. Beschreiben Sie Ihr Vorgehen beim Betrachten der Grafik!

Die letzte Frage wurde nicht bewertet, sondern diente dem Abgleich zwischen dem aufgenommenen Vorgehen und der Selbstwahrnehmung des Probanden. Dies soll gemeinsam mit den jeweiligen AOI Sequence Charts in Kapitel 5.2.2 untersucht und verglichen werden.

3.3 Die Intervention

Am 05.November 2019 wurde der Workshop mit dem Titel „Grafiken - lesen und verstehen“ durchgeführt, der für alle Probanden verpflichtend war. In einem Seminarraum der Hochschule Stralsund wurde den Probanden eine Übersicht gegeben, wie Experten Netzwerkgrafiken betrachten. Dazu referierte Professor Dr.-Ing. A. Noack mit einem 20-Minütigen Vortrag. Zentraler Inhalt neben Beispielgrafiken der Rechnernetze-Vorlesung war das allgemeine Vorgehen:

1. Wie lautet der Titel der Grafik?
2. Bei welchem Bereich beginnt sie inhaltlich? (Start identifizieren)
3. Ist der Bereich vollständig erfasst?
Gehe zum inhaltlich folgenden Bereich.
4. Wiederhole Schritt 3, bis Grafik vollständig erfasst.
5. Sind alle Zusammenhänge zwischen den Bereichen klar?
6. Wiederhole die inhaltliche Abfolge der Grafik mit eigenen Worten.

Dieses Vorgehen sollte den Probanden als Richtlinie dienen und wurde anhand dafür ausgewählter Grafiken erläutert. Teile der Grafiken wurden den Vorlesungsunterlagen entnommen, die uns Professor Noack freundlicherweise zur Verfügung stellte sowie dem Buch „Technische Grundlagen von Computernetzen: Techniken, Standards und Systeme“ [3]. Einige der verwendeten Grafiken zeigt Abbildung 3:

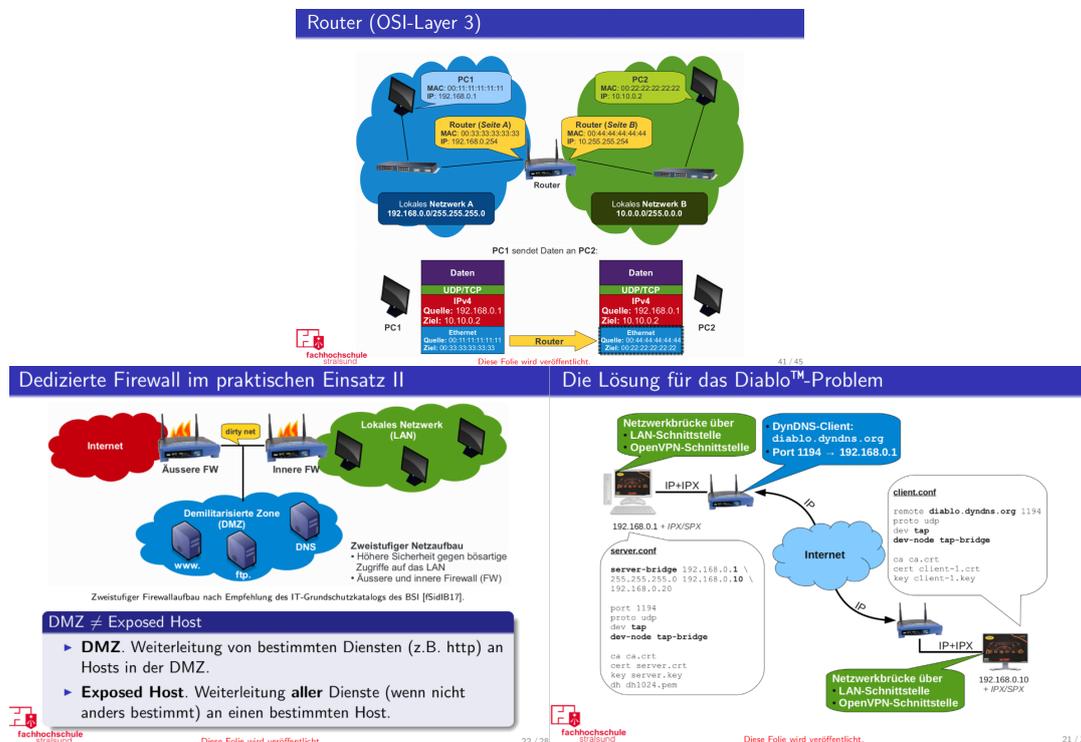


Abbildung 3: Grafiken der „Rechnernetze“-Vorlesung von Prof. Dr.-Ing. A. Noack

Mit den im Workshop erörterten Richtlinien sollte erfasst werden, ob die Probanden die Richtlinien tatsächlich umsetzen. In der Bachelorarbeit [27] wurde einer der Unterschiede zwischen Experten und Novizen in der Betrachtung von Netzwerkgrafiken darüber identifiziert, da Experten Bereiche vollständig erfassten und erst im Anschluss zum nächst folgenden Bereich wechselten. Novizen dagegen mussten bereits betrachtete Bereiche immer wieder nach neuen Informationen absuchen, was als Vorgehen eher dem in Schulen gelehrtem „Skimming“ entspricht und bei der Betrachtung von wissenschaftlichen Texten und Grafiken als wenig zielführend beschrieben wird [40].

Die Probanden sollten mit dem vermittelten Vorgehen gezielt durch die im Anschluss zu betrachtende Grafik geleitet werden. Zunächst sollte der Titel betrachtet werden. In diversen Studien wurde bereits erkannt, dass Titel oder Header von Grafiken und Webseiten immer wieder von Probanden nicht beachtet wurden (vgl. u.a. [5]). So sollte die Aufmerksamkeit gezielt auf den Titel gelenkt werden. Im Anschluss sollte ein möglicher Einstiegspunkt in die Grafik gesucht werden. Um den Einstieg zu erleichtern, benannten wir daher einen *Start-PC* in den Grafiken. Von diesem ausgehend sollten die weiteren Bereiche der Grafik Schritt für Schritt identifiziert und vollständig betrachtet werden sowie inhaltliche Zusammenhänge erkannt werden.

Der Workshop wurde als Frontalvortrag gestaltet. Somit sollten Erkenntnisse für die unter F2 gestellte Forschungsfrage zur Effektivität des Kurzworkshops, insbesondere des Frontalvortrages, generiert werden. Aufgrund der bereits von uns gesammelten Erkenntnisse bezog sich die Vorbereitung des Vortrags hauptsächlich noch auf die Wahl passender Grafiken, anhand derer das Vorgehen erklärt werden konnte. Die Vorbereitungsdauer des gesamten Workshops kann somit als überschaubar (< 2 Stunden) erachtet werden.

Im Gegensatz zu den von uns entworfenen fiktiven Netzwerken zeigen auch die für den Workshop gewählten Grafiken (vgl. Abbildung 3) keinen direkt erkennbaren inhaltlichen Startpunkt. Die Probanden erfragten hier am Ende des Vortrags das Vorgehen des Professors, der sowohl auf Hinweise in den Texten, als auch die Richtungen der Pfeile verwies (z.B. zeigt die rechte Folie der Abbildung zwei Pfeile, die von der „Internet-Wolke“ ausgehen).

Die Evaluation der Intervention wird anhand der von den Probanden ausgefüllten Fragebögen sowie den aufgenommenen Blickbewegungen durchgeführt. Der Klassifizierung Kromrey's folgend [12], ist die Evaluation somit am ehesten dem Forschungsparadigma zuzuschreiben. Die Erfassung der Probleme der Probanden (Novizen) bezüglich der Lesekompetenz von Netzwerkgrafiken steht hier zunächst im Vordergrund und soll als Grundlage für weitere Studien erachtet werden. Im weiteren Sinne darf jedoch auch das Entwicklungsparadigma nicht unbenannt bleiben, dessen Ziel es ist, „Konzepte und Vorstellungen zu entwickeln, die Fähigkeit von Organisationen zur Problemwahrnehmung und -bewältigung zu stärken“ [12]. Dies bietet die langfristige Motivation auf Grundlage unserer Untersuchungen gemeinsam mit Lehrenden effektive und effiziente Workshops zum Lesen und Verstehen von Grafiken zu entwickeln und somit den Differenzen hinsichtlich der erwarteten und tatsächlichen Lesekompetenz der Probanden zu begegnen.

Ein Überblick über das Vorgehen innerhalb der Auswertung bietet eine Ausarbeitung nach dem von Kromrey empfohlenen Vorgehen zur Präzisierung der Evaluation²:

Was wird evaluiert?

Gegenstand der Evaluation ist die Wirkung des Workshops zur Verbesserung der Lesekompetenz von Netzwerkgrafiken. Um diese evaluieren zu können, werden die Ergebnisse der Eye Tracking Aufnahmen und Fragebögen hinzugezogen. Der Workshop in seiner jetzigen Ausarbeitung ist dabei weniger als final, sondern eher als Prototyp zu sehen, der durch Beobachtungen und Erkenntnisse der Studie weiter entwickelt werden soll. Die Auswertung kann somit weiterführend als Grundlage betrachtet werden. Vor allem künftig angehende Studierende sollen von den Ergebnissen profitieren und der Einstieg in das Studium diesbezüglich erleichtert werden.

Wer evaluiert?

Die Evaluation wird von einem Probanden der Expertengruppe der Studie von 2018 (ich selbst) sowie mit Dr. Paul Wolf, einem Experten der Didaktik der Mathematik mit Erfahrungen in der Evaluation von Interventionen, in enger Zusammenarbeit durchgeführt. So können die Kompetenzen auf Seiten der Informatik mit denen der Didaktik optimal verknüpft und für die Weiterentwicklung innerhalb der Studie genutzt werden.

Wie wird evaluiert?

Wie bereits erwähnt soll die Intervention mit Hilfe der Auswertung von Eye Tracking Daten vorgenommen werden. Dabei sollen die erhobenen Ergebnisse der 2018 durchgeführten Studie [27] als Basis dienen, in der die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen durch prägnante Unterschiede im Blickverhalten von Experten und Novizen deutlich geworden war. Der qualitative Ansatz soll hierbei die Studie bereichern und eine flexible Umgebung für die Auswertung bilden. Erkenntnisse der ersten Messung können so innerhalb der zweiten Messung bei Bedarf eingegliedert werden. Unterstützend sollen weiterhin Fragebögen im Anschluss an die Betrachtung der Grafiken von den Probanden ausgefüllt und für die Auswertung hinzugezogen werden.

Nach welchen Kriterien wird evaluiert?

Bereits zu Beginn des Kapitels wurden mit den Forschungsfragen die Ziele der Intervention angegeben. Die Daten werden also insbesondere hinsichtlich der Frage F1 untersucht, um so Erkenntnisse für F2 und die Frage nach der Wirkung des Kurzworkshops zu gewinnen. Sowohl Hypothesen-stützende, als auch -widerlegende Ergebnisse können insgesamt positiv in die Weiterentwicklung einer effektiven Intervention einfließen.

Mit diesem Vorgehen erhoffen wir uns prägnante Aussagen über die Wirkung der Intervention sowie über die Lesekompetenz der Probanden treffen zu können und die Ergebnisse in die Beantwortung der Forschungsfragen integrieren zu können.

²Detaillierte Angaben in [12] (Tab. Evaluation - Begriffsdimension und Klärungsbedarf, S.16)

3.4 Eye-Tracking-Versuch Nr. 1

Die erste Messreihe wurde mit den Probanden im Ergonomie- und Usability-Labor der Hochschule Stralsund direkt im Anschluss an den Workshop durchgeführt. Den Probanden wurde vorab der Ablauf erläutert, bevor sie nacheinander ins Labor aufgerufen wurden. Der Eye-Tracker wurde zu Beginn auf den jeweiligen Probanden kalibriert. Im Anschluss bekam jeder Proband die Aufgabe mindestens 3 Fehler in einem Bilderrätsel („Finde die Unterschiede“) zu identifizieren. So sollten die Probanden von der Laborumgebung abgelenkt und aufgelockert werden. Diese Art der Auflockerung wurde unter anderem auch in Teilen der Studien-Reihe „Driving without awareness“ (siehe z.B. [4]) verwendet, positiv festgehalten und sollte daher auch in unserer Studie umgesetzt werden. Wurden mehrere Fehler identifiziert, wurde die Eye-Tracking-Aufnahme mit der fiktiven „XML-Netzwerk“-Grafik gestartet. Die Probanden hatten unbegrenzt Zeit, die Grafik zu erfassen. Abschließend musste von den Probanden ein Fragebogen zur Grafik ausgefüllt werden (vorher mehrfach angekündigt). Der Fragebogen sollte die Probanden ermutigen, die Grafik genau zu betrachten, um den anschließenden Fragebogen richtig ausfüllen zu können. Insgesamt nahmen 13 Personen (m/w: 10/3) an dem Versuch teil.

3.5 Eye-Tracking-Versuch Nr. 2

Die zweite Messreihe wurde am 07. Januar 2020 durchgeführt. Unter gleichen Bedingungen (gleiches Usability-Labor der Hochschule, gleicher Ablauf) wurden die Messungen aufgenommen. Zwölf der Probanden (m/w: 9/3) nahmen teil, ein Proband musste kurzfristig absagen. Wieder wurde zunächst der Eye-Tracker kalibriert und anschließend ein Fehlersuchbild gezeigt, bevor die Aufnahme der Grafik gestartet wurde. Die Probanden hatten dabei unbefristet Zeit und mussten erneut einen Fragebogen im Anschluss ausfüllen. Als Aufwandsentschädigung erhielten die zwölf Probanden für ihre Teilnahme am Workshop und beiden Messungen einen Gutschein in Höhe von zehn Euro.

4 AOIanalyseR

4.1 Die Statistikumgebung R

In einer Studie wurde die Nutzung von R [20] in über 60.000 Veröffentlichungen (mit peer-to-peer Reviews) zwischen 2007 und 2017 analysiert. Als bevorzugtes Werkzeug zur Datenanalyse gewann R in diesem Zeitraum deutlich an Präsenz [13]. Auch der PYPL-Index zeigt R im Mai 2019 auf Platz 7 im weltweiten Vergleich, direkt hinter C/C++. Gemessen wurden dabei alle Google-Suchanfragen zu R-Tutorials [26].

R beschreibt sich selbst nicht als Programmiersprache, sondern als Umgebung für statistische Auswertungen. Die 1992 von Ross Ihaka und Robert Gentleman entworfene Sprache steht seither unter der GNU Lizenz für freie Software [29]. Neben den bereits integrierten Funktionalitäten bietet R die Möglichkeit über so genannte Pakete (engl.: Packages) kostenlos weitere Funktionen hinzuzufügen. Als Beispiel hierfür kann das Paket ggplot2 [32] genannt werden, das die Darstellung von Grafiken erweitert/optimiert. Pakete werden über das „Comprehensive R Archive Network“ (kurz: CRAN) verwaltet und sind frei zugänglich. Darüber hinaus kann R Code über C/C++ oder Python-Code (um nur einige Beispiele zu nennen) manipuliert werden.

Wie bereits in meiner Bachelorarbeit beschrieben [27], sind AOI Sequence Charts zur Auswertung von Eye-Tracking-Daten aufgrund ihrer Übersichtlichkeit besonders geeignet. Jedoch wird die Analyse über AOI Sequence Charts noch immer von keiner Software unterstützt³. Heatmaps und Gazeplots sind bislang meist genutzte Auswertungs-Tools im grafischen Bereich. Daher sollte während der Studie ein R Paket entwickelt werden, welches die Auswertung von Eye-Tracking-Daten über AOI Sequence Charts übernimmt. Als R Paket könnte das Software-Snippet so leicht verbreitet und vielerorts als weiteres Analyse-Tool verwendet werden.

Eine Recherche im CRAN zeigte diverse R Pakete zur Auswertung von Eye-Tracking-Daten. Davon befassen sich einige mit dem Einlesen von Eye-Tracking-Daten (z.B. „eyelinker“ und „readSMI“), andere mit der Erkennung bzw. der Unterscheidung von Sakkaden und Fixationen (z.B. das Package „emov“) und wiederum andere mit der Analyse über Scanpaths (z.B. „ScaSim“). Zudem werden einige mit der Notiz „Vorsicht! Software im Alpha-Stadium. Nutzung auf eigene Gefahr“ versehen (z.B. „pupilParse“) und sind somit nur bedingt einsatzfähig. Eine Auswertung über AOI sind oft über die Pakete mit Scanpath-Analyse-Tools abgedeckt, jedoch bietet hier keines die Möglichkeit AOI Sequence Charts aus Eye-Tracking-Daten zu generieren.

Die Recherche zeigt also zweierlei Dinge: Die Auswertungen von Eye-Tracking-Daten wird in R bislang wenig bis kaum unterstützt (und wenn, dann nur für spezielle Daten) sowie fehlende Möglichkeiten der Auswertung über AOI Sequence Charts.

³Die Software BeGaze macht hierbei eine Ausnahme. Jedoch unterscheiden sich die dort erstellten Charts deutlich den unseren (siehe BeGaze Manual Seite 231). Eine Option zur Erstellung dieser Chart-Art soll dennoch in Betracht gezogen werden.

Dieser Mangel soll als Anreiz und Motivation für die Entwicklung eines R Pakets sein, welches weitere Analysen/Auswertungen über AOI Sequence Charts zulässt.

4.2 Planung

Der in der Bachelorarbeit mit JavaScript entwickelte Prototyp konnte erste Erkenntnisse über die Nutzung liefern. Diese sollten bei der Umsetzung nun mit einbezogen werden. An den AOI Sequence Chart Generator wurden deshalb folgende Anforderungen gestellt:

- Der Generator kann AOI Sequence Charts für eine beliebige Anzahl an Probanden und AOI erstellen.
- Die mit der Software erstellten Charts können vom Nutzer verschoben, gezoomt und nach AOI gefiltert werden.
- Die Charts können neben dem Default-Erscheinungsbild optisch individuell an die Bedürfnisse einzelner Nutzer angepasst werden (Farbcodierung durch Nutzer möglich).
- Um die Masse an generierten Eye-Tracking-Daten in einer für den Nutzer akzeptablen Zeit verarbeiten zu können, ist der AOI Sequence Chart Generator auf kurze Verarbeitungszeiten optimiert (Verarbeitungsdauer einer 3-minütigen Aufnahme bis zur Anzeige des Charts $< 0,5s$ pro Proband).
- Eine optionale Darstellung eines Charts eines Probanden mit Aufteilung der AOI auf der y-Achse wird geboten.
- Neben dem Erstellen von AOI Sequence Charts werden weitere Möglichkeiten der Auswertung geboten. Ein Beispiel soll hier die Auswertung der einzelnen AOI-Betrachtungszeiten darstellen.
- Nutzer können die AOI Sequence Charts an Ihre Wünsche anpassen.

Die Verwendung des Pakets *ggplot2* erschien aufgrund der zahlreichen Nutzung sinnvoll. In Kombination mit *plotly* konnten die Grafiken um weitere Funktionalitäten erweitert werden und so bereits erste Anforderungen abdecken.

Vorerst wird der AOI Sequence Chart Generator die Verarbeitung von mehreren zeitgleich betrachteten AOI nicht unterstützen. Hierfür müssen weitere Layout-Überlegungen stattfinden, wie der Graph trotz mehrerer zeitgleicher AOI seine Übersichtlichkeit nicht verliert. Ein möglicher Ansatz bietet die bereits erwähnte Möglichkeit, die AOI über die y-Achse aufzuteilen. Dies kann jedoch den Vergleich der Betrachtung bzw. der Blickverläufe mehrerer Probanden einschränken.

Selbstverständlich erhält der AOI Sequence Chart Generator einen kurzen prägnanten Paket-Namen und sprechende Namen für die einzelnen Funktionen sowie eine ausreichende und hilfreiche Dokumentation. Auch wenn die Ergonomie der Software während der Entwicklung innerhalb dieser Masterarbeit wenig getestet werden kann, sollen dennoch grundlegende ergonomische Gesichtspunkte eingehalten sowie bewährte Standards in der Programmierung mit R beachtet werden, um die Weiterentwicklung der Software durch Dritte zu einem späteren Zeitpunkt zu ermöglichen.

4.3 Der Funktionsumfang

Das Paket *AOIanalyseR* bietet diverse Funktionen zum Einlesen und Auswerten von Eye-Tracking-Daten, die hier im Folgenden beschrieben werden sollen.

4.3.1 Datenimport

Funktion 1: *importData(files, delimiter, name_column, time_column, aoi_columns)*

Eye-Tracking-Daten werden über diese Funktion in R eingelesen. Dabei ist darauf zu achten, dass die einzulesenden Daten in folgendem Format vorliegen. Die Datei „Sample.tsv“ ist dem Paket als Beispiel beigelegt, zeigt die Aufnahme zweier Probanden, die die AOI „title“, „pic“ und „text“ betrachten sollten und stellt das benötigte Format dar.

name	time	title	pic	text
subject1	0	1	0	0
subject1	1	1	0	0
subject1	2	1	0	0
subject1	3	0	0	0
subject1	4	0	1	0
subject1	5	0	1	0
...

