

**Gottfried Wilhelm  
Leibniz Universität Hannover  
Fakultät für Elektrotechnik und Informatik  
Institut für Praktische Informatik  
Fachgebiet Software Engineering**

**Entwicklung eines Tools zur  
Erkennung von Blickmustern in Eye  
Tracking Daten**

**Bachelorarbeit**

im Studiengang Informatik

von

**David Sasse**

**Prüfer: Prof. Dr. Kurt Schneider**

**Zweitprüfer: Dr. Jil Klünder**

**Betreuer: M.Sc. Maike Ahrens**

**Hannover, 09.08.2021**





# Zusammenfassung

## **Entwicklung eines Tools zur Erkennung von Blickmustern in Eye Tracking Daten**

Eye Tracking ermöglicht es, die kognitive Wahrnehmung von Probanden zu analysieren. Aus den Eye Tracking Aufzeichnungen kann rekonstruiert werden, in welcher Reihenfolge bestimmte Elemente, die Areas of Interest (AOIs), auf einem Stimulus betrachtet wurden. In den daraus entstehenden Sequenzen wird nach Mustern gesucht, um herauszufinden, welche AOIs von den Probanden häufig hintereinander angeschaut wurden. Diese Erkenntnisse können dafür genutzt werden, um die Benutzeroberfläche von Anwendungen oder das Layout von Modellen zu verbessern.

Die manuelle Suche nach Blickmustern in den Eye Tracking Aufzeichnungen ist aufgrund deren Menge und Komplexität mühsam und aufwendig. Es kommt erschwerend hinzu, dass durch unbewusste und sehr kurze Blicksprünge Rauschen (Noise) in den Aufzeichnungen enthalten ist. Nach der Suche ist es schwierig zu erkennen, welche der gefundenen Muster wirklich relevant sind.

Die in dieser Arbeit entwickelte Anwendung löst die beschriebenen Probleme. Sie sucht in den Eye Tracking Aufnahmen nach den Blickmustern und filtert automatisch Noise mit den Betrachtungsdauern der AOIs. Um schnell erkennen zu können, welche der gefundenen Muster besonders relevant sind, wurde ein Score entwickelt, der für jedes Muster berechnet wird. Darüber hinaus berechnet die Anwendung noch weitere Parameter, wie beispielsweise die Betrachtungsdauer und die Anzahl der Muster, um eine spätere genaue Analyse der Muster zu ermöglichen.



# Abstract

## **Tool-supported identification of gaze patterns in eye tracking data**

Eye tracking makes it possible to analyse the cognitive perception of subjects. The eye tracking recordings can be used to reconstruct the order in which certain elements, the areas of interest (AOIs), were viewed on a stimulus. In the resulting sequences, patterns are searched to find out which AOIs were frequently viewed together by the subjects. These insights can be used to improve the user interface of applications or the layout of models.

The manual search for gaze patterns in eye tracking recordings is tedious and time-consuming due to their quantity and complexity. A further complicating factor is that the recordings contain noise due to unconscious and very short gaze jumps. After the search, it is difficult to recognise which of the patterns found are relevant.

The developed application in this paper solves the described problems. It searches for the gaze patterns in the eye tracking recordings and automatically filters the noise with the gaze dwell time of the AOIs. In order to quickly recognise which of the found patterns are relevant, a score was developed that is calculated for each pattern. In addition, the application calculates other parameters, such as the viewing duration and the frequency of patterns, to enable a later precise analysis of the patterns.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Problemstellung . . . . .	2
1.3	Lösungsansatz . . . . .	3
1.4	Struktur der Arbeit . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Eye Tracking . . . . .	5
2.1.1	Allgemeine Informationen zum Eye Tracking . . . . .	5
2.1.2	Anwendungsgebiete des Eye Tracking . . . . .	7
2.2	Sequential Pattern Mining . . . . .	7
2.3	Eye Tracking Eingabedatei . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Verwandte Arbeiten</b>	<b>11</b>
3.1	Algorithmen im Sequential Pattern Mining . . . . .	11
3.1.1	AprioriAll, AprioriSome und DynamicSome . . . . .	12
3.1.2	Generalized Sequential Patterns (GSP) . . . . .	13
3.1.3	Sequential PAttern Discovery using Equivalence classes (SPADE) . . . . .	14
3.1.4	Sequential PAttern Mining (SPAM) . . . . .	14
3.1.5	Co-occurrence Pruning . . . . .	15
3.2	Tools zur Mustererkennung beim Eye Tracking . . . . .	15
3.3	Abgrenzung der Arbeit . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Anforderungsanalyse</b>	<b>19</b>
4.1	Funktionale Anforderungen . . . . .	19
4.2	Nichtfunktionale Anforderungen . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Konzept</b>	<b>25</b>
5.1	Eingabedatei/en einlesen . . . . .	25
5.2	Filterung der Daten . . . . .	26
5.3	Mustersuche . . . . .	27
5.4	Berechnung der Parameter . . . . .	31
5.5	Benutzeroberfläche . . . . .	35

<b>6 Implementierung</b>	<b>37</b>
6.1 Verwendete Libraries . . . . .	37
6.2 Architektur der Anwendung . . . . .	38
<b>7 Evaluation</b>	<b>41</b>
7.1 Verwendete Eye Tracking Daten . . . . .	41
7.2 Test der Anwendung . . . . .	43
7.3 Evaluation der Scores . . . . .	44
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>51</b>
8.1 Zusammenfassung . . . . .	51
8.2 Ausblick . . . . .	52
<b>A Anhang</b>	<b>53</b>
A.1 Formeln für die Berechnung der Scores mit einer Eingabedatei	53
A.2 Code Coverage Report . . . . .	54
A.3 Testfälle . . . . .	55
A.4 Vollständiges UML-Klassendiagramm . . . . .	61
A.5 Eingabedateien für den Test der Anwendung . . . . .	62
A.6 Ergebnisse der manuellen Mustersuche . . . . .	69
A.7 Ergebnisse der automatischen Mustersuche . . . . .	70
A.8 Mustersuche zur Evaluation des Scores . . . . .	71
A.9 Manuell als relevant identifizierte Muster . . . . .	79
A.10 Höchst bewertete Muster der Scores 1-4 . . . . .	81
A.11 Evaluation Score einzelne Eingabedatei . . . . .	83
A.12 Ergebnisse automatische Mustersuche . . . . .	84

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Motivation

Eye Tracking wird vor allem dafür verwendet, um die menschliche Kognition besser zu verstehen [25]. Hierfür zeichnet ein Eye Tracker die Augenbewegungen von Personen auf. Dabei können sich die Probanden auf einem Bildschirm beispielsweise eine Webseite, ein Programm oder ein Dokument anschauen. Währenddessen zeichnet der Eye Tracker mit einer hohen Wiederholungsrate die Position der Augen und den Zeitpunkt der Messung auf. Aus den Positionen der Pupillen werden die Koordinaten des angeschauten Punktes auf dem Bildschirm berechnet. Mit Hilfe dieser Daten lässt sich im Nachhinein genau rekonstruieren, was sich die Person wann angeschaut hat. Daraus kann eine Sequenz aus der zeitlichen Abfolge der betrachteten Bereiche erstellt werden.

Im Fachgebiet des Software Engineerings wird Eye Tracking unter anderem verwendet, um besser verstehen zu können, wie der Nutzer mit der Software arbeitet. Dafür kann in der Sequenz mit den betrachteten Bereichen nach sich wiederholenden Mustern gesucht werden. Mit diesen lassen sich Aussagen darüber treffen, welche Bereiche häufig hintereinander angeschaut wurden. Diese Erkenntnisse ermöglichen es, die Benutzeroberfläche zu verbessern. Wenn in den Mustern ein Bereich angeschaut wurde, der dem Nutzer nicht dabei hilft, sein Ziel zu erreichen, kann das Layout der Oberfläche so angepasst werden, dass dieser Bereich nicht mehr die Aufmerksamkeit des Nutzers auf sich zieht. Somit ist es für ihn möglich, sein Ziel schneller zu erreichen, und die Nutzbarkeit der Software wird verbessert.