Tabelle 1: Ausschnitt der Sample.tsv

Die Funktion kann Dateien verschiedener Formate einlesen. Es werden eine Spalte mit Namen, eine mit den zeitlichen Messpunkten sowie Spalten für jedes AOI (Betrachtet = 1, Nicht betrachtet = 0) vorausgesetzt (siehe Tabelle 1). Weitere Spalten können vorhanden sein, werden aber von der Software nicht berücksichtigt.

Mit dem Parameter *files* nimmt die Funktion einen Vektor entgegen, der die Namen (inkl. Dateiendungen) der einzulesenden Daten enthält. Über *delimiter* kann das Trennzeichen gesetzt werden. So können verschiedene Formate, z.B. .csv- und .tsv-Dateien eingelesen werden. Jedoch müssen alle Dateien ein gemeinsames Format vorweisen. Als Standard-Format werden .tsv-Dateien erwartet. Der Name des Probanden (*name_column*), sowie

Zeit (*time_column*) und die Namen aller AOI (*aoi_columns*) können über die jeweiligen Parameter gesetzt werden. Die passenden Spalten werden im Anschluss in ein Data Frame eingelesen und sind für die Nutzung der folgenden Funktionen notwendig.

Eingelesen und verarbeitet werden die Daten über Funktionen der „Tidyverse“-Pakete: *readr* [35] und *dplyr* [37]. Eine Fehlermeldung wird ausgegeben, wenn einer der Parameter nicht übergeben wurde. Anschließend werden die notwendigen Zeilen und Spalten aus der Import-Datei ausgelesen und als Data Frame gespeichert, wobei leere Zellen mit „0“ ersetzt werden. Anschließend werden die importierten Daten zur Optimierung an hier folgende Funktionen weitergereicht.

```
1 importData <- function(files = "",
2                       delimiter = "\t",
3                       name_column = "",
4                       time_column = "",
5                       aoi_columns = ""){
6
7   '%>%' <- dplyr::'%>%'
8
9   if(length(files)==0){
10    stop("Error in importData(): files is empty")
11  }
12  if(name_column==" " || time_column==""){
13    stop("Error in importData():
14         name_column or time_column is empty")
15  }
16  if(length(aoi_columns)<2){
17    stop("Error in importData():
18         aoi_columns: please select two or more")
19  }
20
21  columns <- c(name_column, time_column, aoi_columns)
22  columns <- factor(columns, levels=columns)
23  data <- do.call("rbind", lapply(files, function(fn)
24    data.frame(
25      Filename = fn,
26      readr::read_delim(fn, delimiter) %>%
27      dplyr::mutate_if(
28        is.numeric, ~ replace(., is.na(.), 0)) %>%
29      dplyr::mutate_if(
30        is.character, ~ replace(., is.na(.), "0")) %>%
31      dplyr::select(levels(columns))
32    )))
33
34  return(rleAOIData(oneAOIColumn(data, aoi_columns)))
35 }
```

Listing 1: Quellcode der importData-Funktion

Funktion 2: *oneAOIColumn(data, aoi_columns)*

Zur Darstellung der importierten Daten als AOI Sequence Chart müssen weitere Anpassungen am Format des Data Frames vorgenommen werden. Die Funktion fasst daher die AOI-Spalten zusammen und verringert so erstmals den Datensatz deutlich. Dabei werden die jeweils mit „1“ markierten aktiv betrachteten AOI in einer Spalte zusammen gefasst. Die Funktion *unite* des *tidyr*-Pakets [34] reiht dabei alle Spaltennamen zusammen, die aktiv betrachtet wurden. So können auch überlappende AOI dargestellt und ausgewertet werden. Die Funktion erhält die zuvor importierten Daten, ist jedoch nicht für den Nutzer sichtbar und wird beim Datenimport automatisch am Ende der *importData()*-Funktion ausgeführt.

```
1 oneAOIColumn <- function(data, aoi_columns){
2
3   '%>%' <- dplyr::'%>%'
4
5   input_aoi <- data %>%
6     dplyr::select(aoi_columns)
7
8   aoi_one_col <- data %>%
9     dplyr::select(aoi_columns) %>%
10    dplyr::mutate(
11      aoi = dplyr::case_when(
12        input_aoi[,1]=="1" ~ as.character(aoi_columns[1]),
13        TRUE ~ ""
14      )
15    ) %>%
16    dplyr::select(aoi)
17
18   i <- 2
19   repeat{
20     new_aoi_data <- input_aoi %>%
21       dplyr::mutate(
22         new_aoi_data = dplyr::case_when(
23           input_aoi[,i]=="1" ~ as.character(aoi_columns[i]),
24           TRUE ~ ""
25         )
26       ) %>%
27       dplyr::select(new_aoi_data)
28
29     aoi_one_col <- cbind(aoi_one_col, new_aoi_data)
30     aoi_one_col <- tidyr::unite(
31       aoi_one_col, "AOI", 1:2, sep = "", remove = TRUE)
32
33     i <- i + 1
34
35     if(i>length(aoi_columns)){
36       rm(i)
37       break
38     }
39   }
40 }
```

```

41 output <- data.frame(
42   "Name" = data[,2],
43   "Time_End" = data[,3],
44   "AOI" = aoi_one_col,
45   stringsAsFactors=FALSE
46 )
47 Time_Start <- c(0, output$Time_End)
48 Time_Start <- Time_Start[-length(Time_Start)]
49 output <- cbind(output, Time_Start, stringsAsFactors=FALSE)
50
51 return(output)
52 }

```

Listing 2: Quellcode der oneAOIColumn-Funktion

Funktion 3: *rleAOIData(data)*

Bislang erhält das Data Frame zu jedem Messpunkt des Eye-Trackers einen Datensatz, auch wenn über mehrere Messpunkte hinweg das gleiche AOI betrachtet wurde. Über *rleAOIData(data)* werden diese Zeilen nun laulängenkodiert. Wieder wird die Funktion über *importData()* aufgerufen und ist somit nicht für den Nutzer sichtbar. Die aneinandergerordnete Ausführung der drei Funktionen ergibt das finale Data Frame, mithilfe dessen sich AOI Sequence Charts sowie Statistiken erstellen lassen.

```

1 rleAOIData <- function(data){
2
3   '%>%' <- dplyr::'%>%'
4
5   number_of_subjects <- as.numeric(
6     dplyr::n_distinct(data$Name))
7   output <- data.frame()
8
9   j <- 1
10  repeat{
11    new_subject <- data %>%
12      dplyr::filter(Name == dplyr::first(data$Name))
13    data <- dplyr::setdiff(data, new_subject)
14    new_subject <- new_subject[-1,]
15    subject_total_time <- dplyr::last(new_subject$Time_End)
16
17    i <- 1
18    aoi_start_pointer <- 1
19    last_viewed_aoi <- new_subject$AOI[i]
20    subject_number_of_data_rows <- as.numeric(
21      length(new_subject$Name))
22
23    repeat{
24      if(i > subject_number_of_data_rows ||
25         last_viewed_aoi != new_subject$AOI[i]){
26        newRow <- data.frame(
27          "Name" = new_subject$Name[i-1],

```

```
28     "AOI" = last_viewed_aoi,
29     "Time_Start"
30     = new_subject$Time_Start[aoi_start_pointer],
31     "Time_End" = new_subject$Time_End[i-1],
32     stringsAsFactors=FALSE
33   )
34
35   new_subject <- rbind(new_subject, newRow)
36
37   if(i > subject_number_of_data_rows){
38     new_subject <-
39     new_subject[-(1:subject_number_of_data_rows),]
40     rm(i);rm(aoi_start_pointer);rm(last_viewed_aoi)
41     break
42   }
43
44   last_viewed_aoi <- new_subject$AOI[i]
45   aoi_start_pointer <- i
46 }
47
48 i <- i + 1
49 }
50
51 new_subject <- cbind(
52   new_subject,
53   "Time_Total" = rep(
54     subject_total_time, length(new_subject$Name)
55   )
56 )
57
58 output <- rbind(output, new_subject)
59
60 j <- j + 1
61 if(j > number_of_subjects){
62   rm(j)
63   break
64 }
65 }
66
67 output$AOI <- factor(output$AOI)
68 output$Time_Start <- as.numeric(
69   gsub(",", ".", output$Time_Start)
70 )
71 output$Time_End <- as.numeric(
72   gsub(",", ".", output$Time_End)
73 )
74
75 return(output %>%
76   dplyr::select(Name, AOI, Time_Start, Time_End, Time_Total)
77 )
78 }
```

Listing 3: Quellcode der rleAOIData-Funktion

4.3.2 Sequence Charts

Funktion 4: `createAOISequenceChart(data, scaling, size, aoi_columns, ggplot_object)`

Diese Funktion bildet das Kernstück der Software und erstellt anhand der vorherig eingelesenen sowie optimierten Daten die AOI Sequence Charts der Probanden als ggplotly-Objekt, das mittels der Pakete `ggplot2` [32] und `plotly` [24] erstellt wird. Dank letzterem Paket können die Charts gezoomt, verschoben und in Teilintervallen untersucht sowie einzelne AOI aus- und wieder eingeblendet werden. Über `scaling` können die Hilfslinien der x-Achse angepasst werden. Als Standard werden alle 100 Einheiten eine Hilfslinie gezeichnet. Der Parameter `size` verändert die Breite jedes Charts. Sollen die AOI innerhalb der Legende einer bestimmten Anordnung folgen, so kann diese über `aoi_columns` übergeben werden. Außerdem kann weiterer `ggplot2`-Code mit Hilfe des `ggplot_object`-Parameter übergeben werden. So kann beispielsweise die Beschriftung der Achsen und des Titels von jedem Nutzer individuell hinzugefügt werden. Die Bereiche in denen die Probanden keine AOI betrachtet haben, werden nicht als farbiges Segment, sondern leer angezeigt.

```
1 createAOISequenceChart <- function(data,
2                                   scaling = 100,
3                                   size = 7,
4                                   aoi_columns = NULL,
5                                   ggplot_object = NULL){
6   '%>%' <- dplyr::'%>%'
7   data <- dplyr::filter(data, AOI != "")
8
9   if(is.null(aoi_columns)){
10    aoi_columns <- levels(unique(data$AOI))
11  }
12
13  charts <- plotly::ggplotly(
14    ggplot2::ggplot(
15      data,
16      ggplot2::aes(
17        color = factor(
18          data$AOI,
19          levels = aoi_columns
20        ),
21        label = data$Name)
22    ) +
23    ggplot2::geom_segment(
24      ggplot2::aes(
25        x = data$Time_Start,
26        xend = data$Time_End,
27        y = data$Name,
28        yend = data$Name
29      ),
30      size = size
31    ) + ggplot2::scale_x_continuous(
32      breaks = seq(0, max(data$Time_End), by = scaling)
33    ) + ggplot_object
```

```

34   ,tooltip = c("label")) %>%
35   plotly::layout(
36     legend = list(
37       orientation = "h",
38       xanchor = "center", x = 0.5,
39       yanchor = "bottom", y = -0.2
40     )
41   )
42   return(charts)
43 }

```

Listing 4: Quellcode der createAOISequenceChart-Funktion

Funktion 5: *createAOISplitChart(data, name, ggplot_object)*

Eine weitere Möglichkeit Sequence Charts zu lesen, bietet die Verteilung der AOI auf der y-Achse. So wird der quasi eindimensionale Chart aufgeteilt. Die mit den Funktionen 1-3 erstellten Daten werden über *data* übergeben und mit *name* wird der Name des gewünscht zu betrachteten Probanden übergeben. Die Angabe mehrerer Namen ist aufgrund der 2D-Darstellung des Charts jedoch nicht möglich.

```

1 createAOISplitChart <- function(data,
2                                 name,
3                                 ggplot_object = NULL){
4
5   '%>%<' <- dplyr::'%>%<'
6   data <- dplyr::filter(data, AOI != "")
7
8   plotly::ggplotly(
9     ggplot2::ggplot(
10      subset(data, Name == name),
11      ggplot2::aes(color=AOI, label=(Time_End-Time_Start))) +
12      ggplot2::geom_segment(
13        ggplot2::aes(
14          x=Time_Start,
15          xend=Time_End,
16          y=AOI,
17          yend=AOI),
18        size=15) + ggplot_object,
19     tooltip = c("all")) %>%
20     plotly::layout(showlegend = FALSE)
21 }

```

Listing 5: Quellcode der createAOISplitChart-Funktion

4.3.3 Statistiken

Funktion 6: *createStats(data)*

Eine Übersicht über die Betrachtung der AOI jedes Probanden inklusive des Anteils eines AOI auf die Gesamtbetrachtung jedes Probanden liefert *createStats()*. Tabellarisch werden die absoluten und relativen Betrachtungsdauern jedes AOI pro Proband aufgeschlüsselt. Dabei auch enthalten ist die Dauer der Betrachtung außerhalb gesetzter AOI.

```
1 createStats <- function(data){
2
3   stats <- stats::aggregate(
4     (data$Time_End-data$Time_Start),
5     by = list(
6       AOI = data$AOI,
7       Subject = factor(data$Name)
8     ), FUN=sum
9   )
10
11  subject_length <- stats::aggregate(
12    (stats$x),
13    by=list(
14      Subject = stats$Subject,
15      AOI = rep("Gesamt",times=length(stats$Subject))
16    ), FUN=sum
17  )
18
19
20  stats <- rbind(subject_length, stats)
21  stats <- cbind(stats, stats$x)
22
23  names(stats)[names(stats) == 'x'] <- 'Time_Absolut'
24  names(stats)[names(stats) == 'stats$x'] <- 'Time_Relative'
25
26  stats <- stats[order(stats$Subject),]
27
28  i <- 1
29  max_length <- stats$Time_Absolut[i]
30  stats$Time_Relative[i] <- (
31    stats$Time_Relative[i]/max_length
32  )
33
34  repeat{
35    i <- i + 1
36    if(i>length(stats[,1])){
37      break
38    }
39    if(as.character(stats$Subject[i-1])
40      != as.character(stats$Subject[i])){
41      max_length <- stats$Time_Absolut[i]
42    }
43  }
```

```

43     stats$Time_Relative[i] <- (
44         stats$Time_Relative[i]/max_length
45     )
46 }
47
48 return(dplyr::filter(stats, Time_Relative < 1))
49 }

```

Listing 6: Quellcode der createStats-Funktion

Funktion 7: *createStatsChart(stats, aoi, ggplot_object)*

Die Statistiken können grafisch als Histogramm oder Balkendiagramm dargestellt werden. Dazu werden die mit *createStats()* erstellten Daten mit dem Parameter *stats* übergeben. Standardgemäß wird ein Histogramm über alle AOI aller Probanden erzeugt. Wird über den Parameter *aoi* der Name eines einzelnen AOI übergeben, so wird ein Balkendiagramm erzeugt, welches nur dieses AOI auswertet. Erneut kann zusätzlicher Code über *ggplot_object* übergeben werden.

```

1 createStatsChart <- function(stats,
2                               aoi = "all",
3                               ggplot_object = NULL){
4
5     if(aoi != "all"){
6         stats <- dplyr::filter(stats, AOI == aoi)
7     }
8
9     return(
10        plotly::ggplotly(
11            ggplot2::ggplot(
12                ggplot2::aes(
13                    y = stats$Time_Relative,
14                    x = stats$Proband,
15                    fill = stats$AOI),
16                data = stats
17            ) + ggplot2::geom_histogram(
18                stat = "identity",
19                position = ggplot2::position_stack()
20            ) + ggplot_object
21        )
22    )
23 }

```

Listing 7: Quellcode der createStatsChart-Funktion

4.4 Erstellen des Pakets

Das Erstellen von R Paketen kann mit den richtigen Werkzeugen schnell und komfortabel gestaltet werden. In diesem Fall helfen andere R Pakete das eigene Paket fehlerfrei und übersichtlich zu entwickeln. Für die Basics empfehle ich die Pakete *devtools* [38], *roxygen2* [36], *usethis* [33] und *testthat* [30] sowie die Verwendung von RStudio [21]. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Pakete kann über die Hilfe in R eingesehen werden.

4.4.1 R Paket Struktur

„Organizing code in a package makes your life easier because packages come with conventions“ [31].

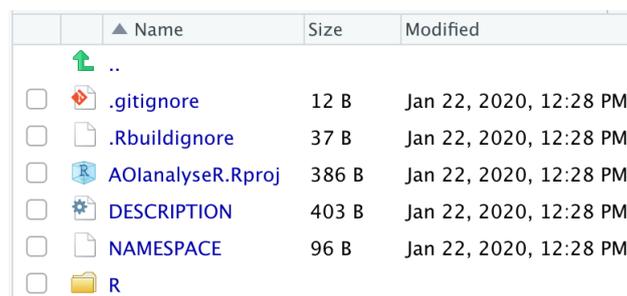
Zunächst werden die oben genannten Pakete installiert:

```
1 useful <- c("devtools", "roxygen2", "usethis", "testthat")
2 install.packages(useful)
```

Anschließend wird die Paket-Struktur erstellt. *devtools* hilft dabei und erstellt mit dem folgenden Befehl eine minimale Ordner-Struktur. Der in „“ angegebene Name steht dabei für den Namen des Pakets. Im Folgenden wird stets beispielhaft immer der Name „AOIanalyseR“ verwendet.

```
1 devtools::create("AOIanalyseR")
```

Wird der Befehl in RStudio ausgeführt, so öffnet RStudio ein neues Fenster und wechselt in den im Working Directory neu erstellten Ordner. Darin befinden sich verschiedene Dateien sowie ein weiterer Ordner R.



	Name	Size	Modified
	..		
<input type="checkbox"/>	.gitignore	12 B	Jan 22, 2020, 12:28 PM
<input type="checkbox"/>	.Rbuildignore	37 B	Jan 22, 2020, 12:28 PM
<input type="checkbox"/>	AOIanalyseR.Rproj	386 B	Jan 22, 2020, 12:28 PM
<input type="checkbox"/>	DESCRIPTION	403 B	Jan 22, 2020, 12:28 PM
<input type="checkbox"/>	NAMESPACE	96 B	Jan 22, 2020, 12:28 PM
<input type="checkbox"/>	R		

Abbildung 4: Erzeugte Ordner- und Dateistruktur

Vor allem die Text-Datei DESCRIPTION, die später verschiedene Paket-Informationen beinhaltet sowie der Ordner R sind dabei zunächst von besonderer Relevanz.

4.4.2 Funktionen und Daten integrieren

Sämtlicher R-Code wird in R-Dateien im Ordner R abgespeichert. Dazu wird die programmierte Funktion in die globale Umgebung (global environment) von RStudio eingelesen und anschließend über `dump()` in den Ordner R integriert. Wichtig ist, dass dabei nicht für jede Funktion eine einzelne R-Datei erzeugt wird, sondern ähnliche Funktionen in einer R-Datei zusammengefasst werden. Für die Import-Funktionen des hiesigen Pakets sieht dies wie folgt aus:

```
1 base::dump(  
2   list = "importData",  
3   file = "AOIanalyseR/R/import.R"  
4 )  
5 base::dump(  
6   list = "oneAOIColumn",  
7   file = "AOIanalyseR/R/import.R",  
8   append = TRUE  
9 )  
10 base::dump(  
11  list = "rleAOIData",  
12  file = "AOIanalyseR/R/import.R",  
13  append = TRUE  
14 )
```

Im Ordner R wird so eine Datei mit dem Namen „import.R“ erzeugt, die den Code der Funktionen `importData()`, `oneAOIColumn()` und `rleAOIData()` beinhaltet. Der Code sollte sich dabei an einen der gängigen R-Styleguides halten. Wichtig ist jedoch, dass der Code konsistente und klare Bezeichnungen von Funktionen und Variablen aufweist.

Manchmal ist es wichtig (Beispiel-)Daten im Paket zu hinterlegen und für Nutzer des Pakets zur Verfügung zu stellen. Meist werden diese in einem neuen Ordner namens „data“ gespeichert.

```
1 base::save(  
2   importedData, file="AOIanalyseR/data/importedData.RData"  
3 )  
4 usethis::use_data(importedData, AOIanalyseR)
```

Anders werden Dateien abgelegt, die den Datenimport durch Funktionen des Pakets zeigen sollen. Beispielhaft kann hier der Import der Datei `Sample.tsv` aufgeführt werden. Dafür erstellt man zunächst den Ordner „inst“ und darin den Ordner „extdata“. In diesem werden dann die Dateien abgelegt. Auch diese sind für Nutzer des Paketes nach der Installation verfügbar.

Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, Daten vor Paket-Nutzern zu verbergen, beispielsweise weil diese nur zu Test-Zwecken dienen. Eine detaillierte Anleitung hierfür bietet R Packages [31], welches auch als Online-Fassung verfügbar ist.