Ein mögliches Anwendungsgebiet für diese Forschung im Bereich des Software Engineering ist die Untersuchung der Strategien, die Entwickler bei dem Lesen und Verstehen von neuem Code anwenden [12] oder wie sie Code debuggen, um Fehler in ihm zu finden [9]. Dabei kann die Mustersuche in den Eye Tracking Aufnahmen unter anderem dafür eingesetzt werden, um die Benutzeroberfläche der Integrated Development Environments

(IDE), in denen Anwendungen entwickelt werden, zu verbessern. Neben der Verbesserung von Benutzeroberflächen bietet diese Methode auch die Möglichkeit, das Layout von Modellen zu verbessern. Ein Beispiel hierfür sind Business Process Model and Notation (BPMN) Diagramme. Diese werden unter anderem in der Softwareentwicklung eingesetzt, um Geschäftsprozesse einheitlich grafisch darzustellen. Hier kann unter anderem evaluiert werden, ob der Betrachter die Diagramme schneller versteht, wenn sie horizontal oder vertikal angeordnet sind [21].

## 1.2 Problemstellung

Um herauszufinden, in welcher Reihenfolge ein Nutzer bestimmte Elemente (sogenannte Areas of Interest (AOI)), wie zum Beispiel Buttons oder Textfelder, auf dem Bildschirm betrachtet und welche Abfolgen dieser AOIs sich wiederholen, ist eine große Menge an Daten, die vom Eye Tracker aufgezeichnet werden, auszuwerten. Je mehr Daten vorhanden sind, desto schwieriger wird es, diese manuell auszuwerten. Häufig müssen die Blickdaten von vielen Nutzern ausgewertet werden, um Rückschlüsse darauf ziehen zu können, wie ein Großteil der Benutzer mit dem System arbeitet. Dadurch erhöht sich die Datenmenge nochmals.

Es gibt mehrere Gründe dafür, warum die Mustererkennung in den Eye Tracking Daten manuell sehr aufwendig ist. In den meist langen Listen aus Blickfixationen ist viel Rauschen (Noise) enthalten. Menschen schauen nie ausschließlich auf den Punkt, welchen sie gerade aktiv betrachten. Es kommt immer wieder zu kurzen Blicksprüngen, die von dem eigentlich betrachteten Punkt abweichen. Diese Tatsache und das natürliche Blinzeln verursachen das Rauschen. Es ist schwierig und zeitaufwendig, diese kurzen, nicht relevanten Blicksprünge manuell in den Daten zu erkennen und zu entfernen. Eine weitere Herausforderung besteht in der Mustersuche in den Daten. Je nach Menge der AOIs und Länge des Musters gibt es sehr viele mögliche AOI-Kombinationen, nach denen gesucht werden muss, um zu überprüfen, ob diese vorkommen und wie häufig sie auftreten.

Zusätzlich besteht noch die Herausforderung zu erkennen, wie relevant ein Muster ist. Wenn es beispielsweise lange betrachtet wurde, dann ist es relevanter, als wenn es nur kurz betrachtet wurde. Aber auch die Anzahl der Personen, bei denen ein Muster gefunden wurde, kann etwas über seine Relevanz aussagen. Je häufiger ein Muster angeschaut wird, desto relevanter ist es.

### 1.3 Lösungsansatz

Um die eben beschriebenen Probleme beim manuellen Finden von Mustern in Eye Tracking Daten zu umgehen und den Arbeitsaufwand für eine solche Analyse zu reduzieren, soll ein Tool entwickelt werden, das automatisch in den Daten Muster erkennt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Rohdaten des Eye Trackers schon vorgefiltert und die Blickfixationen den AOIs zugeordnet wurden. Diese Vorarbeit lässt sich mit dem Tool von Arafat realisieren [7].

Neben der Erkennung der Muster soll das Tool auch in der Lage sein, Noise in den Daten zu identifizieren und herauszufiltern. Manuell ist es schwierig zu erkennen, unterhalb welcher Fixationsdauer ein Bereich nicht aktiv betrachtet wurde. Diese Aufgabe soll dem Forscher abgenommen werden, indem das Tool automatisch Noise aus den Daten filtert. Um möglichst einfach und schnell einen Überblick über die Relevanz der Muster zu erhalten, sollen alle gefundenen Sequenzen mit einem Score bewertet werden. Neben dem Muster und dem Score soll auch die Länge, Häufigkeit, durchschnittliche Betrachtungsdauer und die Anzahl der Personen, bei denen das Muster auftrat, ausgegeben werden. Mit diesen zusätzlichen Daten lassen sich die Muster besser in Beziehung setzen und vergleichen. Eine dynamisch anpassbare Suche ermöglicht eine je nach Forschungsfrage differenzierte Ausgabe der Ergebnisse. Dafür soll die Eingabe bestimmter Parameter, wie die Länge und Häufigkeit des Musters sowie die Angabe bestimmter AOIs, die in den ausgegebenen Mustern vorkommen, möglich sein.

### 1.4 Struktur der Arbeit

Diese Arbeit ist wie folgt strukturiert. In Kapitel 2 befindet sich eine Erläuterung der für das Verständnis dieser Arbeit wichtigen Begriffe und Technologien. Verwandte Arbeiten und bereits bestehende Algorithmen für die Mustersuche werden im Kapitel 3 vorgestellt. Im darauffolgenden Kapitel 4 werden die Anforderungen an die zu entwickelnde Software erhoben und anschließend in Kapitel 5 ein Konzept für die Umsetzung der Anforderungen entwickelt. Im Kapitel 6 wird die Implementierung des Konzepts beschrieben. Das Kapitel 7 beschäftigt sich mit dem Test der Anwendung und der Evaluation der entwickelten Scores. Abschließend werden im Kapitel 8 die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf mögliche Erweiterungen der Software gegeben.



# Kapitel 2

## Grundlagen

In diesem Kapitel werden die für diese Arbeit relevanten Begriffe und Technologien erklärt.

### 2.1 Eye Tracking

Dieser Abschnitt befasst sich damit, wie Eye Tracking funktioniert, welche Daten damit aufgezeichnet werden und wo diese Technologie eingesetzt wird.

#### 2.1.1 Allgemeine Informationen zum Eye Tracking

Ein Eye Tracker, wie beispielsweise der Tobii Pro X3-120 (siehe Abb. 1), kann mit der Hilfe von Kameras die Augenbewegungen von Personen aufzeichnen. Diese schauen sich dabei auf einen Bildschirm ein Objekt (Stimulus genannt) an. Der Eye Tracker ist dabei über oder unter dem Bildschirm aufgestellt und auf die betrachtende Person gerichtet. Er zeichnet mit einer Rate von bis zu 120 Hz eine Reihe an Daten auf. Von besonderer Bedeutung sind im Folgenden die genauen Positionen der betrachteten Stelle auf dem Bildschirm, welche aus den Positionen der Pupillen berechnet und mittels ihrer x- und y-Koordinate gespeichert werden. Zusätzlich wird die dazugehörigen Zeitpunkte, wann das Auge auf der Position ruhte, gespeichert [4].



Abbildung 1: Tobii Pro X3-120 [3]

Fixationen und Sakkaden sind zwei unterschiedliche Arten der Augenbewegungen. Die Fixationen sind ca. 200-300 ms lang, und die Augen ruhen in dieser Zeit verhältnismäßig still auf einer Position. Als Sakkaden werden die Augenbewegungen zwischen zwei Fixationen bezeichnet. Sie sind je nach Stimuli ca. 40-50 ms lang und somit deutlich kürzer als die Fixationen. Der Mensch kann nur während den Fixationen Informationen über den Stimulus aufnehmen [25].

Der Stimulus wird in inhaltlich zusammenhängende Bereiche, die AOIs, unterteilt. Auf einer Webseite können zum Beispiel die Überschrift oder die Navigationsleiste solche AOIs sein. Die aufgezeichneten Fixationen lassen sich anhand ihrer Koordinaten den AOIs zuordnen. Die zeitlich sortierte Abfolge der betrachteten AOIs wird als Scanpath bezeichnet [28]. Mit Hilfe des Scanpaths ist es im Nachhinein möglich, genau zu rekonstruieren, in welcher Reihenfolge die Person sich den Stimulus angeschaut hat. Ein Beispiel für einen Scanpath ist in Abbildung 2 zu finden. Die AOIs sind hier rot umrandet und mit Buchstaben versehen. Während der ersten Fixation wurde sich die Überschrift der Webseite angeschaut. Sie liegt in der AOI B. Anschließend hat sich die Person die Navigationsleiste in AOI D angeschaut. Danach fixierte sie den ersten Eintrag auf der Webseite (AOI C), und zum Schluss betrachtete sie die Leiste mit Neuigkeiten unter der Überschrift (AOI E). Dies ergibt den Scanpath BDCE [13].