4.4.3 Kommentieren und Beschreiben mit roxygen2

Sind alle Funktionen und Daten geschrieben und in die Struktur des Pakets integriert, kann im nächsten Schritt die Dokumentation der Funktionen und des Pakets allgemein begonnen werden. Zu diesem Zweck werden *roxygen2*-Kommentare über den Funktionsdefinitionen eingefügt, beginnend mit einer Raute und einem Hochkomma.

```
1 #' Create AOI Sequence Charts for all subjects
2 #'
3 #' @author Steve Sydow
4 #'
5 #' @param data imported data from \code{importData()}
6 #' @param ggplot_object additional ggplot code if needed
7 #'
8 #' @return ggplotly chart
9 #'
10 #' @import dplyr
11 #' @import ggplot2
12 #' @importFrom plotly ggplotly layout
13 #' @export
14 #'
15 #' @examples
16 #' createAOISequenceChart(importedData)
17 createAOISequenceChart <- function(
18   data,
19   ggplot_object = NULL
20 ){...}
```

Listing 8: Beispielhafte Dokumentation einer R-Datei

Titel, Kurzbeschreibung und detaillierte Beschreibung einer Funktion stehen zu Beginn des Kommentars und werden durch die jeweils folgende Leerzeile voneinander unterschieden. Hier wurde auf Beschreibungen verzichtet und nur der Titel eingefügt. Darauf folgend können verschiedene Angaben gemacht werden. Im Folgenden dazu eine kleine Auswahl der Wichtigsten:

- @author: Name des Programmierers
- @param Parameter: Beschreibung des Übergabeparameters
- @return: Was gibt die Funktion zurück
- @import: Welche externen Bibliotheken werden verwendet
- @export: Diese Funktion soll von Nutzern verwendet werden
- @examples: Beispiel-Aufrufe der Funktion

Eine Besonderheit stellt @importFrom dar. Hier werden nur die nach dem Paketnamen aufgeführten Funktionen des Pakets geladen. So kann verhindert werden, dass Funktionen gleichen Namens unterschiedlicher Pakete in Konflikt geraten. Generell gilt es jedoch

allgemein zum guten Programmierstil die Funktionen externer Bibliotheken über *Bibliothek::Funktion* auszuführen, um diesem Problem entgegen zu wirken.

Ähnlich wie Funktionen werden auch die Datensätze mittels *roxygen2* kommentiert. Dazu wird zunächst eine Datei `data.R` erstellt. Dort werden die einzelnen Datensätze und externen Daten kommentiert. Diesmal, abgesehen von Titel und Beschreibung, jedoch mit anderen Angaben:

- `@docType data`: Gibt an, dass es sich um einen Datensatz handelt
- `@format`: Beschreibt den Datensatz
- `@source`: Quelle der Daten

```
1 #' Imported eye tracking dataset "Sample.tsv"
2 #'
3 #' Contains the necessary data to create statistics
4 #' and "AOI Sequence Charts"
5 #'
6 #' @docType data
7 #' @format data.frame created with importData() & Sample.tsv:
8 #' \describe{
9 #'   \item{Name}{name of the test subject}
10 #'   \item{AOI}{the aoi the subject is fixating}
11 #'   \item{Time_Start}{start of the aoi}
12 #'   \item{Time_End}{end of the aoi}
13 #'   \item{Time_Total}{total view time}
14 #' }
15 #' @source Randomly generated
16 "importedData"
```

Listing 9: Beispielhafte Dokumentation eines R-Datensatzes

Ist der Datensatz ein in R erzeugtes Objekt (z.B. ein Data Frame), so endet das *roxygen2*-Kommentar mit dem Namen des Datensatzes in Anführungszeichen (s.o. Programmzeile 16). Bei externen Daten (die im Ordner `/inst/extdata`) hinterlegt sind, endet das Kommentar mit dem Aufruf der Funktion *system.file()*, wie im Folgenden für die Datei `Sample.tsv`. Achtung: wird der Parameter `mustWork` nicht gesetzt, so erhält man bei fehlerhaftem Einlesen der Datei keine Fehlermeldung, falls diese beispielsweise gar nicht existiert.

```
1 #' (...)
2 system.file(
3   "extdata",
4   "Sample.tsv",
5   package = "AOIanalyseR",
6   mustWork = TRUE
7 )
```

Listing 10: Beispielhaftes Einbinden einer externen Datei

Auch das Paket selbst wird über *roxygen2* beschrieben. Hierfür wird zunächst im Ordner R eine R-Datei mit dem Namen des Pakets, also zum Beispiel „AOIanalyseR.R“, erstellt. In dieser werden wie bereits beschrieben Titel und Beschreibungen sowie mit @docType und @name lediglich zwei weitere Parameter gesetzt. Ähnlich der Datensätze endet der Kommentar-Block mit „_PACKAGE“.

```

1 #' AOIanalyseR: Analysing eye tracking data with
2 #' "AOI Sequence Charts"
3 #'
4 #' Create "AOI Sequence Charts" and other useful statistics
5 #' (i.e. aoi view time) related to your eye tracking data.
6 #' Compare charts and get information about how the subjects
7 #' viewed your graphics, texts, advertisements...
8 #'
9 #' AOI = area of interest. "AOI Sequence Charts" create
10 #' readable and compareable timelines out of the fixations
11 #' of your test subjects.
12 #'
13 #' @docType package
14 #' @name AOIanalyseR
15 "_PACKAGE"

```

Listing 11: Beispielhafte Dokumentation des Pakets

Sind alle Funktionen und Datensätze sowie das Paket selber mit *roxygen2* ausreichend dokumentiert, können diese übersetzt werden. Dadurch werden die Hilfeseiten automatisch anhand der Kommentare generiert und formatiert. Dabei wird ein weiterer Ordner „man“ erstellt, der die jeweilige Dokumentation als .Rd-Datei zwischenspeichert. Dazu muss sich das Working Directory im Hauptordner des Pakets befinden und folgende Funktion aufgerufen werden:

```

1 setwd("../Paketname")
2 devtools::document()

```

Die Hilfeseiten sämtlicher mit *roxygen2* kommentierter Funktionen können dann aufgerufen werden, also auch solche, die nicht explizit zur Verwendung durch andere Nutzer deklariert wurden.

```

1 # Aufruf der Hilfeseiten:
2 ?AOIanalyseR::importData
3 ?AOIanalyseR::rleAOIData
4
5 # Eigentlicher Funktionsaufruf:
6 AOIanalyseR::importData() # mit @export
7 AOIanalyseR::rleAOIData() # ohne @export

```

4.4.4 Das DESCRIPTION File

Zuletzt muss das DESCRIPTION-File im Hauptordner des Pakets angepasst werden. Dieses wurde bereits mit einer Vorauswahl möglicher Angaben generiert, wie Abbildung 5 (Bild oben) zeigt. Diese gilt es nun entsprechend anzupassen.

```

1 Package: AOIanalyseR
2 Title: What the Package Does (One Line, Title Case)
3 Version: 0.0.0.9000
4 Authors@R:
5   person(given = "First",
6         family = "Last",
7         role = c("aut", "cre"),
8         email = "first.last@example.com",
9         comment = c(ORCID = "YOUR-ORCID-ID"))
10 Description: What the package does (one paragraph).
11 License: What license it uses
12 Encoding: UTF-8
13 LazyData: true
14 |
1 Package: AOIanalyseR
2 Title: Analysing data with "AOI Sequence Charts"
3 Version: 1.0.0.0000
4 Date: 2020-01-21
5 Authors@R:
6   c(
7     person(given = "Steve",
8           family = "Sydow",
9           role = c("aut", "cre"),
10          email = "steve.sydow@fh-stralsund.de")
11   )
12 Depends: R (>= 3.5), readr, tidyr, dplyr, ggplot2, plotly
13 Suggests:
14   testthat (>= 2.1.0)
15 Description:
16   Create "AOI Sequence Charts" and other useful statistics
17   (i.e. aoi view time) related to your eye tracking data.
18   Compare charts and get information about how the subjects
19   viewed your graphics, texts, advertisements....
20 License: MIT + file LICENSE
21 Encoding: UTF-8
22 LazyData: true
23 RoxygenNote: 7.0.2

```

Abbildung 5: Das DESCRIPTION-File vor und nach der Bearbeitung (unten)

Abbildung 5 (Bild unten) zeigt beispielhaft einen gekürzten Ausschnitt der Beschreibung des *AOIanalyseR*-Pakets. Neben den bereits vorgegebenen Attributen wurden mit `Depends` und `Suggests` weitere Attribute hinzugefügt, die den Nutzer über die vom Paket verwendeten und somit vorausgesetzten externen Bibliotheken (`Depends`) oder optionale Bibliotheken (`Suggests`) informiert. Bei der Weiterentwicklung des Pakets ist es zudem elementar die Versionsnummer anzupassen.

4.4.5 Unit-Tests

Auch jedem versierten R-Programmierer können während der Entwicklung des R-Codes Fehler unterlaufen. Um diese aufzudecken oder generell die Funktionsfähigkeit des Programms zu prüfen, müssen Tests geschrieben werden. Dieser Ansatz nennt sich reaktiv, da Tests erst nach der Programmierung entwickelt werden. Vor allem Komponenten- und Integrationstests können bei der Entwicklung von R Paketen hilfreich sein. So werden nicht nur die einzelnen Komponenten (Units) sondern auch deren Zusammenspiel über Schnittstellen überprüft. Dabei sind auch immer die die Grundsätze des Testens [25] zu beachten:

1. Testen zeigt die Anwesenheit von Fehlern
2. Vollständiges Testen ist nicht möglich
3. Mit dem Testen frühzeitig beginnen
4. Häufung von Fehlern („Fehlercluster“)
5. Wiederholungen haben keine Wirksamkeit
6. Testen ist abhängig vom Umfeld
7. Trugschluss: Keine Fehler heißt, dass das System brauchbar ist

Bei der Veröffentlichung eines Pakets muss besonders Grundsatz 6 beachtet werden, da das Paket auf verschiedenen Umgebungen laufen wird.

Um auch diese Probleme zu lösen und die Erstellung sowie die Durchführung der Tests nutzerfreundlich zu gestalten, helfen die Pakete *usethis* und *testthat*.

Zunächst wird die Test-Struktur erstellt:

```
1 usethis::use_testthat()
```

Der Ordner „test“ wird erstellt. In diesem befinden sich zudem die Datei *testthat.R*, die wir nicht weiter bearbeiten müssen, sowie ein weiterer Ordner „testthat“. Dieser beherbergt später sämtliche Unit-Tests. Wie schon bei den Funktionen ist es auch hier sinnvoll Tests unter einem Oberbegriff in einer R-Datei zusammen zu fassen. Im Paket *AOIanalyseR* werden der Import sowie die Generierung der Charts getestet. Diese Tests befinden sich in jeweils sprechenden R-Dateien:

```
1 usethis::use_test("import")
2 usethis::use_test("charts")
```

Mit diesen Befehlen werden zwei Dateien erstellt, die das Präfix „test-“ tragen. Alle Dateien innerhalb des *testthat*-Ordners mit diesem Präfix werden beim Testen ausgeführt. Der Aufbau einer solchen Datei folgt dabei klaren Vorgaben:

```
1 context("Allgemeiner Kontext des Tests")
2
3 test_that("Ein detaillierter Kontext", {
4   expect_equal()
5 })
6
7 test_that("Ein weiterer detaillierter Kontext", {
8   expect_error()
9   expect_warning()
10 })
```

Listing 12: Allgemeiner Aufbau einer Test-Datei

Der allgemeine Kontext wird zu Beginn der Datei mit `context()` angegeben. Darauf folgen die eigentlichen Tests, die wiederum unter verschiedenen Unterkontexten benannt und gruppiert werden können. Getestet wird auf Gleichheit `expect_equal()` oder auf Warnungen `expect_warning()` bzw. Fehlermeldungen `expect_error()`. Dabei wird eine Funktion ausgeführt und mit dem zu erwartenden Ergebnis verglichen. Darüber hinaus können weitere Tests durchgeführt werden, die über die Hilfe des `testthat`-Pakets nachgelesen werden können. Nachfolgend wird der Ausschnitt einer Test-Datei des `AOIanalyseR`-Pakets als Beispiel angegeben:

```
1 context("Charts")
2
3 test_that("charts can be printed", {
4   expect_error(
5     print(AOIanalyseR::createAOISequenceChart(importedData)),
6     NA
7   )
8 })
```

Listing 13: Test: createAOISequenceChart-Funktion wirft keinen Fehler

Abschließend können die Tests ausgeführt werden:

```
1 devtools::test()
```

Nach Abschluss der Tests kann eine Auswertung in der Konsole in RStudio eingesehen werden. Werden weder Fehler, Warnungen noch Anmerkungen ausgegeben, ist das Paket bereit erstellt zu werden.

Achtung: Eine fehlerfreie Auswertung der Tests sagt nur aus, dass die Tests auf der lokalen Maschine fehlerfrei durchgeführt wurden. Ob der Code tatsächlich in anderen Umgebungen fehlerfrei ausgeführt werden kann (siehe Grundsatz 6 des Testens), ist damit vorab noch nicht klar.

4.4.6 Letzte Schritte

Die Funktionen sind geschrieben und kommentiert, Daten sind eingepflegt und auch die Tests zeigen keine Fehler. Dann ist es soweit: das Paket in seiner Gesamtheit zu prüfen. Dabei werden verschiedenste Aspekte des Pakets untersucht und vorab die Dokumentation aktualisiert, da auch diese überprüft wird. Dieser Vorgang kann einige Zeit beanspruchen, wird jedoch vorzeitig beendet, sollte ein Fehler aufgetreten sein. Allgemein gilt bei der Veröffentlichung des Pakets: Fehler, Warnungen und Bemerkungen sind vorab zu beheben!

```
1 devtools::check()
```

Über diesen Befehl wird auch geprüft, ob die Software in anderen Umgebung einwandfrei läuft. Die Fehlermeldungen sind jedoch allgemein recht deutlich formuliert und können zur Not auch im Internet nachgeschlagen werden. Einige Fallstricke folgend:

- Gleichnamige Funktionen werden von verschiedenen Bibliotheken überschrieben: Abhilfe schafft `importFrom` sowie die explizite Verwendung `Bibliothek::Funktion()`.
- Elementare *roxygen2*-Kommentare fehlen: Dokumentation prüfen!
- Das Ausführen von Beispielen schlägt fehl: Entsprechende Beispiele auf Richtigkeit prüfen. Mitunter wurde die Funktion zu einem späteren Zeitpunkt verändert.
- Software-Tests bringen trotz korrekter Ergebnisse mit `test()` Fehlermeldungen: Hier müssen die externen Bibliotheken und deren Funktionen geprüft werden. Einige weisen in jeweiligen Hilfeseiten auf Probleme in unterschiedlichen Umgebungen hin. Hilfreich ist zudem die genaue Fehlerquelle mit der Funktion `traceback()` ausfindig zu machen.

Sind auch diese Fehler behoben, sodass `check()` fehlerfrei durchläuft, kann das Paket als solches erstellt werden.

```
1 devtools::build()
2 devtools::check_built()
```

Für eine digitale Einführung in das Thema empfehle ich den DataCamp-Kurs „Developing R Packages“ [6]. Eine detaillierte Beschreibung zum Thema sowie weiterer Abschnitte zu Continuous Integration und der Pflege des Pakets nach der Veröffentlichung bietet „R Packages - Organize, Test, Document, And Share Your Code“ von Hadley Wickham [31].

4.4.7 Spickzettel: R Pakete erstellen

Schritt 1: Notwendige Bibliotheken installieren und Paket initialisieren

```
1 useful <- c("devtools", "roxygen2", "usethis", "testthat")
2 install.packages(useful)
3 devtools::create("Paketname")
4 setwd("../Paketname")
```

Schritt 2: Funktionen programmieren, kommentieren und hinzufügen

```
1 #' Titel der Funktion
2 #'
3 #' Kurzbeschreibung
4 #'
5 #' Detaillierte Beschreibung
6 #'
7 #' @param Name-der-Parameter
8 #' @import Notwendige-Bibliotheken
9 #' @export Nutzer den Funktionszugriff erlauben
```

```
1 base::dump(
2   list = "Name-der-Funktion",
3   file = "Name-der-Datei",
4   # falls mehrere Funktionen in dieser Datei
5   # hinterlegt werden sollen:
6   append = TRUE
7 )
8
9 devtools::document()
```

Schritt 3: Das DESCRIPTION-File anpassen

Schritt 4: Test-Struktur erzeugen, Tests schreiben und Programm und Paket testen

```
1 usethis::use_testthat()
2 usethis::use_test("Name-des-Testfiles")
3 devtools::test()
4 devtools::check()
```

Schritt 5: Paket erstellen

```
1 devtools::build()
```

5 Auswertung

Im Folgenden Kapitel werden die einzelnen Eye-Tracking-Versuche detailliert ausgewertet. Dabei sollen jeweils Rückschlüsse auf den Erfolg der Intervention geschlossen werden. Zusätzlich werden auch die Ergebnisse der in der Bachelorarbeit [27] erhobenen Studie hinzugezogen.

5.1 Eye-Tracking 1 Auswertung

Die insgesamt 13 Probanden wurden neben den Fragen zur Netzwerkgrafik zusätzlich noch zu Alter, Studiengang und den Tätigkeiten vor dem Studium gefragt. Tabelle 2 zeigt dazu eine Übersicht. Wichtig waren vorher in der IT erworbene Kenntnisse (durch Ausbildung oder Arbeit) zu ermitteln und gegebenenfalls in die Auswertung einfließen zu lassen. Probanden, die Arbeit, Ausbildung oder Ähnliches in Tätigkeitsfeldern außerhalb der Informatik durchgeführt haben, werden hier deshalb der Gruppe „ohne Vorkenntnisse“ zugeordnet. Alle Probanden waren volljährig und nicht älter als 35.

#	Geschlecht	Alter	Studiengang	Vorkenntnis	Messzeit	Fragebogen
P01	m	29	SMI	ja	40s	3/16
P02	m	19	SMI	-	126s	14/16
P03	w	18	SMI	-	126s	8/16
P04	m	22	SMI	ja	88s	9/16
P05	m	27	SMS	ja	108s	11/16
P06	m	18	SMI	-	74s	4/16
P07	w	23	SMI	-	87s	11/16
P08	m	18	SMS	-	46s	4/16
P09	m	19	SMI	-	102s	5/16
P10	m	19	SMI	-	130s	13/16
P11	m	35	SMI	-	76s	1/16
P12	m	21	SMI	-	95s	5/16
P13	w	19	SMI	-	158s	14/16

Tabelle 2: Übersicht über die Probanden der Studie

Die Tabelle zeigt eine deutliche Streuung in der erreichten Gesamtpunktzahl des Fragebogens. Von maximal 16 möglichen Punkten wurden von den Probanden im Minimum ein Punkt, im Maximum 14 Punkte erreicht. Im Median wurden 8 von 16 Punkten erreicht (Mittelwert $\approx 7,85$).

Zunächst fällt auf, dass Probanden mit besonders kurzen Messzeiten (unter 80s) auch wenig Punkte im Fragebogen erreicht haben. Ein Beispiel hierfür bilden die Probanden P1 und P8, die die Grafik jeweils unter einer Minute betrachtet haben und mit einem beziehungsweise vier Punkten deutlich niedrige Ergebnisse erzielten.

Weiterhin erzielten die Probanden weiblichen Geschlechts mit 8, 11 und 14 Punkten im Fragebogen durchschnittliche bis sehr gute Ergebnisse.

5.1.1 Auswertung der Fragebögen

Hinweis: Der Fragebogen samt Musterlösung wurde bereits in Kapitel 3.2 vorgestellt und wird daher hier nicht erneut gezeigt.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte gleich der Auswertung der Bachelorarbeit. Die Grafiken wurden mit diesem Vorwissen entworfen und sind inhaltlich auch mit diesen ähnlich. So kann das gleiche Bewertungsschema verwendet sowie die Ergebnisse beider Arbeiten verglichen werden und eventuell weitere Erkenntnisse liefern. Erneut mussten die Probanden die Fragen der Reihenfolge nach beantworten, ohne dabei eine bereits beantwortete Frage nachträglich bearbeiten zu können.

Frage 1

- 3 Punkte: Antwort entspricht der Musterlösung
- 2 Punkte: Antwort beschreibt Prozessablauf mit leichter Abstraktion
- 1 Punkt: Antwort beschreibt den Prozessablauf ohne Abstraktion
- 0 Punkte: Keine oder falsche Antwort

Frage 2

- 3 Punkte: Antwort entspricht der Musterlösung
- 2 Punkte: Antwort enthält kleine Fehler
- 1 Punkt: In der Antwort treten vermehrt Fehler auf
- 0 Punkte: Keine oder falsche Antwort

Fragen 3 - 7

- 2 Punkte: Antwort entspricht der Musterlösung
- 1 Punkt: Antwort teils fehlerhaft
- 0 Punkte: Keine oder falsche Antwort

Abbildung 6 zeigt die erreichten Punkte aller Probanden, wobei die Fragen höheren Abstraktionsgrades einzeln dargestellt werden (Frage 1 - hellblau, Frage 2 - dunkelblau). Die Fragen drei bis sieben erfordern dagegen keine Abstraktion, sondern lediglich die reine Wiedergabe von Grafikinhalten und sind damit (hellgrün) zusammengefasst. Während die obere Grafik die Gesamtpunktzahl zeigt, bietet die untere Grafik die Übersicht, wie in welcher Aufgabe Punkte vergeben wurden.

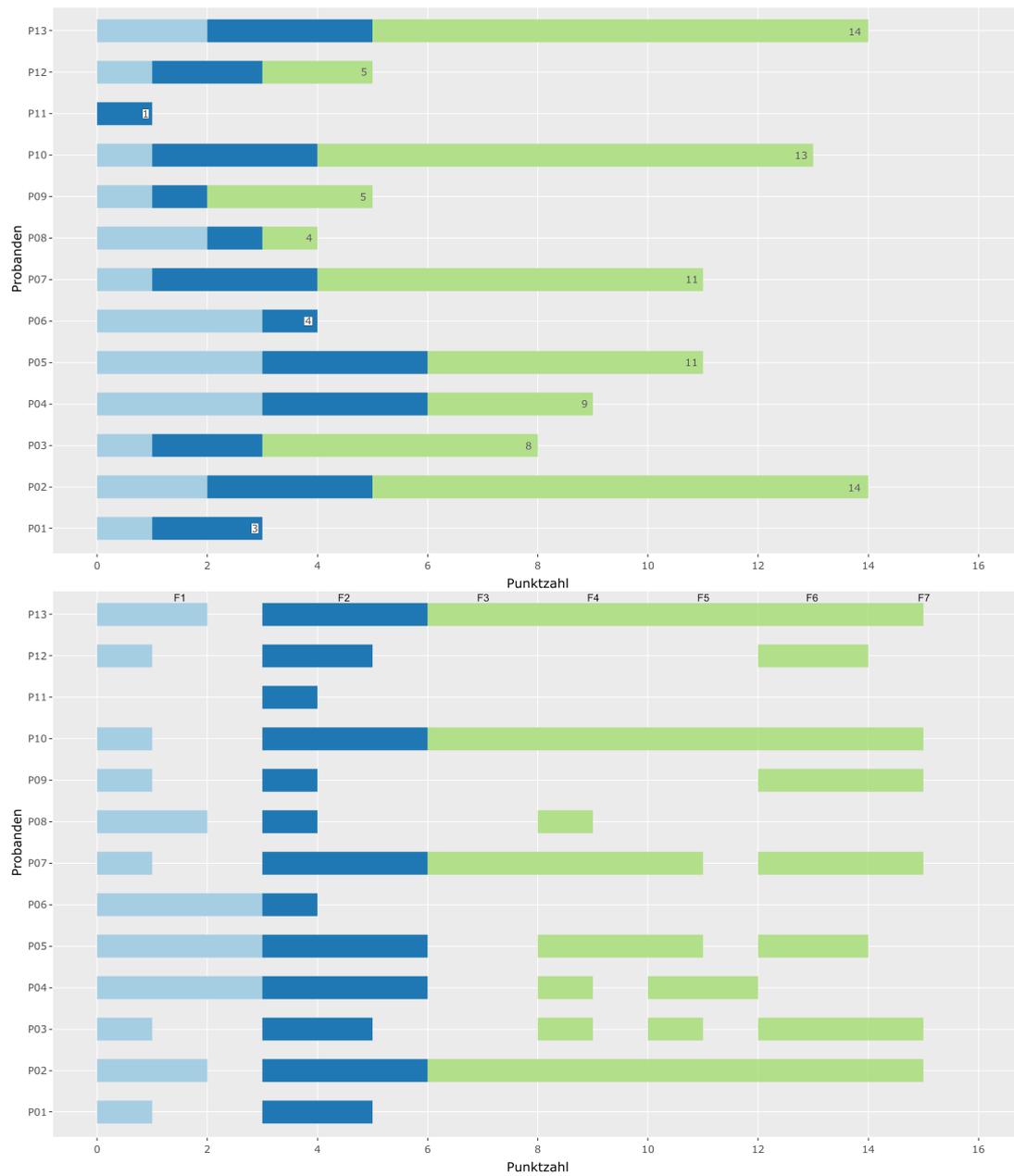


Abbildung 6: Übersicht über die erreichte Punktzahl

Wie bereits 2018 in der Bachelorarbeit erkannt, zeigen die Punkte aus Aufgabe 1 verringertes Abstraktionsvermögen bei Novizen. Ein Proband konnte keinen der drei möglichen Punkte erlangen, sechs weitere nur einen. Insgesamt haben also 7 von 13 Probanden weniger als zwei Punkte erreicht und konnten so die Kernaussage der Grafik nicht wiedergeben.

„Wie Daten verarbeitet und weitergeleitet werden.“ (P07)

„Was passiert, wenn ein Datenpaket gesendet und überprüft wird, ob dieses fehlerhaft ist.“ (P09)

Erfreulich ist jedoch, dass im Gegensatz zur Studie von 2018 Probanden volle Punktzahl erreichen konnten (insgesamt drei).

„Die Grafik veranschaulicht die Erstellung und Weiterleitung von Daten bzw. Datenpaketen im XMF-Netzwerk; sowie die Handhabung mit fehlerhaften Daten.“ (P05)

Aufgabe 2 diente der Überprüfung des Verständnisses der in der Grafik vermittelten Abläufe und Zusammenhänge. Hier zeigt sich in der Auswertung im Vergleich zu den Ergebnissen 2018 eine deutliche Steigerung. Neun Probanden erreichten zwei oder alle drei Punkte. Kein Proband erzielte null Punkte. Hier deutet sich erstmals der Einfluss der Intervention an. In dieser wurde den Teilnehmern eben auch die Überprüfung des eigenen Verständnisses über die Grafik nahegelegt.

„Der Start PC sendet Daten an den XMF Rechner. Dieser verarbeitet Daten und sendet sie an einen Prüf-Rechner. Bei einem Fehler wird der XMF Rechner neugestartet [...] Ohne Fehler werden die Daten an den Ziel PC gesendet.“ (P04)

„Falls Datei fehlerfrei → schicke an PC weiter.
Falls Datei fehlerhaft → signalisiere Sender es erneut zu senden.“ (P09)

Hier zeigt sich ein weiteres Problem in der Informationsgewinnung der Novizen. Klären Grafikinhalte nicht sämtliche Aktionen, wie in diesem Fall der *Prüf-PC*, werden Informationen von den Probanden ergänzt. Ein Beispiel hierfür bietet die oben aufgeführte Aussage von P09. Die Grafik bietet keine Hinweise darüber, wie mit fehlerhaften Paketen am *Prüf-PC* umgegangen wird. P09 ergänzt eigenständig, jedoch fehlerhaft, um ein erneutes Senden des Pakets. Diese Erkenntnis zeigte sich bereits 2018 und wurde hier erneut bestätigt.

In Aufgabe 3 sollten die Probanden die Schritte des Pakets zählen und wiedergeben. Erstaunlich ist hier, dass vor allem P05 und P06, die die ersten Aufgaben jeweils mit voller Punktzahl beantworteten, in dieser Aufgabe keine Punkte erzielten. Insgesamt konnten nur vier Probanden die richtige Antwort geben.

„(Start, XMF, Prüf, Ziel) → 4 Stationen.“ (P02)

„∞, wenn der Fehler nicht behoben werden kann.“ (P11)

Das „Hinzufügen“ von Informationen, die nicht explizit in der Grafik erklärt werden, sollte in Aufgabe 4 genauer untersucht werden. Im Detail ging es hier um die eben beschriebene Frage: „Was passiert mit fehlerhaften Paketen?“ Acht Probanden konnten die Aufgabe teilweise oder gar nicht beantworten.

„Es wird zum Korrigieren an den Hilfs-PC übergeben.“ (P01)

„Not-Stop an den PC 1, Zurücksenden an den Hilfs PC.“ (P08)

„Das Paket wird zurück an den Anfangs-PC geschickt und an einen weiteren PC, dessen Ergebnis ebenfalls auf die erneute Prüfung Einfluss nimmt.“ (P11)

Diese Antworten sind offensichtlich falsch und zeigen mangelndes Verständnis der Grafikinhalte insofern, als das eine klare Trennung zwischen Kommunikation und Daten-Transfers innerhalb der Grafik zu erkennen sind sowie keinerlei der beschreibenden Texte auf diese Funktionsweise hindeutet. Dies zeigt sich weiterhin in der anschließenden Aufgabe 5 und in den Beantwortungen der 7. Aufgabe.

„Im Falle eines Fehlers zwischen Prüf-PC und XMF-PC zu vermitteln.“ (P03)

„Empfängt Datei-Pakete von einem Absender, empfängt Daten von der Reparatur und gibt Daten an den Prüf-PC weiter.“ (P06)

In den Antworten zu Aufgabe 5 festigt sich die eben genannte Annahme. Die Aussagen der Probanden sind teilweise schwammig formuliert (vgl. P06) und deuten darüber hinaus auf Unklarheiten in den beschriebenen Schritten der Grafik (siehe P03).

Die Beantwortung von Aufgabe 6 fiel den Probanden dahingegen weitaus leichter. Acht Probanden erzielten volle Punktzahl, jedoch konnten auch drei Probanden die Frage gar nicht beantworten.

„Es muss fehlerfrei sein.“ (P07)

„Es muss die passende Größe haben.“ (P08)

Wie auf Abbildung 1 in Kapitel 3.2 zu sehen ist, werden verschiedene Arten von Pfeilen in der Grafik verwendet. Dicke Pfeile mit Paket-Symbol verdeutlichen den Datentransfer, dünne Pfeile ohne Symbol die Kommunikation zwischen den PCs. Dies sollte von den Probanden erkannt werden. Die Auswertung der letzten Frage zeigt, dass die Probanden dies nicht erfassen konnten. Sieben Probanden konnten die Frage nicht beantworten, die anderen sechs immerhin teilweise richtig. Wie die Antwort von Proband P13 beispielhaft für alle Antworten zeigt, reicht die Symbolik an den Pfeilen nicht aus, den Unterschied deutlich erkennbar hervorzuheben. Möglicherweise hilft hier eine Legende, auf die hier jedoch absichtlich verzichtet wurde.

„Verschiedene Wege/Optionen bei fehlerfreiem bzw. fehlerhaftem Paket.
Am Anfang sind alle Pfeile gleich. Unterscheidung erst ab Prüf-PC (grüner Pfeil für fehlerfreies Paket, rote Pfeile für fehlerhaftes Paket).“ (P13)

5.1.2 Auswertung der AOI Sequence Charts

Für die Auswertung der Eye-Tracking-Daten wurden zunächst wichtige Bereiche der Grafik (AOI) bestimmt. Abbildung 7 zeigt die AOI der XMF-Netzwerk-Grafik.

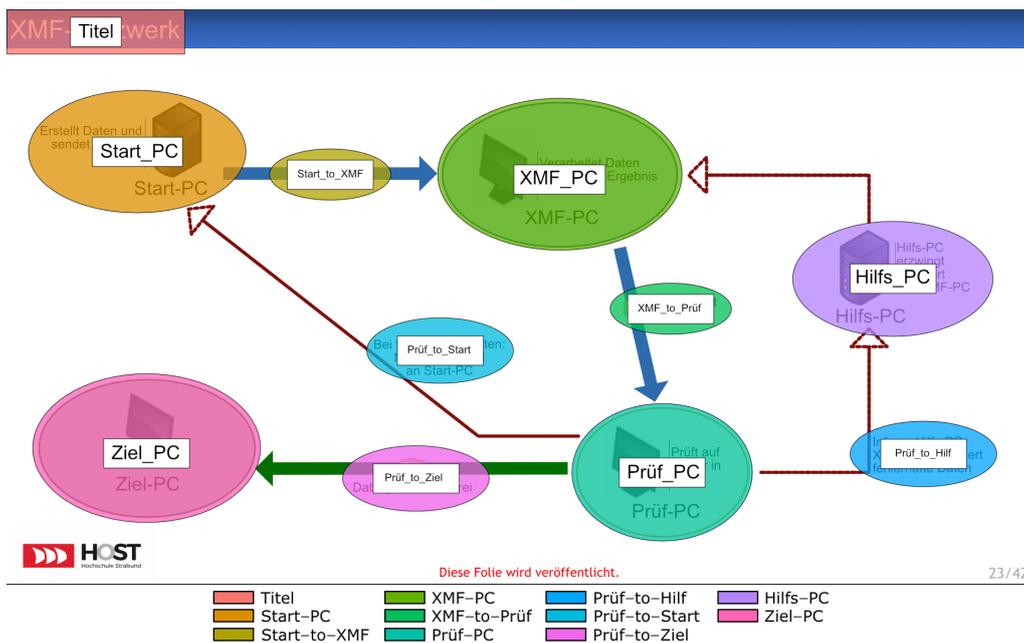


Abbildung 7: AOI der XMF-Netzwerk-Grafik mit Legende

Die Farben der einzelnen AOI wurden im Nachhinein an die Farben des AOI Sequence Chart Generators angepasst und entsprechen so zur besseren Übersicht denen der AOI Sequence Charts. Außerdem wurden Intervalle, in denen vom Probanden keine AOI betrachtet wurden „entfernt“, sind also nicht als eigenes AOI in den Charts dargestellt, sondern einfach durchsichtig.

AOI, die in den ersten ein bis zwei Sekunden vom Probanden betrachtet wurden, können in der Auswertung übergangen werden. Hier blickt der Proband das erste Mal auf die Grafik und reagiert zunächst auf die erscheinende Grafik.

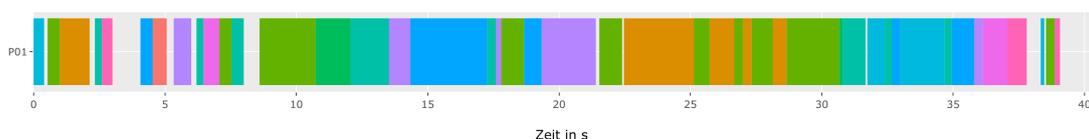


Abbildung 8: AOI Sequence Chart P01

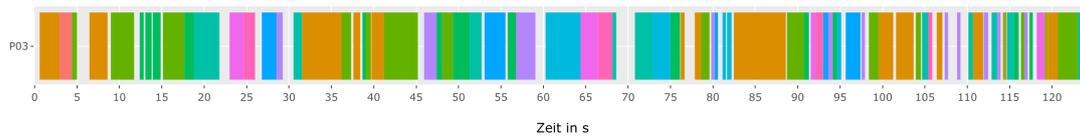


Abbildung 10: AOI Sequence Chart P03

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
126,6s	1,5s	26,4s	22,9s	14,3s	8,0s	4,5s

Tabelle 5: P03 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Proband P03 identifiziert den *Start-PC* und damit den Beginn der Grafik in den ersten Sekunden, blickt danach zum *Titel* der Grafik und folgt vom *Start-PC* ausgehend dem Inhalt bis zum *Ziel-PC*. Anschließend wird vom *Prüf-PC* auch der Weg über den *Hilfs-PC* gegangen. P03 hat nach 30 Sekunden (25% der Gesamtbetrachtung) die Grafik inklusive sämtlicher AOI betrachtet. Anschließend wird die Grafik erneut vom *Start-PC* ausgehend betrachtet, jedoch dieses Mal in Leserichtung, also über den *XMF-PC* direkt zum *Hilfs-PC*. Hier wird entgegen der durch die Pfeile vorgegebene Richtung geblickt. Der grafisch vorgegebene Weg über den *Prüf-PC* wird im Anschluss erneut gegangen. Hier fällt auf, dass der Proband etwa gleich lang auf den AOI verweilt, wie bereits im ersten Blickverlauf. Das lässt vermuten, dass P03 entgegen der Intervention die AOI beim ersten Betrachten inhaltlich nicht vollständig erfasst hat. Die letzten 40 Sekunden wechselt P03 häufig die AOI, verweilt jedoch immer wieder auffallend lange auf dem *Start-PC*. Wieder wurden vom Probanden die Inhalte der Intervention nur teilweise eingehalten.

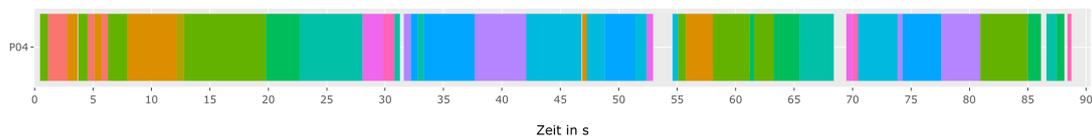


Abbildung 11: AOI Sequence Chart P04

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
88,8s	2,8s	8,4s	19,7s	10,2s	8,7s	1,7s

Tabelle 6: P04 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Anwendung der Workshop-Inhalte kann man im AOI Sequence Chart von Proband P04 (siehe Abbildung 11) deutlich erkennen. Zunächst wird der *Titel* betrachtet, sowie der *Start-PC* als inhaltlicher Startpunkt der Grafik identifiziert. In den folgenden 40 Sekunden wird die Grafik vollständig und in inhaltlicher vorgegebener Reihenfolge erfasst. Dabei wird jedes AOI mit im Schnitt jeweils fünf Sekunden lange betrachtet. Im Anschluss werden die AOI wieder in Reihenfolge betrachtet, diesmal jedoch deutlich kürzer (jeweils

maximal drei Sekunden). Zweimal wird die Grafik nach vollständiger Ersterfassung noch durchlaufen, jeweils am *Ziel-PC* endend. Im Fragebogen zeigte P04 mit voller Punktzahl in den Fragen höherer Abstraktion gute Ergebnisse und auch der AOI Sequence Chart zeigt die Umsetzung der Workshop-Inhalte.

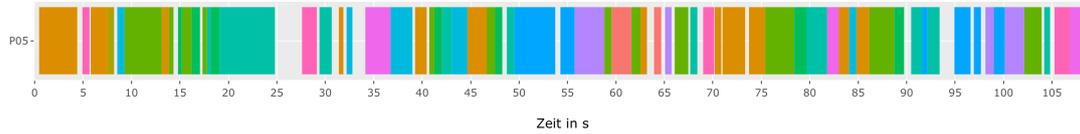


Abbildung 12: AOI Sequence Chart P05

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
108,1s	2,8s	17,9s	18,0s	15,8s	6,8s	5,0s

Tabelle 7: P05 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Proband P05 identifiziert direkt den *Start-PC* und betrachtet im Anschluss der Reihe nach den *XMF-PC*, den *Prüf-PC* sowie den *Ziel-PC*, verweilt dabei insgesamt recht lange auf den einzelnen AOI, blickt jedoch immer wieder kurz auch auf andere AOI in unmittelbarer Nähe. *Hilfs-PC* und *Titel* werden erst nach etwa 60 Sekunden vom Probanden betrachtet. Nach 70 Sekunden betrachtet der Proband die Grafik erneut, geht dabei alle AOI in Reihenfolge ab und beendet die Aufnahme. Hierbei geht er auffallend strukturiert vor. Dafür spricht auch die vom Probanden erreichte, überdurchschnittlich hohe Punktzahl. Insgesamt fällt weiterhin auf, dass P05 mit 11,4 Sekunden besonders lange Bereiche betrachtet, die außerhalb der AOI liegen. Das entspricht rund 11% der Gesamtzeit und liegt damit im direkten Vergleich zu den anderen Probanden an erster Stelle (vgl. Tabelle 29). P05 geht bei der Betrachtung der Grafik vergleichsweise ineffizient vor.

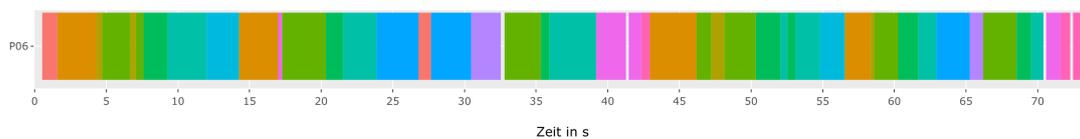


Abbildung 13: AOI Sequence Chart P06

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
74,3s	1,9s	10,5s	15,3s	12,7s	3,0s	2,1s

Tabelle 8: P06 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Die Vorgaben des Workshops werden vom Probanden P06 annähernd umgesetzt. So wird zunächst der *Titel* betrachtet und in den anschließenden 40 Sekunden die Grafik in

die Grafik vom *Start-PC* ausgehend inhaltlich richtig zum *Ziel-PC* sowie im Anschluss zum *Hilfs-PC* abgegangen. Die AOI werden insgesamt jedoch meist nur kurz fixiert und häufig gewechselt. Besonders hervor hebt sich der Bereich des Charts zwischen 35 und 40 Sekunden, in dem 14 Mal zwischen verschiedenen AOI gewechselt wird. Eine Informationsaufnahme kann in diesem Bereich nicht erwartet werden und unterstreicht die Ergebnisse des Fragebogens.