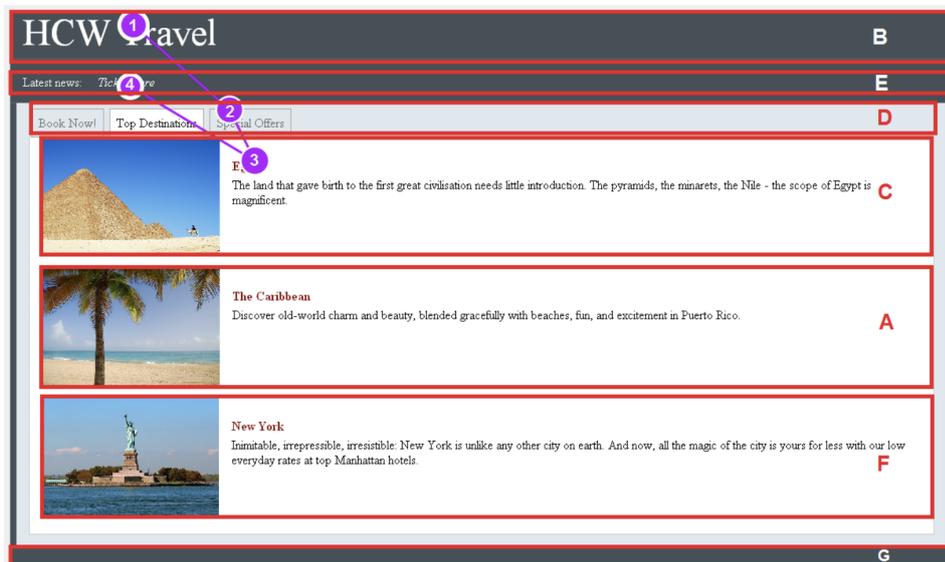


Abbildung 2: Beispiel eines Scanpath auf der HCW Travel Webseite (entnommen aus [13] S. 2)

### 2.1.2 Anwendungsgebiete des Eye Tracking

Mittels der Aufzeichnung der Augenbewegungen lässt sich die kognitive Wahrnehmung von Menschen untersuchen [25]. Die Erkenntnisse, die sich daraus ziehen lassen, sind in vielen Fachbereichen von Interesse, so auch in der Informatik. Hier wird im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion Eye Tracking beispielsweise dafür verwendet, um die Usability von Programmen und Webseiten zu untersuchen [24]. Für Online-Shops kann beispielsweise untersucht werden, an welcher Stelle der Button, mit dem man das Produkt in den Einkaufswagen legt, positioniert werden sollte, damit die Besucher der Webseite es am sichersten kaufen. Dabei werden die Eye Tracking Daten nach Mustern durchsucht, um zu verstehen, in welcher Reihenfolge sich der Nutzer die Webseite anschaut und um dann den Button in diesen Mustern zu positionieren [19].

Des Weiteren wird Eye Tracking auch im Software Engineering eingesetzt. In diesem Bereich wird untersucht, wie einzelne Aspekte des Softwareentwicklungsprozesses verbessert werden können. Dafür wird beispielsweise erforscht, welche Strategie Entwickler anwenden, um einen Code zu lesen und zu verstehen [12]. Wenn sich in dem Code ein Fehler befindet, muss der Code gedebuggt werden, um den Fehler zu finden. Auch dieses Verfahren kann mit Eye Tracking erforscht werden, um zu verstehen, wie Entwickler Fehler in einem Programm finden und wie unterschiedliche Darstellungsformen ihnen dabei helfen können [9]. Außerdem wird untersucht, welche Strategie Entwickler anwenden, um Modelle, zum Beispiel Unified Modeling Language (UML) Klassen Diagramme oder BPMN Diagramme, zu verstehen und wie man das Layout dieser Modelle verbessern kann, damit sie verständlicher sind [21, 28, 29].

## 2.2 Sequential Pattern Mining

Sequential Pattern Mining ist ein Teilgebiet des Data Mining [17]. Dieses Forschungsgebiet befasst sich damit, in großen Datenmengen Muster zu erkennen [10]. Beim Sequential Pattern Mining ist das Ziel, häufig auftretende Teilsequenzen in einer großen Menge an Sequenzen zu finden. Die häufig auftretenden Teilsequenzen werden als Muster bezeichnet. Eine solche Sequenz besteht aus einer endlichen Menge an Items. Bei der Suche nach den Mustern kann vom Nutzer angegeben werden, wie häufig sie mindestens in der Datenmenge vorkommen sollen, um als Muster zu gelten [17].

Ein Beispiel für eine Menge an Symbolen ist  $\{A, B, C, D\}$ . Daraus lässt sich die Sequenz  $\langle A, C, D, B, A, C \rangle$  formen. Wenn vom Nutzer nun vorgegeben wird, dass eine Teilsequenz mindestens zweimal vorkommen muss, um als Muster zu gelten, dann wäre das Ergebnis des Suchprozesses die Teilsequenz  $\langle A, C \rangle$ , da sie zweimal vorkommt.

Um mit einer Software in großen Datenmengen bestehend aus Sequenzen, nach Mustern zu suchen, benötigt man einen möglichst effizienten Algorithmus. Der naive Ansatz, alle möglichen Teilsequenzen, die sich aus der Menge an Symbolen bilden lassen, in dem Datensatz zu suchen, ist vor allem für große Datenmengen sehr ineffizient. Dies liegt daran, dass die Anzahl der möglichen Teilsequenzen exponentiell mit der Menge an Symbolen in dem Datensatz wächst. Somit ergibt sich schnell eine große Menge an Teilsequenzen, nach denen gesucht werden muss. Für eine effizientere Suche wird also ein Algorithmus benötigt, der nicht nach allen möglichen Teilsequenzen sucht [16]. Im Kapitel 3 werden einige effizientere Algorithmen vorgestellt.

Das Sequential Pattern Mining ist in vielen Fachbereichen von Bedeutung. Im Bereich der Bioinformatik wird in den langen DNA Sequenzen nach häufig vorkommenden Teilsequenzen gesucht [35]. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist das Ableiten von Regeln aus den gefundenen Mustern, mit denen das nächste Element in einer Sequenz vorhergesagt werden kann. So ist es beispielsweise möglich, dem Benutzer auf Grundlage seiner zuvor besuchten Webseiten Vorschläge für die nächste Webseite, die er besuchen könnte, zu machen. Dafür werden Muster in langen Sequenzen aus hintereinander besuchten Webseiten gesucht, um anschließend aus ihnen Regeln ableiten zu können [15]. Auch im Bereich der Eye Tracking Datenanalyse können die Algorithmen des Sequential Pattern Mining angewandt werden. Die Sequenzen bestehen in diesem Fall aus den AOIs in der Reihenfolge, wie sie betrachtet wurden. In diesen AOI-Sequenzen wird nach häufig auftretenden AOI Abfolgen gesucht. Im Abschnitt 3.2 werden einige Arbeiten vorgestellt, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen.

## 2.3 Eye Tracking Eingabedatei

Als Eingabedatei für das Tool wird eine Datei im csv-Format benötigt, in der die AOIs in der Reihenfolge, wie sie betrachtet wurden, aufgelistet sind. Diese Datei wird im Folgenden RawMetrics-Datei genannt [7]. Die Tabelle 2.1 stellt ein Beispiel für eine solche Datei für den Scanpath aus Abbildung 2 dar. Diese Datei kann nach der manuellen Definition der AOIs aus den Rohdaten des Eye Trackers erstellt werden.

Neben den Namen der AOIs enthält die Datei noch weitere Parameter, die für die Mustersuche und für die Analyse der Muster von Bedeutung sind. Die Spalte Participant enthält den Namen der Person, von der die Eye Tracking Aufzeichnungen stammen. Der Name der Anwendung, die betrachtet wurde, befindet sich in der Spalte Application. In diesem Beispiel handelt es sich um eine Webseite, die in einem Webbrowser, zum Beispiel dem Internet Explorer, betrachtet wurde. Eine Anwendung kann mehrere Fenster haben, in der Spalte Stimulus wird festgehalten, welches Fenster

gerade betrachtet wurde. In einem Webbrowser können diese Fenster zum Beispiel die unterschiedlichen Tabs sein. In der nächsten Spalte folgt der Name der betrachteten AOIs. Der Zeitpunkt der Betrachtung einer AOI wird im Timestamp als Unix Timestamp Format gespeichert. Die Gaze Dwell Time ist die Zeit, wie lange die AOI betrachtet wurde. Innerhalb der Betrachtung einer AOI kann es mehrere Fixationen geben. Die Gesamtlänge der Fixationen ist in der Spalte Total Fixation Duration festgehalten und die durchschnittliche Länge einer Fixation in der Spalte Avg Fixation Duration. Die Spalte Fixation Count enthält die Anzahl der Fixationen innerhalb der aktuellen AOI [7].