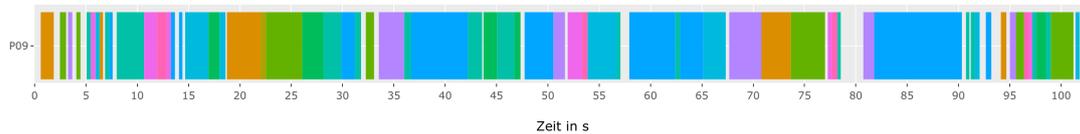


Abbildung 16: AOI Sequence Chart P09

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
102,3s	-	8,5s	11,9s	13,4s	9,1s	2,5s

Tabelle 11: P09 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Der einzige Proband ohne Betrachtung des *Titels*, trotz mehrfacher Erwähnung im Workshop, ist P09. Auch fallen häufige AOI Wechsel und kurze Fixationen zu Beginn und am Ende der Aufnahme auf (siehe Abb. 16). Zusätzlich zeigt sich, dass P09 die Grafik teils in typischer Leserichtung von links nach rechts abwandert, dabei jedoch immer wieder entgegen der Pfeilrichtung vorgeht. Ein Beispiel bietet der Blick vom *Start-PC* über den *XML-PC* zum *Hilfs-PC* am Anfang der Aufnahme. Zudem hält der Proband selten die inhaltlich vorgegebene Reihenfolge der Grafik ein. Lediglich nach 8 Sekunden (vom *Prüf-PC* zum *Ziel-PC*) und nach 20 Sekunden (*Start-PC* über *XML-PC* und *Prüf-PC* zum *Hilfs-PC*) wird der durch die Pfeile vorgegebene Richtung gefolgt. Zusammengefasst lässt sich im Vorgehen des Probanden keine positive Wirkung der Intervention erkennen.

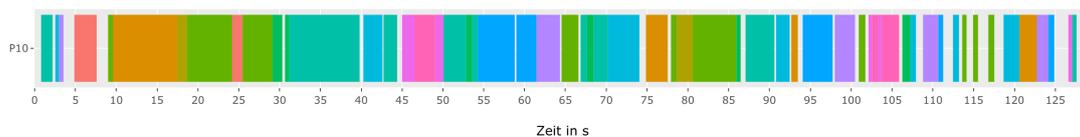


Abbildung 17: AOI Sequence Chart P10

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
130,2s	4,0s	14,5s	21,7s	24,7s	9,5s	5,7s

Tabelle 12: P10 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Mit 13 von 16 Punkten erreichte P10 im Fragebogen das zweitbeste Ergebnis. Der in Abbildung 17 dargestellte AOI Sequence Chart des Probanden zeigt deutlich die Umsetzung

der Workshop-Inhalte. So wird zunächst der *Titel* betrachtet und direkt im Anschluss für 55 Sekunden die Grafik vollständig erfasst. Dabei zeigt der Chart lange Fixationen, wenige Wechsel der AOI sowie kürzer werdende Betrachtungszeiten bereits erfasster AOI. Erst gegen Ende der Aufnahme werden Wechsel zwischen AOI häufiger und Fixationszeiten geringer.

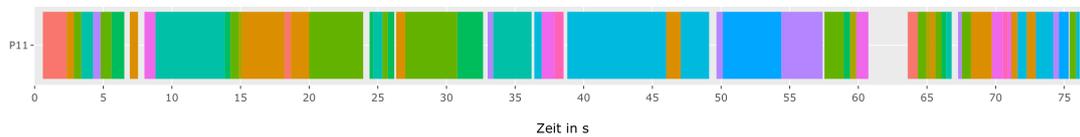


Abbildung 18: AOI Sequence Chart P11

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
76,4s	2,9s	10,3s	14,2s	10,2s	5,1s	1,0s

Tabelle 13: P11 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Proband P11 war mit 35 Jahren der älteste Teilnehmer und konnte im Fragebogen nur einen Punkt erzielen. Der in Abbildung 18 gezeigte AOI Sequence Chart weist nur wenig vom gewünschten Vorgehen auf. Zunächst wird der *Titel* betrachtet. Daraufhin wird die Grafik zunächst überflogen und im Anschluss wird der *Prüf-PC* für etwa fünf Sekunden fixiert, obwohl vorher bereits mehrfach auch der *Start-PC* betrachtet wurde und nach Workshop auch zunächst fixiert werden sollte. Längere Fixationen werden immer wieder kurzzeitig unterbrochen, so zum Beispiel nach 15 Sekunden die Fixation auf dem *Start-PC* mit einer Sakkade zum *Titel*. Auch bei diesem Chart werden Blickbewegungen entgegen der Pfeilrichtung vollzogen oder widersprechen der grafischen Abfolge. Ein Beispiel ist der Blick nach 58 Sekunden vom *XMF-PC* über den *XML-to-Prüf-* und *Start-to-XML* zum *Prüf-to-Ziel*-Pfeil mit anschließender Verweildauer außerhalb der AOI.

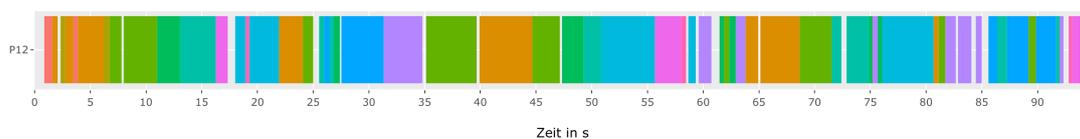


Abbildung 19: AOI Sequence Chart P12

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
95,3s	1,3s	15,9s	17,7s	10,9s	8,9s	1,3s

Tabelle 14: P12 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Proband P12 folgt zunächst der inhaltlichen Reihenfolge der Grafik, beginnend beim *Titel* und *Start-PC*. Nach 35 Sekunden wurde die Grafik erstmals vollständig betrachtet.

Die Dauer der Fixationen sind dabei jedoch vergleichsweise kurz. Zwischen 40 und 63 Sekunden wird die Grafik ein weiteres Mal unter Beachtung der vorgegebenen Reihenfolge betrachtet, diesmal mit längeren Fixationen auf den AOI. Insgesamt erinnert der AOI Sequence Chart in Abbildung 19 stark an die während der Bachelor-Arbeit betrachteten Novizen-Charts.

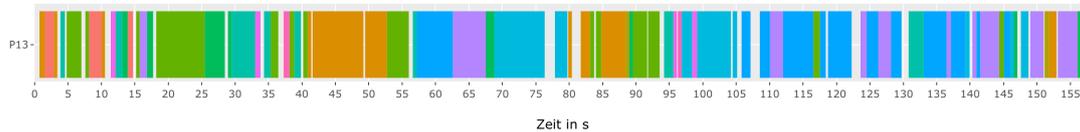


Abbildung 20: AOI Sequence Chart P13

Gesamt	Titel	Start-PC	XMF-PC	Prüf-PC	Hilfs-PC	Ziel-PC
158,5s	4,0s	20,5s	24,5s	12,8s	20,1s	2,0s

Tabelle 15: P13 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V1)

Mit 158 Sekunden Betrachtungszeit blickte Proband P13 am längsten auf die Grafik. Die ersten 17 Sekunden überfliegt P13 die Grafik, mit mehrfacher Betrachtung des *Titels*. Die erste längere Fixation beginnt im Anschluss auf dem *XMF-PC* sowie im weiteren Verlauf auf dem *Prüf-PC*. Dahinter fallen lange Fixationen im AOI Sequence Chart (Abb. 20) z.B. auf dem *Start-PC* (12 Sekunden) auf. In dieser Phase der Betrachtung (40 - 80 Sekunden) werden AOI besonders lang fixiert. Erst im Anschluss nehmen AOI-Wechsel zu und die Fixationsdauer ab. Die abschließenden 50 Sekunden der Betrachtung fallen durch häufige Fixation des *Prüf-to-Hilf*-Pfeils sowie des *Hilfs-PC* auf. Allgemein lässt sich der Chart grob in fünf Phasen einteilen: Beginn der Betrachtung (bis 17 Sekunden), Weg zum *Ziel-PC* (38 Sekunden), Weg zum *Hilfs-PC* (67 Sekunden), Weg zum *Ziel-PC* und Betrachtung des *Prüf-to-Start*-Pfeils und abschließend die erneute Betrachtung des *Hilfs-PC*. Der Blick zum *Start-PC* zu Beginn sowie die Einhaltung der inhaltlich vorgegebenen Reihenfolge sprechen für eine positive Wirkung der Intervention, die häufig alternierende Betrachtung zweier AOI im zweiten Teil der Betrachtung sprechen dagegen.

5.1.3 Erste Erkenntnisse zur Intervention

Die Auswertung der Betrachtungen und Fragebögen der fiktiven XML-Netzwerk-Grafik ermöglichen einen ersten Einblick in die Wirkung der Intervention. Diverse Probanden zeigen Verhalten, dass den vorangegangenen Workshop-Inhalten entspricht. So betrachtet hier nur ein einziger Proband den *Titel* der Grafik nicht. Darüber hinaus werden die über Pfeile grafisch vorgegebenen Blickbewegungen oft eingehalten. Die Probanden halten sich jedoch unterschiedlich stark an die Instruktionen des Workshops. Trotzdem lässt sich hier erneut erkennen, dass Vorgaben die Betrachtungsweise der Probanden beeinflussen, wie von Guy Thomas Buswell 1935 erstmal beschrieben [2].

5.2 Eye-Tracking 2 Auswertung

Von den 13 Probanden, die der Intervention und der ersten Messung beiwohnten, konnten 12 an der zweiten Messung teilnehmen. Proband P04 musste aus persönlichen Gründen kurzfristig absagen. Zur Anschauung zeigt Tabelle 16 die Ergebnisse der ersten und zweiten Messung:

#	Geschlecht	Alter	1.Messzeit	1.Fragebogen	2.Messzeit	2.Fragebogen
P01	m	29	40s	3/16	60s	13/16
P02	m	19	126s	14/16	141s	14/16
P03	w	18	126s	8/16	115s	14/16
P05	m	27	108s	11/16	107s	10/16
P06	m	18	74s	4/16	97s	8/16
P07	w	23	87s	11/16	113s	13/16
P08	m	18	46s	4/16	59s	14/16
P09	m	19	102s	5/16	145s	7/16
P10	m	19	130s	13/16	122s	16/16
P11	m	35	76s	1/16	85s	11/16
P12	m	21	95s	5/16	70s	15/16
P13	w	19	158s	14/16	117s	10/16

Tabelle 16: Übersicht über die Probanden der Studie

Die Tabelle zeigt verglichen mit der ersten Messung deutlich bessere Ergebnisse. Lediglich zwei der Probanden erzielten im Fragebogen zur zweiten Grafik weniger als 10 von 16 Punkten. Im Median wurden diesmal 13 von 16 Punkten erreicht (Mittelwert $\approx 12,1$), was Abbildung 21 abbildet:

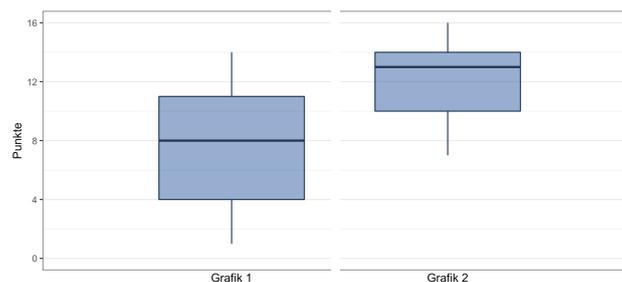


Abbildung 21: Boxplot Fragebögen

Die Grafiken wurden auf Grundlage der Vorlesung „Rechnernetze“ erstellt. Hier zeigt sich jedoch, das Fehlen einer kategorischen Bewertbarkeit der Grafiken. Die Ergebnisse der Fragebögen zeigen nicht, dass die Lesefähigkeit der Probanden im Vergleich zur ersten Messung gestiegen ist. Eher zeigt sich, dass die Grafiken für die Probanden leichter zu lesen war. Eine Bewertung des Schweregrades hinsichtlich der benötigten Lesekompetenz von Grafiken scheint hier für die Zukunft zwingend notwendig.

5.2.1 Auswertung der Fragebögen

Wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben, erfolgt die Auswertung der Fragebögen zur zweiten Grafik gleich. Abbildung 22 zeigt die erreichten Punkte der Probanden. Wieder sind die Fragen höheren Abstraktionsgrades einzeln dargestellt:

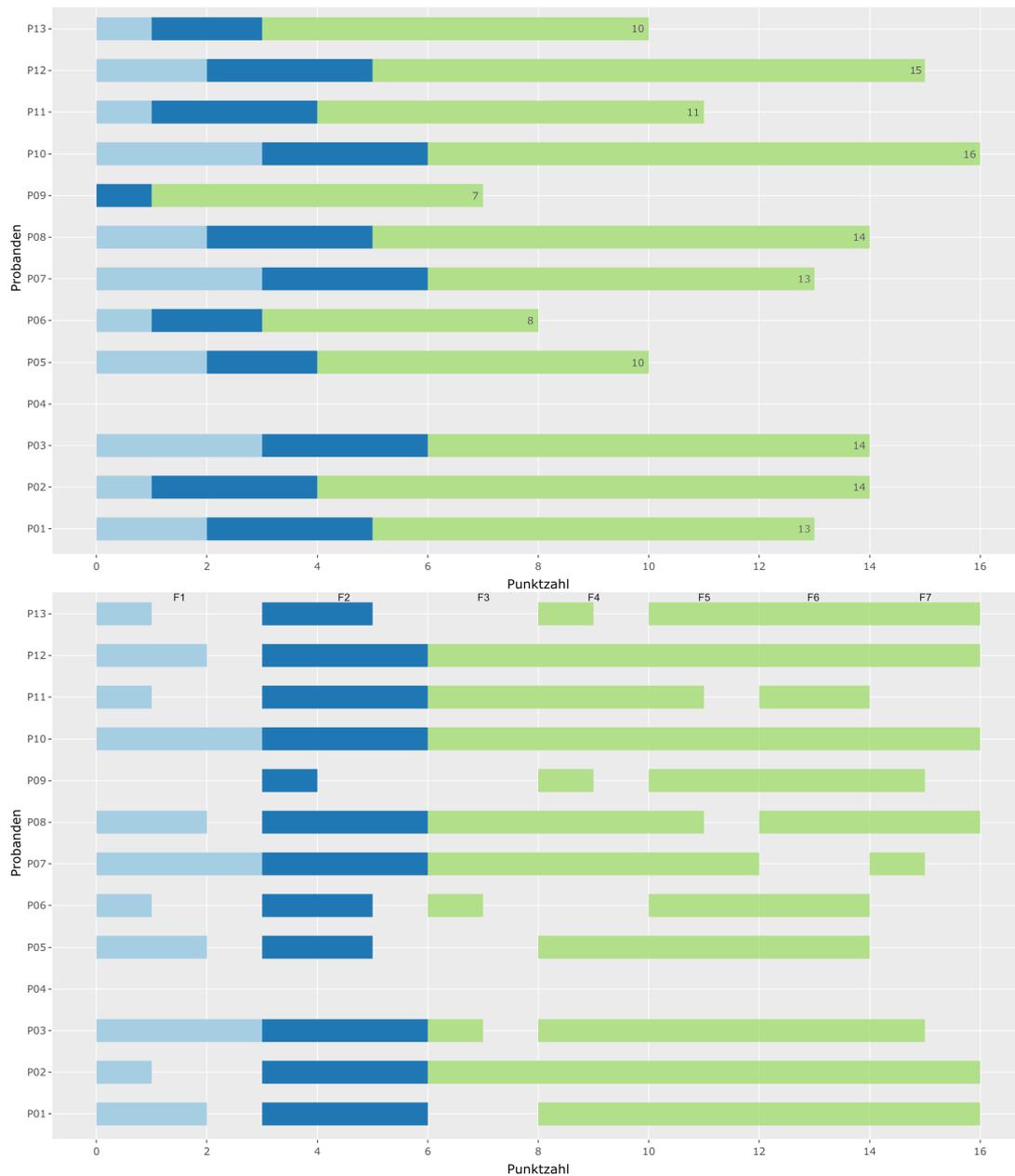


Abbildung 22: Übersicht über die erreichte Punktzahl

Wieder zeigen sich besonders in der Auswertung der Fragen höheren Abstraktionsgrades Unterschieden in den Antworten der Probanden. Vor allem die Beantwortung der ersten

Frage zeigt diese Unterschiede.

„Den Ablauf in einem Verteilersystem. Dieses System enthält einen Start-PC, drei PCs zum Sortieren, einen Prüf-PC und einen Ziel-PC“ (P03)

„Wie der Pakettransfer von PC-A zu PC-B fehlerfrei gemacht wird, innerhalb eines Netzwerks“ (P09)

Die Beschreibung der Abläufe innerhalb der Grafik ist von den meisten Probanden korrekt angegeben. Selten wurden Teile der Grafik falsch beschrieben oder in der Beschreibung vergessen. Acht der Zwölf Probanden erreichten die volle Punktzahl.

„Start-PC sendet zufällige Datenpakete A, B, C, wobei A und B anfällig für Fehler sind. C wird von PC-C direkt gelöscht. PC-B löscht alle fehlerhaften B-Pakete, die fehlerfreien werden an Ziel-PC weitergereicht. PC-A repariert fehlerhafte A-Pakete und sendet sie an Ziel-PC.“ (P13)

Datenpakete A, B und C werden vom *Start-PC* zufällig erstellt. Die Wiedergabe dessen wurde in Frage 3 gefordert. Drei Probanden konnte keine Antwort geben, zwei weitere nur eine teilweise korrekte Antwort. Hier zeigt sich, dass die Probanden, die in den ersten beiden Aufgaben im direkten Vergleich weniger Punkte erzielten, auch in Frage 3 schlechter abschnitten.

*„A - heil oder muss repariert werden
B - heil oder kann gelöscht werden
C - kann weg“ (P03)*

„rein zufällig (A, B oder C)“ (P08)

Datenpakete vom Typ C werden laut Grafik vom zuständigen PC gelöscht. Sie haben also keine Relevanz für den Ziel-PC. Dies wurde von den meisten Probanden korrekt identifiziert. Zwei Probanden erhielten nicht die volle Punktzahl, da diese einen falschen Grund benannten und so geringeres Verständnis über die Abläufe in diesem Teil der Grafik zeigten.

„C-Pakete werden ausnahmslos gelöscht und kommen so nie ans Ziel.“ (P10)

„C-Pakete sind nicht relevant, weil diese nie fehlerhaft sind.“ (P13)

Frage 5 konnte von allen Probanden (teilweise) richtig beantwortet werden. Hier gab es für die Probanden scheinbar keine nennenswerten Probleme.

„Vom Start-PC erzeugte und von A/B/C erkannte Fehler auswerten und gegebenenfalls Start-PC sanktionieren“ (P01)

„Prüft die Häufigkeit von Fehlern.“ (P11)

Auch Frage 6 konnte von allen Probanden korrekt beantwortet werden. Lediglich P07 konnte die Frage nicht beantworten. Die unterschiedliche Behandlung der fehlerhaften Pakete A und B wurde somit von elf der zwölf Probanden korrekt erkannt.

*„A: Fehlerbehebung bei fehlerhaften Paketen
B: Löschen der fehlerhaften Pakete“ (P02)*

Die letzte bewertete Frage des Fragebogens bereitete den Probanden gemeinsam mit Frage 3 die meisten Probleme im Fragen-Block niedrigster Abstraktion. Wieder wurde der Unterschied zwischen den in der Grafik verwendeten Pfeilen erfragt. Wie auch bei den Antworten des ersten Fragebogens fällt auf, dass die Probanden trotz (zumindest für uns) deutlicher Unterschiede in der Darstellung, diesen nicht erkennen. Wie schon in Kapitel 5.1.1 vermutet, hilft für besseres Verständnis eventuell eine Legende.

„Die Pfeile mit durchgängiger Linie stellen Abläufe dar, die permanent ablaufen. Pfeile mit gestrichelter Linie beschreiben Abläufe, die nur bei bestimmten Ereignissen stattfinden.“ (P05)

„[Ausgefüllte] Pfeile stellen dar, wenn Pakete versendet werden. Rote Pfeile zeigen, wenn etwas eine Nachricht erhält (z.B. Abfrage von Informationen für die Anzahl der Fehler)“ (P12)

Wie eingangs erwähnt, fallen die Ergebnisse der zweiten Messung besser aus. Eine Steigerung der Lesekompetenz durch Übung in Fächern des ersten Studiensemesters kann jedoch ausgeschlossen werden, da das Lesen insbesondere von Netzwerkgrafiken dort noch kein Teil der Studieninhalte darstellt. Auch wurden mit den Probanden keine Auswertung im Anschluss an Eye-Tracking und Fragebogen vorgenommen, sodass die Probanden auch hier ihr Vorgehen nicht adaptieren konnten. Dies zeigt sich besonders in den Antworten der Frage 7 beider Fragebögen (Unterschiede der Pfeil-Symbolik). Daher verweisen wir erneut an dieser Stelle auf die Dringlichkeit, Einstufungen für Grafiken im Hinblick auf die Verständlichkeit und Anforderung beim Lesen zu entwickeln und beim Design neuer fiktiver Grafiken einfließen zu lassen.

5.2.2 Auswertung der AOI Sequence Charts

Für die Auswertung der Eye-Tracking-Daten wurden zunächst wieder die AOI bestimmt. Abbildung 23 zeigt die AOI der Verteiler-Netzwerk-Grafik. Die Farben der einzelnen AOI wurden im Nachhinein an die Farben des AOI Sequence Chart Generators angepasst und entsprechen so zur besseren Übersicht denen der AOI Sequence Charts. Diesmal wurde zusätzlich noch eine andere Farbpalette ausgewählt, um die AOI Sequence Charts beider Messungen besser unterscheiden zu können.

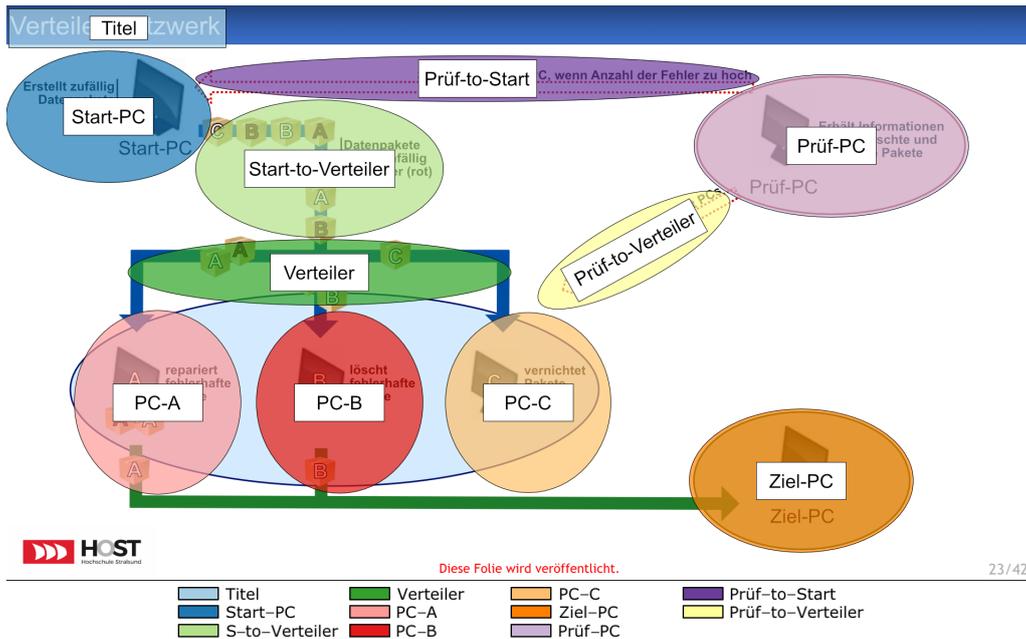


Abbildung 23: AOI der Verteiler-Netzwerk-Grafik mit Legende

Zusätzlich zu den AOI Sequence Charts der Probanden werden diesmal auch die Antworten der Probanden zur Frage 8 des Fragebogens (Beschreiben Sie Ihr Vorgehen beim Betrachten der Grafik!) ausgewertet und in Relation zueinander gebracht. Wir erhoffen somit weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Forschungsfragen zu erhalten.

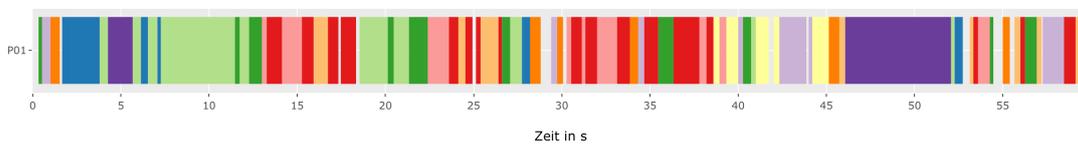


Abbildung 24: AOI Sequence Chart P01

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
59,5s	-	3,7s	5,7s	10,4s	3,9s	4,3s	2,9s

Tabelle 17: P01 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Auch in der zweiten Messung betrachtet P01 die Grafik unter einer Minute und blickt dabei zu keinem Zeitpunkt zum *Titel*. Nach zwei Sekunden werden zunächst *Start-PC*, *Verteiler* und die PCs *A* bis *C* betrachtet. Dabei zeigt der AOI Sequence Chart (siehe Abb. 24) kurze Fixationen und häufige AOI-Wechsel. Nur zwei Mal betrachtet der Proband ein AOI länger als drei Sekunden (*Start-to-Verteiler* nach 7s sowie *Prüf-to-Start* nach 46s). Nach 38 Sekunden wird der Bereich des *Prüf-PC* inklusive aller zugehöriger Pfeile betrachtet. Im Anschluss wird die Grafik scheinbar wahllos betrachtet und die Aufnahme dann beendet. Das Vorgehen beschreibt der Proband wie folgt: „Start suchen, Datenfluss verfolgen [...] bis zum Ziel, weitere noch nicht betrachtete Elemente suchen. Kontrollieren, ob verstandener Inhalt wirklich dem Bild entspricht“ (P01). Der *Titel* findet also auch hier keine Erwähnung. Dagegen werden die letzten Sekunden der Betrachtung mit der Verständnisüberprüfung beschrieben, die auch Teil des Workshops war.

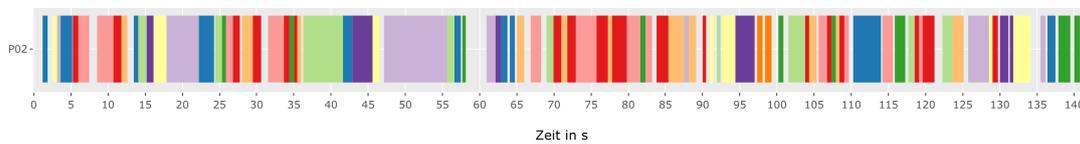


Abbildung 25: AOI Sequence Chart P02

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
140,8s	-	14,0s	18,5s	20,7s	12,7s	18,9s	2,6s

Tabelle 18: P02 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Proband P02 betrachtet den *Titel* der Grafik trotz 140,8s Gesamtbetrachtung zu keinem Zeitpunkt der Messung. Dies gibt Hinweise über die geringe Punktzahl in der Auswertung der ersten Frage des Fragebogens. Auch der AOI Sequence Chart in Abbildung 25 zeigt mit kurzen Fixationen und häufigen Wechseln der AOI wenig Experten-Vorgehen. Das Vorgehen des Probanden bei Betrachtung stimmt selten mit den Vorgaben der Grafik überein. Nach 23 Sekunden betrachtet P02 beispielsweise erstmalig die AOI *Start-PC*, *Start-to-Verteiler*, *Verteiler* sowie *PC-A*, *PC-B* und *PC-C* in der vorgegebenen Reihenfolge. Das Vorgehen beschreibt P02 mit „Verstehen → Zusammenhang → Lernen“ und beschreibt, zunächst alle Bereiche einzeln zu entziffern und erst anschließend die Zusammenhänge prüfen zu wollen. Wieder entspricht dies weniger den im Workshop gelehrt Vorgehen und zeigt somit nicht das effektive und effiziente Vorgehen eines Experten.

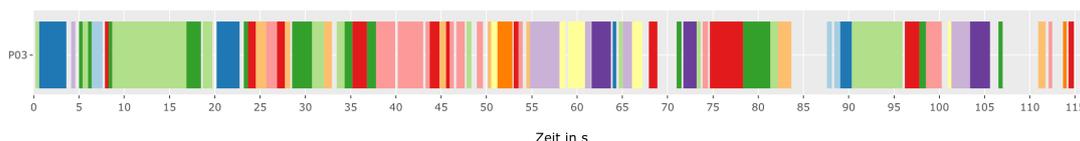


Abbildung 26: AOI Sequence Chart P03

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
115,1s	2,4s	8,3s	12,1s	15,4s	7,1s	8,4s	3,3s

Tabelle 19: P03 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Der AOI Sequence Chart von Proband P03 (vgl. Abb. 26) zeigt zunächst auffallend lange Fixationen auf den AOI. Gleichzeitig weist P03 mit 10 Sekunden die längste absolut gemessene Zeit ohne Betrachtung eines AOI auf. „Dem Ablauf vom Start-PC folgend. [...] Zwischendurch ist mir aufgefallen, dass ich den Titel nicht betrachtet habe und tat dies dann. Den Prüf-PC habe ich mir zuletzt angeschaut. Als allerletztes habe ich die Grafik überflogen und versucht Pfeile und Kreise selbst zu beschriften“ (P02). In der Tat zeigt der Chart den Blickverlauf vom *Start-PC* zum *Titel* und weiter zum *Verteiler* sowie lange Betrachtung der verarbeitenden PCs. Nach 55 Sekunden wurden alle zum Datentransfer gehörigen AOI betrachtet, 10 Sekunden später scheint laut Chart auch der Bereich des *Prüf-PC* erfasst zu sein. Anschließend blickt P03 häufig auf Bereiche außerhalb der von uns gesetzten AOI, verweilt erneut länger auf *PC-B*, *Verteiler* und dem *Start-to-Verteiler*-Pfeil und beendet nach 115 Sekunden die Aufnahme. AOI Sequence Chart und Selbsteinschätzung des Probanden zeigen in Ansätzen das gewünschte und im Workshop diskutierte Expertenvorgehen.

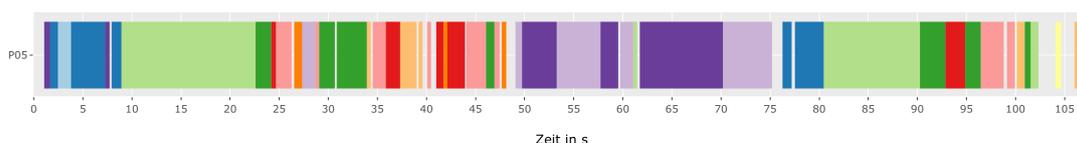


Abbildung 27: AOI Sequence Chart P05

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
106,5s	1,3s	9,7s	10,1s	7,6s	4,5s	13,1s	2,3s

Tabelle 20: P05 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Der in Abbildung 27 gezeigte AOI Sequence Chart von P05 enthält auffallend lange Fixationen sowie wenige Wechsel der AOI. Vor allem der Bereich zwischen 9 und 22 Sekunden (Betrachtung *Start-to-Verteiler*) sowie der Bereich zwischen 50 und 75 Sekunden (Betrachtung des *Prüf-PC* samt inhaltlich davon abhängiger Bereiche) prägen den Chart. Der Blick folgt mit kleineren Ausnahmen dem inhaltlich vorgegebenem Weg der Grafik, startend beim *Titel* und dem *Start-PC* bis hin zum *Ziel-PC*, wobei mehrere Wechsel zwischen den PCs *A*, *B* und *C* stattfinden. Nach vollständiger Betrachtung der Grafik nach 75 Sekunden wird die Grafik abschließend erneut in vorgegebener Reihenfolge betrachtet. Diesmal jedoch mit geringerer Verweildauer auf den einzelnen AOI. Die Beschreibung durch den Probanden selbst stimmt mit dem im Chart erkannten Vorgehen und dem des Experten während der Intervention gelehrtem Vorgehen überein. Dennoch zeigte die Auswertung des Fragebogens mit 10 von 16 Punkten unterdurchschnittliche Ergebnisse im direkten Vergleich zu anderen Probanden.

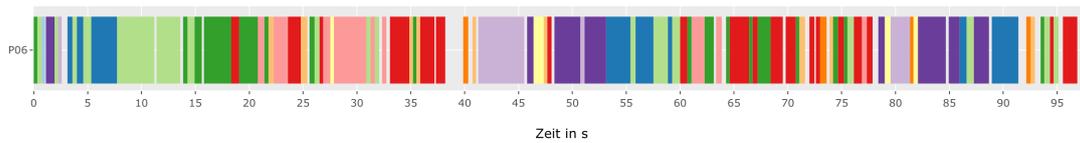


Abbildung 28: AOI Sequence Chart P06

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
96,9s	0,3s	11,0s	8,9s	16,9s	3,8s	7,3s	1,8s

Tabelle 21: P06 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

„Zuerst Überschrift“ schreibt Proband P06 zu Frage 8 des Fragebogens. Die Auswertung des AOI Sequence Charts (Abb. 28) zeigt dagegen, dass P06 den Titel mit 0,3s (entspricht 0,3% der Gesamtbetrachtung des Probanden) zwar zu Beginn der Betrachtung, jedoch auffallend kurz betrachtet hat. Auch wird im Fragebogen der *Titel* der Grafik nicht namentlich erwähnt. Dennoch zeigt der Chart, dass P06 dem Inhalt der Grafik folgt. Dies geschieht jedoch immer wieder mit kurzen Wechseln zu bereits betrachteten AOI. Allgemein betrachtet P06 AOI selten länger als drei Sekunden ohne Unterbrechung oder AOI-Wechsel. Laut AOI Sequence Chart wurden nach 53 Sekunden alle wichtigen Bereiche der Grafik mindestens ein Mal vom Probanden betrachtet. Besonders in der zweiten Hälfte der Betrachtung, die daran anschließt, wechselt P06 häufig die AOI, die mal in Reihenfolge und mal quer über die gesamte Grafik verteilt liegen. Interventionsinhalte werden zwar vom Probanden selbst im Vorgehen beschrieben, jedoch steht der AOI Sequence Chart in klarem Kontrast und zeigt tendenziell eher Novizen-Vorgehen.

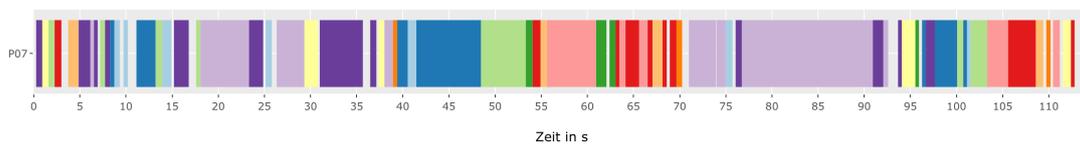


Abbildung 29: AOI Sequence Chart P07

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
113,3s	5,1s	13,9s	10,3s	9,1s	3,9s	28,9s	1,5s

Tabelle 22: P07 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Abbildung 29 zeigt einen AOI Sequence Chart mit auffallend großer Verweildauer auf dem *Prüf-PC*. In der Tat betrachtet P07 den *Prüf-PC* mit fast 30 Sekunden ($\approx 26\%$ Anteil an Gesamtbetrachtung) am Längsten. Zudem wird auch der *Titel* mit rund 5 Sekunden am längsten betrachtet. Insgesamt zeigt der Chart immer wieder lange Betrachtungen einzelner AOI, jedoch entspricht das Vorgehen nicht dem Inhalt der Reihenfolge. So wird die Grafik erst nach 40 Sekunden erstmals der Reihenfolge nach vom *Start-PC* zum

Ziel-PC betrachtet. P07 schreibt dazu: „Ich habe mir zuerst einen Überblick geschaffen, anschließend die Überschrift gelesen und dann versucht den Start der Grafik zu finden (war etwas schwierig durch den größeren roten Prüf-PC). Dann bin ich Schritt für Schritt die Pfeile und PCs durchgegangen, bis ich beim Ziel war“(P07). Hier zeigt sich also durchaus der Einfluss verwendeter Farben. Die Farbe Rot gilt allgemein als Warnfarbe und erzeugt Aufmerksamkeit [11]. Dennoch stimmen die Angaben des Probanden mit dem Chart überein und zeigen abschließendes „Erneut-Betrachten“ der Grafik in den letzten 15 Sekunden der Aufnahme. Zusammenfassend zeigt sich im Vorgehen die Umsetzung der Workshop-Inhalte.

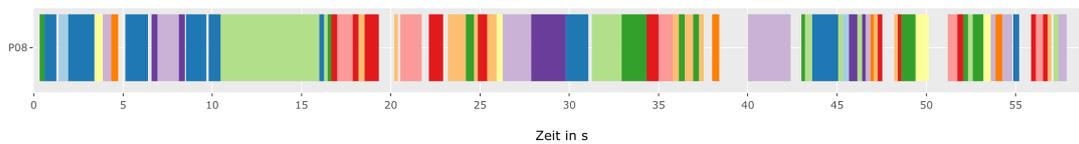


Abbildung 30: AOI Sequence Chart P08

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
58,6s	0,9s	8,5s	3,9s	4,9s	4,1s	7,2s	1,5s

Tabelle 23: P08 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Proband P08 betrachtete die Grafik mit nur 58,6 Sekunden am Kürzesten. Zudem wurde insgesamt acht Sekunden lang nicht auf eines der AOI geblickt, was einem Anteil von 14% der Gesamtzeit entspricht. Das Vorgehen wird vom Probanden nur vage beschrieben: „Groben Überblick über die Struktur der Grafik gewinnen. Verschiedene Teilbereiche ausmachen und verstehen. Das Zusammenwirken der einzelnen Teilbereiche verstehen“ (P08). Der AOI Sequence Chart in Abbildung 30 unterstreicht die Angaben des Probanden. So werden in den ersten Sekunden über die ganze Grafik verteilte AOI betrachtet, bevor dann nach acht Sekunden erstmal der inhaltlich vorgegebenen Reihenfolge der Grafik gefolgt wird. In dieser Phase wird der *Start-to-Verteiler*-Pfeil für etwa 5 Sekunden ohne Unterbrechung betrachtet. Kein anderes Segment des Charts zeigt ähnlich lange oder gar längere Betrachtung eines AOI. Nach 38 Sekunden sind alle AOI betrachtet, wobei jedoch zuvor statt zunächst zum *Ziel-PC* zu blicken (entlang der Pfeilrichtung) nach 26 Sekunden erst der *Prüf-PC* betrachtet wurde (entgegen der Pfeilrichtung). Die letzten 15 Sekunden der Aufnahme sind von häufigen AOI-Wechseln, kurzen Fixationen und diversen Betrachtungen von Bereichen außerhalb der AOI geprägt. Workshop-Inhalte sind im Chart kaum erkennbar.

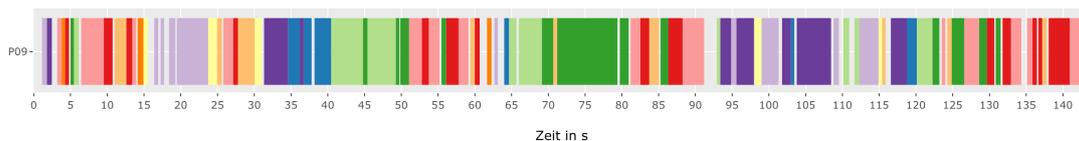


Abbildung 31: AOI Sequence Chart P09

betrachtet, sondern der Blick immer wieder zum *Start-PC* zurückgeführt. Generell fällt auf, dass die Betrachtungen der einzelnen AOI etwa jeweils gleich lang dauern (bspw. dauert die Betrachtung des *Prüf-PC* jeweils etwa zwei Sekunden). P12 schreibt unter anderem, dass AOI abgegangen und umschrieben wurden sowie die Grafik erneut von vorne betrachtet wurde, sofern die eigenen Umschreibungen im Widerspruch zur Grafik standen. Dies könnte die unvollständigen Betrachtungen nach 26 Sekunden erklären.

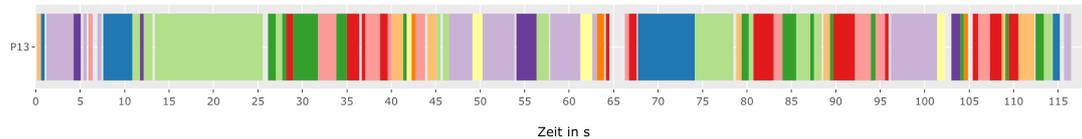


Abbildung 35: AOI Sequence Chart P13

Gesamt	Titel	Start-PC	PC-A	PC-B	PC-C	Prüf-PC	Ziel-PC
117,1s	-	11,4s	11,7s	13,7s	6,5s	20,1s	2,1s

Tabelle 28: P13 - Betrachtungsdauer der wichtigsten AOI (V2)

Wie auch schon P07 schreibt Proband P13, dass der Blick aufgrund der roten Färbung zunächst zum *Prüf-PC* wanderte. Auch der AOI Sequence Chart des Probanden (siehe Abb. 35) zeigt diesen Blickverlauf. Da der *Prüf-PC* nicht als „Anfangspunkt der Grafik in Frage kam“, wurden weitere AOI kurzzeitig betrachtet. Der *Start-PC* ist dann der erste länger betrachtete Bereich der Grafik, gefolgt von allen Bereichen, betrachtet nach vorgegebener Reihenfolge. Hierbei fallen sowohl lang betrachtete Bereiche auf (*Start-to-Verteiler*-Pfeil mit 12 Sekunden) sowie häufige AOI-Wechsel mit Fixationen von unter einer Sekunde. Nach 65 Sekunden sind alle Bereiche der Grafik erfasst, teilweise jedoch ohne Beachtung der inhaltlichen Reihenfolge. Die Grafik wird im Anschluss ein weiteres Mal vollständig abgegangen und abschließend wird die Grafik von den verarbeitenden PCs *A*, *B* und *C* rückwärts zum *Start-PC* abgegangen. Die deutlich kürzer werdenden Betrachtungsdauern des *Start-to-Verteiler*-Pfeils weisen auf Workshop-Vorgehen hin, andere AOI-Betrachtungen sowie die Nicht-Beachtung des *Titels* sprechen dagegen.