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]	Total Fixation Duration [in ms]	Avg Fixation Duration [in ms]	Fixation Count
Thomas	Internet Explorer	Tab 1	B	1609459271	242	133	133	1
Thomas	Internet Explorer	Tab 1	D	1609459271	1200	1052	175	6
Thomas	Internet Explorer	Tab 1	C	1609459272	417	317	317	1
Thomas	Internet Explorer	Tab 1	E	1609459273	1627	1552	310	5

Tabelle 2.1: Beispiel einer RawMetrics-Datei für den Scanpath aus Abb. 2



# Kapitel 3

## Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel wird zuerst in mehrere Algorithmen aus dem Bereich des Sequential Pattern Mining eingeführt. Anschließend werden einige verwandte Arbeiten präsentiert, die sich ebenfalls mit dem Thema Mustersuche in Eye Tracking Daten beschäftigen und teilweise auf die vorgestellten Algorithmen zurückgreifen. Am Ende erfolgt eine Abgrenzung von dieser Arbeit zu den verwandten Arbeiten.

### 3.1 Algorithmen im Sequential Pattern Mining

Im Folgenden werden vier Algorithmen, mit denen Muster in Sequenzen gesucht werden können, vorgestellt. Die Tabelle 3.1 bietet eine erste Übersicht der Algorithmen. Sie alle haben gemeinsam, dass angegeben werden kann, wie oft ein Muster mindestens vorkommen muss. In der Tabelle sind die Algorithmen von links nach rechts mit aufsteigender Schnelligkeit sortiert. Im Anschluss wird der Ablauf der einzelnen Algorithmen genauer erklärt und zum Schluss eine Methodik vorgestellt, die für mehrere Algorithmen anwendbar ist und diese beschleunigt.

Name	AprioriAll, AprioriSome, DynamicSome	Generalized Sequential Patterns (GSP)	Sequential PAttern Discovery using Equivalence classes (SPADE)	Sequential PAttern Mining (SPAM)
Eingabe- parameter	- minimale Häufigkeit	- minimale Häufigkeit - maximale Zeit zwischen den Elementen - hierarchische Ordnung der Elemente	- minimale Häufigkeit	- minimale Häufigkeit
Kandidaten- generierung	- mit Apriori Prinzip - AprioriAll und AprioriSome generie- ren die Kandidaten vor der nächsten Suche aus den gefun- denen Mustern des vorherigen Durchlaufs - DynamicSome gene- riert die Kandidaten während der Suche aus der aktuellen Sequenz und der gefundenen Muster des vorherigen Durchlaufs	- generiert die neuen Kandidaten vor der nächsten Suche aus den Mustern des vorherigen Durchlaufs - Kandidaten in Hash Tree speichern	- generiert alle möglichen Kandi- daten mit der Breiten- oder Tiefensuche	- generiert alle möglichen Kandidaten mittel S- und I-Steps - Kandidaten werden in Baumstruktur gespeichert
Besondere Merkmale	- es werden nur die maximalen Muster gesucht	- schneller als AprioriAll	- schneller als GSP - nur dreimal über die Datenbank iterieren - vertikale Darstellung der Datenbank benötigt	- schneller als SPADE - besonders effizient, um lange Muster zu finden

Tabelle 3.1: Übersicht der Sequential Pattern Mining Algorithmen

### 3.1.1 AprioriAll, AprioriSome und DynamicSome

Agrawal und Srikant [5] haben die drei Algorithmen *AprioriAll*, *AprioriSome* und *DynamicSome* entwickelt, mit denen man in großen Datenbanken nach Mustern suchen kann. Sie verwenden eine Datenbank, in der Transaktionen gespeichert sind. Eine Transaktion besteht dabei aus der ID des Käufers, dem Transaktionszeitpunkt und der gekauften Objekte, welche als Zahlen repräsentiert sind.