5.3 Zusammenfassung beider Auswertungen

Der Vergleich der in den Fragebögen erreichten Punkte zeigte eine deutliche Steigerung der Probanden in der zweiten Messung. Bereits dort vermuteten wir nicht die gesteigerte Lesekompetenz der Probanden als Ursache. Die anschließende Auswertung der AOI Sequence Charts bestätigte die Annahme, da viele Probanden wenig des im Workshop unterrichteten Vorgehens umsetzten. Erneut zeigten sich Verhaltensweisen, die während der Bachelorarbeit innerhalb der Novizen-Gruppe vermehrt aufgetreten waren und sowohl zu ineffizienten, als auch fehleranfälligen Betrachtungen führten [27]. So wurde beispielsweise der *Titel* der Grafik in der zweiten Aufnahme nur von sechs Probanden betrachtet. In der ersten Aufnahme blickte nur ein einziger Proband nicht auf den *Titel*.

Wie in unseren Hypothesen vermutet (siehe Kapitel 3), zeigt die Kurzintervention in Bezug auf F1.2 mittelfristig gering gesteigerte Lesekompetenzen der Probanden und einen Leistungsabfall beim Vergleich beider Aufnahmen. Die Verwendung eines Kurzworkshops ohne Übungen, wie wir sie in dieser Studie getestet haben, zeigt über längeren Zeitpunkt nicht die gewünschten Ergebnisse und wird hier daher nicht als geeignete Intervention betrachtet.

Neben der Auswertung der Fragebögen und AOI Sequence Charts erwies sich auch das schriftlich festgehaltene Vorgehen der Probanden als hilfreiches Werkzeug innerhalb der Erkenntnisgewinnung. Zwei Probanden (beide weiblich) wiesen dabei unter anderem auf die Signalwirkung der Farbe Rot hin, die den Blick dahingehend manipulierte (vgl. Angaben der Probanden P07 und P13). Inwieweit dieser Aspekt jedoch im Workshop thematisiert oder gar beim Erstellen von Grafiken beachtet werden muss, kann mit unseren Erkenntnissen nicht explizit angegeben werden. Untersuchungen darüber zeigen aber, dass die Wirkung der Farbe auf den Blickverlauf eher gering ausfällt (siehe bspw. [22]). Zudem zeigten sich Differenzen zwischen AOI Sequence Charts und beschriebenem Vorgehen. Es scheint, als erinnerten sich Probanden an das im Workshop besprochene Vorgehen, konnten dies jedoch nicht umsetzen. Dies zeigt ein Problem qualitativer Studien, da Probanden (besonders in Interview-Situationen) um die Sympathie der Forscher*innen bemüht sind und so Aussagen machen, die weniger der Realität denn mehr der Sympathiegewinnung oder der besseren Selbstdarstellung dienen [9].

6 Fazit

Mit der Studie sollte die Effektivität der Intervention untersucht und evaluiert werden. Trotz der bereits in der Hypothese (siehe Kapitel 3) geäußerten Bedenken gegenüber des Frontalvortrags und Kurzworkshops hinsichtlich langfristiger Lernerfolge der Probanden sollte ebendieser genauer untersucht werden. Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Ergebnisse werden in diesem Kapitel abschließend zusammengefasst und liefern einen Ausblick für künftige Studien.

Die im Anschluss an den Workshop durchgeführten Aufnahmen zeigten während der Auswertung deutlich gesteigerte Lesekompetenzen der Probanden. Verglichen mit der Novizengruppe der Bachelorarbeit [27] zeigten die Probanden dieser Studie vermehrt Experten-Vorgehen, welches innerhalb der Intervention mit den Probanden besprochen wurde. Neben der Betrachtung des Titels war vor allem der darauf folgende Blickverlauf von besonderem Interesse. Hier hatten sich in der Vergangenheit klare Unterschiede zwischen Experten und Novizen gezeigt. Wir erwarteten das im Workshop gelehrt Vorgehen in den AOI Sequence Charts der Probanden wiederzufinden.

Hinsichtlich der Forschungsfrage F1.1 zeigten viele Probanden innerhalb der ersten Aufnahme das gewünschte Vorgehen des Experten. So wurde von vielen Probanden der Startpunkt der ersten Grafik richtig identifiziert und die anschließenden AOI in der richtigen, also inhaltlich vorgegebenen, Reihenfolge betrachtet. Teilweise zeigten die Probanden hierbei sogar lange Erstbetrachtungen der AOI, die in der Studie von 2018 den Unterschied zwischen Experten und Novizen besonders hervorgehoben hatten. Dennoch sei an dieser Stelle erneut angemerkt, dass die Probanden die Vorgaben der Intervention zwar durchaus umsetzten, jedoch selten in der erhofften Qualität des Experten. Während Experten (unserer Beobachtung nach) AOI bereits nach einmaliger intensiver Betrachtung erfassen und verinnerlichen konnten, mussten die Probanden bereits erfasste Bereiche immer wieder erneut aufsuchen, um neue Informationen zu beziehen oder Verknüpfungen zwischen AOI schließen zu können. Zudem erachten wir die Untersuchung der Lesekompetenz vorab der Intervention für zwingend notwendig. Die geringe Anzahl der Probanden lässt nicht erkennen, welche Kompetenzen die Teilnehmer*innen der Studie mitbringen und welche erst mit der Intervention vermittelt wurden. Dennoch kann dem Workshop kurzfristig meist erfolgreiche Steigerung der Lesekompetenz in Bezug auf F1.1 zugesprochen werden. Einige Probanden sprachen jedoch nicht auf die Workshop-Inhalte an, wiesen das bereits beobachtete Vorgehen von Novizen auf und zeigten Mängel in der Beantwortung der Fragen. Daher kann der Erfolg der Intervention zu diesem Zeitpunkt nicht als prägnant erachtet werden.

Wesentlich bedeutsamer sind die Erkenntnisse der zweiten Aufnahme, die die mittelfristige Wirkung der Intervention zeigen und somit vor allem F1.2 sowie F2 beantworten. Hier halfen auch die zusätzlich durch die Selbstreflexion der Probanden generierten Informationen. Zunächst präsentierten sich bessere Ergebnisse in den Antworten der Fragebögen im Vergleich zur ersten Messung.

Dies deutet auf eine von uns bis dahin wenig beachtete Problematik der Studie. Der direkte Vergleich der Punkte beider Grafiken belegt die Notwendigkeit eines Kompetenz-Konzeptes zur Bewertung von Grafiken. Die Ergebnisse der Probanden deuteten auf eine verringerte Anforderung hinsichtlich der benötigten Lesekompetenz beim Verstehen der zweiten Grafik an (vgl. Abb. 21 in Kap. 5.2). Eine Bewertungs-Skala für Grafiken könnte in diesem Zusammenhang für konstante Anforderungen hinsichtlich der erwarteten Lesekompetenz sorgen und somit die Auswertung und die Vergleichbarkeit verschiedener Aufnahmen verbessern.

Die Auswertung der AOI Sequence Charts der zweiten Aufnahme bestätigt die o.g. Problematik und veranschaulicht die von uns vorab der Studie aufgestellten Hypothese. Die Charts zeigen bei der Blickbewegung der Probanden häufige Wechsel der AOI innerhalb kurzer Zeitintervalle. Dieses Verhalten wurde bereits 2018 von uns erkannt, dort vor allem in der Gruppe der Novizen [27]. Auf diese Studie übertragen, bringen die Charts die Rückfälligkeit der Probanden in alte Betrachtungsmuster zum Ausdruck. Aussagen einzelner Probanden zeigen zwar, dass das besprochene Vorgehen der Intervention in Teilen reaktiviert werden kann, häufig jedoch erst inmitten der Betrachtung. Teilweise konnten Inhalte der Intervention zwar wiedergegeben, aber nicht mehr umgesetzt werden. Gelehrte Strategien der Experten werden mittelfristig von den Probanden somit selten bis gar nicht mehr umgesetzt (F1.1). Selbst die eindeutige Kennzeichnung eines Einstiegs in die Grafik (Benennung des *Start-PC*) zeigte innerhalb der zweiten Messung wenig Wirkung, sodass Probanden immer wieder andere AOI zu Beginn der Aufnahme intensiver betrachteten. Die bereits von uns beobachtete Missachtung des Titels der Grafiken kann auch hier wiedergefunden werden. In Bezug zu F1.2 zeigt sich, dass die Lesekompetenz unserer Probanden durch die Intervention somit nicht dauerhaft gesteigert wurde.

Einen frontalen Kurzvortrag zur Steigerung der Lesekompetenz von Probanden sehen wir daher insgesamt trotz für Lehrkräfte attraktiver kurzer Vorbereitung nicht für hilfreich an. Der Kurzworkshop erweist sich nicht als geeignete Intervention für Lehrende und Lernende (F2), da die mittelfristig erhoffte Wirkung in unserer Studie ausblieb. Wir erwarten dieses Ergebnis auch in quantitativen Untersuchungen der gleichen Thematik wiederfinden zu können. Die Weiterentwicklung der Intervention mit Übungseinheiten für Teilnehmer*innen scheint uns nach Betrachtung unserer Ergebnisse als zielführend hinsichtlich der langfristigen Steigerung der Lesekompetenz.

Wie auch schon in der Studie von 2018 erwies sich die Auswertung der Eye Tracking Daten über AOI Sequence Charts als effektiv und effizient. Vor allem die Nutzung passender R Pakete innerhalb des *AOIanalyseR* [28] unterstützt die Auswertung und vereinfacht den Vergleich der Daten enorm. Die Veröffentlichung der Software sorgt zudem mit „Issue-Tracker“ und „Feature-Requests“ hoffentlich für eine stetige Weiterentwicklung des Pakets im wissenschaftlichen Sinne.

Abschließend soll erneut auf ein mehrfach beobachtetes Phänomen in den Betrachtungen der Probanden hingewiesen werden. Vor allem in den Aufnahmen der ersten Grafik zeigten Probanden Blickverläufe entgegen der Pfeilrichtung. Im Workshop hatten wir explizit auf Blickverläufe entlang der Pfeilrichtungen verwiesen, da diese meist die inhaltliche Logik der Grafik zeigen.

Vermeehrt wurde jedoch auch in Leserichtung (von links nach rechts, von oben nach unten) geblickt. Zudem konnten auch verschiedene Pfeilarten nicht von den Probanden erkannt und somit auch der Grund für verschiedene Darstellungen der Pfeile nicht wiedergegeben oder mit Inhalten der Grafik verknüpft werden. Hier bietet sich eine Verknüpfung von Ton- und Eye Tracking Aufnahme an, bei der die Probanden eine Grafik in zwei Etappen betrachten. Erst wird die Grafik ohne beschreibende Texte gezeigt. Die Probanden werden dann angehalten, die Grafik sowie einzelne Bereiche und deren Zusammenwirken zu beschreiben. Mögliche Start- und Endpunkte der Grafik sollen von den Probanden vermutet werden. Anschließend werden die Texte eingeblendet und die Probanden erhalten Zeit, die Grafik in Gänze zu betrachten. So können die Audio-Daten mit dem Blickverlauf verglichen werden und die Ergebnisse weitere Erkenntnisse über Betrachtungen von Grafiken, eventuell auch den Einfluss von Farben und Formen, liefern.

Die Untersuchungsteilnehmer*innen unserer Studien von 2018 und 2020 zeigten hinsichtlich der Lesekompetenz von (Netzwerk-)Grafiken geringe Kompetenzen und somit die Relevanz einer wirksamen Intervention. Dies bedarf weiterer Untersuchungen und der Entwicklung und Erprobung eines Workshops, besonders auch für besseren Einstieg ins (Informatik-)Studium.

7 Literaturverzeichnis

- [1] L. Alcock. How do people read mathematics?, Jan. 2016. URL <https://blog.oup.com/2016/01/reading-mathematics-proofs/>.
- [2] G. Buswell. *How People Look At Pictures: A Study Of The Psychology Of Perception In Art*. Univ. Chicago Press, 1935. URL <https://books.google.de/books?id=ZDuRMQEACAAJ>.
- [3] P.-B. Bök and A. Noack. *Technische Grundlagen von Computernetzen: Techniken, Standards und Systeme*. Informatik. W3L-Verl, Dortmund, 2015. ISBN 978-3-86834-054-9. OCLC: 910327905.
- [4] C. Desmet and K. Diependaele. An eye-tracking study on the road examining the effects of handsfree phoning on visual attention. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60:549–559, Jan. 2019. ISSN 13698478. doi: 10.1016/j.trf.2018.11.013.
- [5] J. H. Goldberg, M. J. Stimson, M. Lewenstein, N. Scott, and A. M. Wichansky. Eye tracking in web search tasks: design implications. In *Proceedings of the symposium on Eye tracking research & applications - ETRA '02*, page 51, New Orleans, Louisiana, 2002. ACM Press. ISBN 978-1-58113-467-4. doi: 10.1145/507072.507082. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=507072.507082>.
- [6] A. Gott and N. Crane. *Developing R Packages*, 2020. URL <https://www.datacamp.com/courses/developing-r-packages>. Letzter Zugriff: 23.01.2019.
- [7] M. Hirzinger. *Biographische Medienforschung*. Böhlau Wien, 1991. ISBN 978-3-205-05444-3.
- [8] B. Hollstein. Qualitative Methoden und Mixed-Method-Designs. In C. Stegbauer and R. Häußling, editors, *Handbuch Netzwerkforschung*, pages 459–470. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2010. ISBN 978-3-531-92575-2. doi: 10.1007/978-3-531-92575-2_40. URL https://doi.org/10.1007/978-3-531-92575-2_40.
- [9] N. Huber and M. Meyen, editors. *Medien im Alltag: qualitative Studien zu Nutzungsmotiven und zur Bedeutung von Medienangeboten*. Number Bd. 7 in Mediennutzung. Lit, Berlin, 2006. ISBN 978-3-8258-9234-0.
- [10] M. Inglis and L. Alcock. Expert and Novice Approaches to Reading Mathematical Proofs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(4):358, 2012. ISSN 00218251. doi: 10.5951/jresmetheduc.43.4.0358. URL <http://www.jstor.org/stable/10.5951/jresmetheduc.43.4.0358>.
- [11] J. Itten. *Kunst der Farbe: subjektives Erleben und objektives Erkennen als Wege zur Kunst*. Seemann, Berlin, 2001. ISBN 978-3-363-00980-4. OCLC: 76290592.
- [12] H. Kromrey. Evaluation - Ein Überblick. In H. Schöch, editor, *Was ist Qualität. Die Entzauberung eines Mythos.*, volume 6 of *Schriftreihe Wandel und Kontinuität in Organisationen.*, pages 31–85. Wissenschaftl. Verlag, Berlin, 2005.
- [13] J. Lai, C. J. Lortie, R. A. Muenchen, J. Yang, and K. Ma. Evaluating the popularity of R in ecology. *Ecosphere*, 10(1):e02567, Jan. 2019. ISSN 2150-8925, 2150-8925. doi: 10.1002/ecs2.2567. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecs2.2567>.

- [14] S. Lamnek. *Methoden und Techniken*. Number 2 in Qualitative Sozialforschung. Psychologie Verlagsunion, Weinheim, 1995. ISBN 978-3-621-27177-6.
- [15] C. Lieser. *Lernprozesse im Selbstcoaching: eine qualitative Studie im Rahmen der Cahier-Methode*. Springer VS, Wiesbaden, 2012. ISBN 978-3-531-19221-5 978-3-531-19222-2. OCLC: 812180884.
- [16] K. K. Matusiak, C. Heinbach, A. Harper, and M. Bovee. Visual Literacy in Practice: Use of Images in Students' Academic Work. *Association of College & Research Libraries*, 80(1), Jan. 2019. ISSN 2150-6701.
- [17] P. Mayring. Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, Vol 2:No 1 (2001): Qualitative and Quantitative Research: Conjunctions and Divergences, Feb. 2001. doi: 10.17169/FQS-2.1.967. URL <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/967>.
- [18] T. Meyer, U. Karbach, C. Holmberg, C. Güthlin, C. Patzelt, M. Stamer, and für die Arbeitsgruppe Qualitative Methoden des DNVF. Qualitative Studien in der Versorgungsforschung - Diskussionspapier, Teil 1: Gegenstandsbestimmung. *Das Gesundheitswesen*, 74 (08/09):510–515, Aug. 2012. ISSN 0941-3790, 1439-4421. doi: 10.1055/s-0032-1323693. URL <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0032-1323693>.
- [19] R. Pettersson. Visual Literacy. *International Encyclopedia of Educational Technology*., pages 622–626, 1996.
- [20] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing, 2019. URL <https://www.R-project.org/>.
- [21] RStudio Team. RStudio: Integrated Development Environment for R, 2019. URL <http://www.rstudio.com/>.
- [22] P. Schumacher. Blickaufzeichnung in der Rezeptionsforschung: Befunde, Probleme und Perspektiven. In H.-J. Bucher and P. Schumacher, editors, *Interaktionale Rezeptionsforschung*, pages 111–134. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2012. ISBN 978-3-531-17718-2 978-3-531-93166-1. doi: 10.1007/978-3-531-93166-1_4. URL http://link.springer.com/10.1007/978-3-531-93166-1_4.
- [23] M. D. Shepherd, A. Selden, and J. Selden. Difficulties first-year university students have in reading their mathematics textbook. *Tennessee Technological University*, Technical Report 2009, 2009.
- [24] C. Sievert. plotly for R, 2018. URL <https://plotly-r.com>.
- [25] A. Spillner and T. Linz. *Basiswissen Softwaretest: Aus- und Weiterbildung zum Certified Tester ; Foundation Level nach ISTQB-Standard*. dpunkt-Verl, Heidelberg, 4., überarb. und aktualisierte aufl edition, 2010. ISBN 978-3-89864-642-0. OCLC: 642324054.
- [26] StatisticsTimes.com (Author nicht angegeben). Top Computer Languages 2019, 2019. URL <http://statisticstimes.com/tech/top-computer-languages.php>. Letzter Zugriff: 03.10.2019.

- [27] S. Sydow. Erhebung und Auswertung von Eye-Tracking-Daten im Rahmen einer hochschuldidaktischen Studie zur Vorlesung Rechnernetze (Bachelorarbeit), July 2018.
- [28] S. Sydow and P. Wolf. AOIanalyseR - Analysing eye tracking data with AOI Sequence Charts, Feb. 2020. URL <https://github.com/LordSydow/AOIanalyseR/>. DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.3635896>.
- [29] TheRFoundation. R: What is R?, 2019. URL <https://www.r-project.org/about.html>. Letzter Zugriff: 03.10.2019.
- [30] H. Wickham. testthat: Get Started with Testing. *The R Journal*, 3:5–10, Jan. 2011. URL https://journal.r-project.org/archive/2011-1/RJournal_2011-1_Wickham.pdf.
- [31] H. Wickham. *R packages*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, first edition edition, 2015. ISBN 978-1-4919-1059-7. OCLC: ocn898161451.
- [32] H. Wickham. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Use R! Springer, Cham, second edition edition, 2016. ISBN 978-3-319-24277-4 978-3-319-24275-0 978-0-387-98140-6. URL <https://ggplot2.tidyverse.org>. OCLC: 958058958.
- [33] H. Wickham and J. Bryan. usethis: Automate Package and Project Setup, 2019. URL <https://CRAN.R-project.org/package=usethis>.
- [34] H. Wickham and L. Henry. tidyr: Tidy Messy Data, 2019. URL <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>.
- [35] H. Wickham, J. Hester, and R. François. readr: Read Rectangular Text Data, 2018. URL <https://CRAN.R-project.org/package=readr>.
- [36] H. Wickham, P. Danenberg, G. Csárdi, and M. Eugster. roxygen2: In-Line Documentation for R, 2019. URL <https://CRAN.R-project.org/package=roxygen2>.
- [37] H. Wickham, R. François, L. Henry, and K. Müller. dplyr: A grammar of data manipulation, 2019. URL <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- [38] H. Wickham, J. Hester, and W. Chang. devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier, 2019. URL <https://CRAN.R-project.org/package=devtools>.
- [39] M. Wieser. *Bilder lesen lernen : visual literacy im Deutschunterricht*. Universität Wien, Wien, 2009. URL <https://ubdata.univie.ac.at/AC07498902>.
- [40] P. Wolf and S. Friedenbergr. Wer lesen kann, ist klar im Vorteil – Über die Problematik und Lösungsansätze zum Lesen und Verstehen mathematischer Texte im Studium. *Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 2018. doi: 10.17877/DE290R-19793. URL <https://eldorado.tu-dortmund.de/handle/2003/37798>.

8 Glossar

AOI - Area Of Interest⁴

Bereiche einer Grafik/ eines Textes, die bei der Auswertung von Eye-Tracking-Daten von besonderem Interesse sind. AOI werden verwendet, um Scanpaths und AOI Sequence Charts zu erstellen.

AOI Sequence Chart⁴

Möglichkeit Eye-Tracking-Daten auszuwerten; Stellt die Betrachtungsdauer und -muster von AOI im Zeitstrahl dar.

AOI Sequence Chart Generator

Software-Prototyp der Bachelorarbeit [27], der die Auswertung von Eye Tracking Daten über AOI ermöglichte.

AOIanalyseR

Während der Masterarbeit selbst entwickeltes R Paket, dass die Auswertung von Eye Tracking Daten, vorliegend im Textformat, mittels AOI Sequence Charts übernimmt. Veröffentlicht am 04.02.2020 auf Github. [28]

CRAN - Comprehensive R Archive Network

Online-Sammlung von R Paketen in Publikationsqualität. Genaue Details auf CRAN: <https://cran.r-project.org/index.html>

Data Frame

Spezielles Objekt in R, welches verschiedene Daten in einer Art Tabelle speichert.

Experten⁴

Gruppe von Personen, die im untersuchten Gebiet bereits weitreichende Kenntnisse vorweisen. In unserer Studie bestand die Expertengruppe aus Personen, die die Vorlesung „Rechnernetze“ zur Zeit der Studie bereits gehört haben, oder selber halten.

Feature-Request

Möglichkeit, Vorschläge zu Funktionalitäten und Weiterentwicklungen einer Software einzureichen.

Fixation⁴

Art der Augenbewegung, bei der das Auge auf einem Punkt verharret. Währenddessen können die Augen Informationen aus Texten und Grafiken aufnehmen.

Issue-Tracker

Sammlung von Fehlern und Fehlverhalten einer Software, zusammengetragen durch die Nutzer ebendieser. Erleichtert Programmierern die Fehlerbehebung und Weiterentwicklung der Software.

⁴Diese Beschreibung wurde dem Glossar meiner Bachelorarbeit [27] entnommen.

Novizen⁴

Gruppe von Personen, die im untersuchten Gebiet wenig bis keine Kenntnisse vorweisen. In unserer Studie bestand die Gruppe der Novizen aus Studenten des ersten Semesters beider Informatik-Studiengänge. Diese hatten die Vorlesung „Rechnernetze“ noch nicht gehört.

Probanden⁴

Teilnehmende einer Studie; Probanden fassen dabei alle Personen der Experten- und Novizengruppe zusammen.

R

Entwicklungsumgebung zur Datenanalyse mit Programmierstil-Charakter.

R Paket

Externe Bibliothek, die R um zusätzliche Funktionen erweitert, jedoch nicht zur R Basis gehören. Das Paket *AOIanalyseR* verwendet die Pakete *devtools*, *dplyr*, *ggplot2*, *plotly*, *readr*, *roxygen2*, *testthat*, *tidyr* und *usethis*.

Sakkade⁴

Art der Augenbewegung, bei der das Auge schnelle Bewegungen durchführt. Das Auge ist in dieser Zeit nicht in der Lage Informationen aufzunehmen.

Scanpath⁴

Möglichkeit Eye-Tracking-Daten auszuwerten; Die Reihenfolge der betrachteten AOI wird als Pfad angegeben. Anschließend können über verschiedene Analysetechniken Musterwahrscheinlichkeiten und Übergangswahrscheinlichkeiten bestimmt werden.

tsv-Datei⁴

Ein Dateiformat, bei dem alle Werte tabellarisch aufgeführt und durch Tabulatoren getrennt sind. Die Abkürzung tsv steht für Tab Separated Values.

Unit-Test

Validierung und Verifizierung einer programmierten Funktion als kleinste Einheit innerhalb der Software. Unit-Tests überprüfen das Ist und Soll der Rückgabeparameter einer Funktion.

9 Anhang

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem beziehungsweise in wesentlichen Teilen gleichem Inhalt noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Betrachtungsdauer der Probanden in Aufnahme 1

Proband	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
Gesamt	40,1s	126,6s	126,6s	88,8s	108,1s	74,3s	87,6s	46,2s	102,3s	130,2s	76,4s	95,3s	158,5s
Kein AOI	4,2s 10%	5,3s 4%	11,9s 9%	4,1s 5%	11,4s 11%	2,2s 3%	3,1s 4%	3,7s 8%	8,9s 9%	9,2s 7%	5,7s 7%	4,1s 4%	10,5s 7%
Titel	0,5s 1%	2,8s 2%	1,5s 1%	2,8s 3%	2,8s 3%	1,9s 3%	1,7s 2%	0,9s 2%	-	4,0s 3%	2,9s 4%	1,3s 1%	4,0s 3%
Start-PC	5,6s 14%	18,7s 15%	26,4s 21%	8,4s 9%	17,9s 17%	10,5s 14%	22,8s 26%	6,9s 15%	8,5s 8%	14,5s 11%	10,3s 13%	15,9s 17%	20,5s 13%
Start-to-XMF	-	1,5s 1%	3,5s 3%	0,7s 1%	1,5s 1%	2,0s 3%	0,5s 1%	0,8s 2%	0,5s 1%	4,3s 3%	1,3s 2%	0,9s 1%	1,5s 1%
XMF-PC	8,9s 22%	24,7s 19%	22,9s 18%	19,7s 22%	18,0s 17%	15,3s 21%	16,7s 19%	8,1s 17%	11,9s 12%	21,7s 17%	14,2s 19%	17,7s 19%	24,5s 15%
XMF-to-Prüf	1,5s 4%	6,2s 5%	11,5s 9%	7,3s 8%	6,1s 6%	8,1s 11%	5,3s 6%	3,8s 8%	7,1s 7%	7,3s 6%	4,7s 6%	7,2s 8%	9,8s 6%
Prüf-PC	4,3s 11%	8,1s 6%	14,3s 11%	10,2s 11%	15,8s 15%	12,7s 17%	14,5s 17%	5,0s 11%	13,4s 13%	24,7s 19%	10,2s 13%	10,9s 11%	12,8s 8%
Prüf-to-Hilf	5,3s 13%	13,1s 10%	7,9s 6%	11,0s 12%	10,1s 10%	8,1s 11%	8,3s 10%	4,9s 11%	26,8s 26%	12,0s 9%	5,3s 7%	8,8s 9%	28,3s 18%
Prüf-to-Start	2,9s 7%	18,2s 14%	8,1s 6%	11,4s 13%	6,1s 6%	4,0s 5%	7,7s 9%	3,9s 9%	9,4s 9%	12,5s 10%	12,1s 16%	13,9s 15%	20,0s 13%
Prüf-to-Ziel	1,5s 4%	4,2s 3%	6,2s 5%	2,9s 3%	6,5s 6%	4,4s 6%	1,5s 2%	3,0s 6%	4,3s 4%	4,6s 4%	3,7s 5%	4,4s 5%	4,6s 3%
Hilfs-PC	4,1s 10%	17,3s 14%	8,0s 6%	8,7s 10%	6,8s 6%	3,0s 4%	3,7s 4%	4,0s 9%	9,1s 9%	9,5s 7%	5,1s 7%	8,9s 9%	20,1s 13%
Ziel-PC	1,3s 3%	6,5s 5%	4,5s 4%	1,7s 2%	5,0s 5%	2,1s 3%	1,7s 2%	1,3s 3%	2,5s 2%	5,7s 4%	1,0s 1%	1,3s 1%	2,0s 1%

Tabelle 29: Aufnahme 1 - absolute und relative Betrachtungszeiten (gerundet)

AOI Sequence Charts der 1. Aufnahme

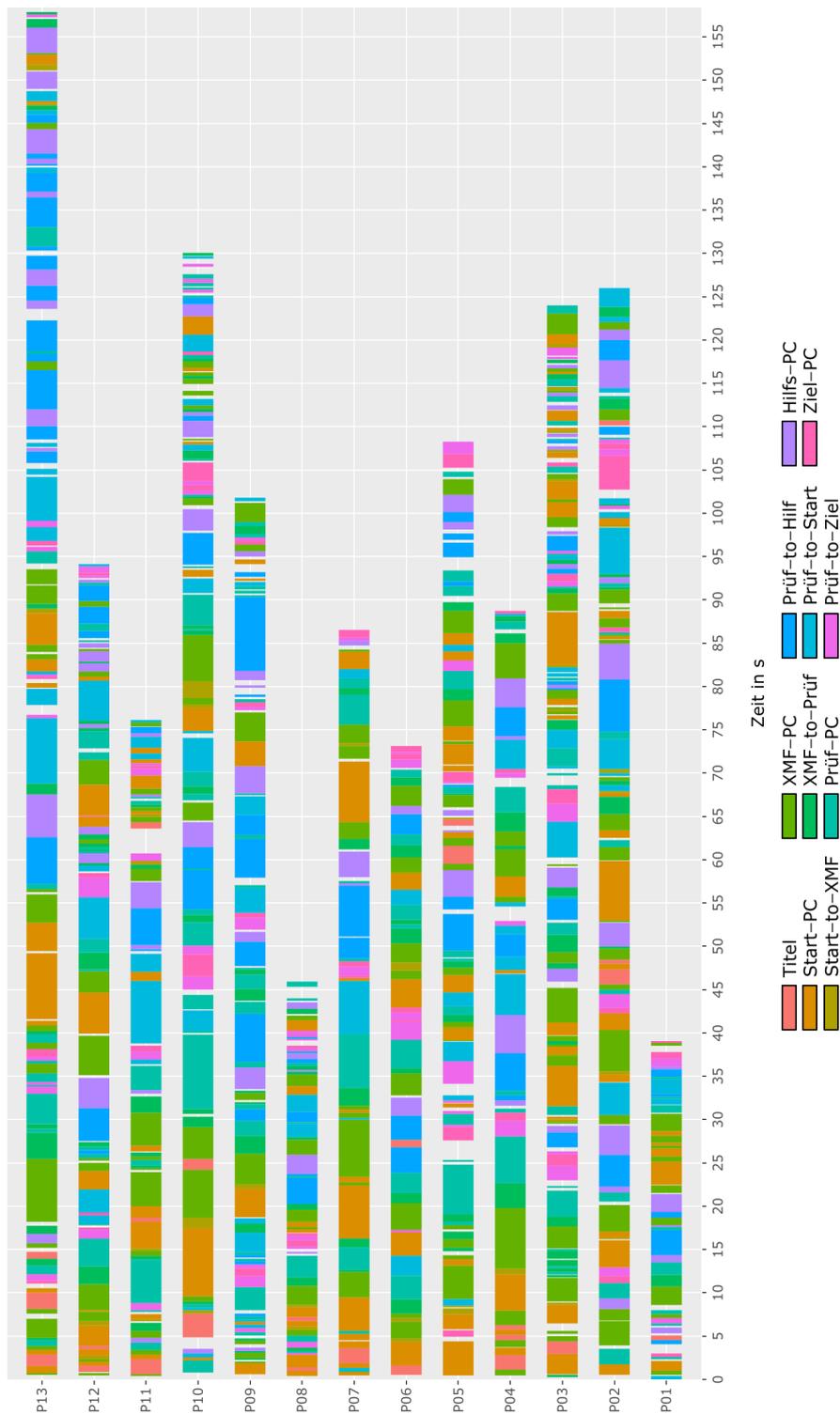


Abbildung 36: AOI Sequence Charts 1.Aufnahme

Betrachtungsdauer der Probanden in Aufnahme 2

Proband	P01	P02	P03	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
Gesamt	59,5s 2,9s 5%	140,8s 4,7s 3%	115,1s 10,2s 9%	106,5s 3,3s 3%	96,9s 5,5s 6%	113,3s 6,3s 6%	58,6s 8,0s 14%	144,9s 4,5s 3%	121,5s 4,5s 4%	85,1s 2,9s 3%	70,3s 1,5s 2%	117,1s 3,9s 3%
Kein AOI	-	-	2,4s 1%	1,3s 0,3s 1%	0,3s 0,3s 0,3%	5,1s 4%	0,9s 1%	-	1,4s 1%	-	-	-
Titel	-	-	2%	1%	0,3%	4%	1%	-	1%	-	-	-
Start-PC	3,7s 6%	14,0s 10%	8,3s 7%	9,7s 9%	11,0s 11%	13,9s 12%	8,5s 15%	8,5s 6%	9,9s 8%	9,1s 11%	10,4s 15%	11,4s 10%
Start-to-Verteiler	9,8s 16%	17,7s 13%	21,5s 19%	25,9s 24%	15,0s 15%	10,6s 9%	9,1s 16%	19,9s 14%	14,7s 12%	16,8s 20%	15,3s 22%	26,2s 22%
Verteiler	5,4s 9%	11,5s 8%	13,8s 12%	13,2s 12%	12,3s 13%	3,5s 3%	5,0s 9%	21,1s 15%	11,9s 10%	8,1s 10%	5,3s 8%	12,3s 10%
PC-A	5,7s 10%	18,5s 13%	12,1s 11%	10,1s 9%	8,9s 9%	10,3s 9%	3,9s 7%	21,2s 15%	8,6s 7%	7,8s 9%	4,9s 7%	11,7s 10%
PC-B	10,4s 17%	20,7s 15%	15,4s 13%	7,6s 7%	16,9s 17%	9,1s 8%	4,9s 8%	20,1s 14%	20,7s 17%	10,0s 12%	5,9s 8%	13,7s 12%
PC-C	3,9s 7%	12,7s 9%	7,1s 6%	4,5s 4%	3,8s 4%	3,9s 3%	4,1s 7%	9,4s 6%	7,2s 6%	5,7s 7%	6,4s 9%	6,5s 6%
Ziel-PC	2,9s 5%	2,6s 2%	3,3s 3%	2,3s 2%	1,8s 2%	1,5s 1%	1,5s 3%	2,7s 2%	5,7s 5%	4,3s 5%	2,2s 3%	2,1s 3%
Prüf-PC	4,3s 7%	18,9s 13%	8,4s 7%	13,1s 12%	7,3s 7%	28,9s 26%	7,2s 12%	14,7s 10%	13,8s 11%	11,3s 13%	7,3s 10%	20,1s 17%
Prüf-to-Start	7,4s 12%	9,9s 7%	6,7s 6%	14,9s 14%	11,4s 12%	14,5s 13%	3,5s 6%	17,4s 12%	10,1s 8%	6,4s 8%	8,3s 12%	4,7s 4%
Prüf-to-Verteiler	3,1s 5%	9,5s 7%	5,9s 5%	0,7s 1%	2,7s 3%	5,7s 5%	1,9s 3%	5,5s 4%	13,1s 10%	2,7s 3%	2,8s 4%	4,7s 4%

Tabelle 30: Aufnahme 2 - absolute und relative Betrachtungszeiten (gerundet)

AOI Sequence Charts der 2. Aufnahme

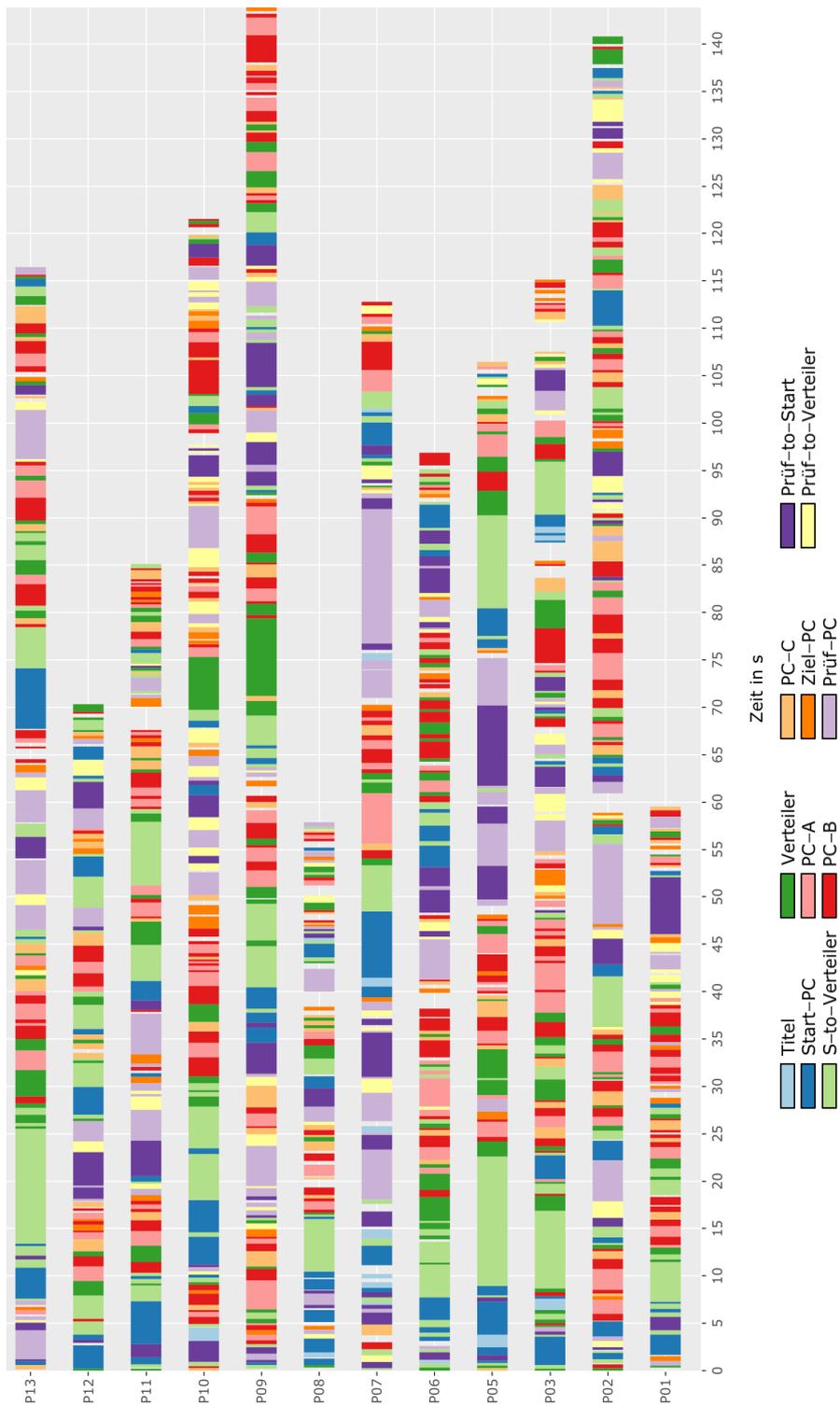


Abbildung 37: AOI Sequence Charts 2.Aufnahme

Fragebögen beider Aufnahmen



Seite 1/2

Fragen zur Grafik:

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen soweit möglich. Beantworten Sie die Fragen exakt in der vorgegebenen Reihenfolge und springen Sie **nicht** wieder zurück. Lesen Sie sich **nicht** vorab die nächst folgenden Fragen durch!

Bitte raten Sie nicht! Streichen Sie Fragen durch, die Sie nicht beantworten können.

Proband: _____

Alter: _____

Vor dem Studium zuletzt getan:

Abitur

Ausbildung

Sonstiges: _____

1.) Was soll die Grafik Ihrer Ansicht nach erklären bzw. veranschaulichen?

2.) Fassen Sie den Inhalt der Grafik in eigenen Worten kurz zusammen.

3.) Wie viele Stationen durchläuft ein Paket maximal?

Seite 1/2
P-ID:**Fragen zur Grafik:**

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen soweit möglich. Beantworten Sie die Fragen exakt in der vorgegebenen Reihenfolge und springen Sie **nicht** wieder zurück. Lesen Sie sich **nicht** vorab die nächst folgenden Fragen durch!

Bitte raten Sie nicht! Streichen Sie Fragen durch, die Sie nicht beantworten können.

1.) Was soll die Grafik Ihrer Ansicht nach erklären bzw. veranschaulichen?

2.) Fassen Sie den Inhalt der Grafik in eigenen Worten kurz zusammen.

3.) Nach welchen Kriterien werden Datenpakete erstellt?

4.) Welche Datenpakete sind für den Ziel-PC nicht von Relevanz und warum?



Seite 2/2

4.) Was passiert, wenn ein Paket nicht den Anforderungen des Prüf-PCs entspricht?

5.) Welche Aufgabe hat der „Hilfs-PC“?

6.) Welche Anforderungen muss ein Paket erfüllen, um zum Ziel-PC gesendet zu werden?

7.) Die Grafik verwendet verschiedene Arten von Pfeilen. Welche Unterschiede werden damit dargestellt?



Seite 2/2

5.) Welche Aufgabe hat der Prüf-PC?

6.) Wie unterscheidet sich die Paketbehandlung der PCs A und B?

7.) Die Grafik verwendet zwei Arten von Pfeilen. Welche Informationen werden damit verdeutlicht?

8.) Beschreiben Sie Ihr Vorgehen beim Betrachten der Grafik!

Abbildung 38: Fragebogen der ersten (oben) und zweiten Aufnahme (unten)