Die Algorithmen sind in fünf Phasen aufgeteilt und unterscheiden sich nur in der vierten Phase. Zuerst wird die Datenbank sortiert. Dabei wird für jede Käufer-ID eine Sequenz der gekauften Objekte aufgestellt. Die zum gleichen Zeitpunkt gekauften Objekte sind dabei als Set zusammengefasst. Im zweiten Schritt werden die sogenannten Litemsets (large itemsets) gesucht. Ein Litemset ist ein Itemset, also eine Gruppe an gekauften Objekten, mit minimalem Support. Dieser definiert sich dabei als Anteil der Kunden, die nur dieses Item in einer Transaktion erworben haben. Anschließend werden die gefundenen Litemsets mit aufsteigenden Integerwerten versehen. Dies reduziert die Zeit, die benötigt wird, um zwei Litemsets zu vergleichen. Damit möglichst schnell überprüft werden kann, ob eine Sequenz in der Sequenz der gekauften Artikel eines Käufers vorhanden ist, wird in der dritten Phase jede Transaktion der Käufer durch die Litemsets ersetzt, die in

ihr Vorkommen. Wenn in einer Transaktion kein Itemset vorkommt, dann wird diese verworfen.

Nun folgt die vierte Phase, in der sich die drei Algorithmen unterscheiden. In dieser Phase wird mehrfach über die Datenbank iteriert. Für jede Iteration steht eine Gruppe an langen Sequenzen, welche als Kandidaten bezeichnet werden, bereit, und es wird überprüft, wie oft diese in der Datenbank vorkommen. Aus dem Ergebnis lässt sich die Gruppe an Sequenzen für die nächste Iteration bestimmen. Dabei wird in allen Algorithmen das Apriori Prinzip von Agrawal und Srikant [6] für die Generierung der Kandidaten angewandt. Das Prinzip besagt, dass ein  $k$ -Itemset nur dann in einer Transaktion vorkommen kann, wenn alle  $(k-1)$ -Itemsets, die sich daraus generieren lassen, auch in der Transaktion vorkommen.

Die beiden Algorithmen *AprioriSome* und *DynamicSome* suchen nur nach maximalen Sequenzen. Eine Sequenz ist maximal, wenn sie in einer Menge an Sequenzen nicht Teil einer anderen Sequenz ist. Im Gegensatz dazu sucht *AprioriAll* auch nach nicht maximalen Sequenzen. In diesem Fall werden die nicht maximalen Sequenzen im fünften Schritt aus der Ergebnismenge herausgefiltert, da sie nicht zu den gesuchten Mustern zählen.

*AprioriAll* und *AprioriSome* erstellen die zu suchenden Sequenzen vor der Iteration über die Datenbank anhand der im vorherigen Durchlauf gefundenen Muster. Im Gegensatz dazu erstellt *DynamicSome* die zu suchenden Sequenzen während der Iteration mithilfe der Muster aus dem vorherigen Durchlauf und den Sequenzen der Käufer aus der Datenbank.

### 3.1.2 Generalized Sequential Patterns (GSP)

Srikant und Agrawal [32] haben noch einen weiteren Algorithmus, den *GSP* Algorithmus, entwickelt. Neben der Angabe, wie häufig ein Muster in der Datenbank mindestens vorkommen muss, ist es in diesem Algorithmus auch möglich zu definieren, wie viel Zeit zwischen den Objekten in den Sequenzen liegen darf, damit sie noch zu einem Muster gehören können. Zusätzlich kann vom Nutzer eine hierarchische Ordnung der Elemente vorgegeben werden. Diese wird verwendet, um bei der Mustersuche auch Elemente aus anderen Ebenen der Ordnung zu berücksichtigen.

Der Algorithmus iteriert mehrfach über die Datenbank. Jede Iteration lässt sich in zwei Schritte einteilen. Im ersten Schritt werden die Kandidaten aus den Ergebnissen der vorherigen Iteration gebildet. Wenn durch Entfernung des ersten Elementes in der ersten Sequenz und Entfernung des letzten Elementes in der zweiten Sequenz beide Sequenzen gleich sind, werden sie verbunden. Bevor die neu gebildete Sequenz der Länge  $k$  zu der Liste an möglichen Mustern hinzugefügt werden kann, wird geprüft, ob sie keine  $k-1$  lange Teilsequenz beinhaltet, die nicht mindestens so häufig in der Datenbank vorkommt, wie es am Anfang vom Nutzer definiert wurde. Im zweiten Schritt wird über die Datenbank iteriert und die Vorkommen der möglichen Muster

gezählt. Die Kandidaten können in einem Hash Tree gespeichert werden, um einen effizienten Zählvorgang zu ermöglichen. Der Algorithmus endet, wenn keine neuen Kandidaten generiert werden können.

### 3.1.3 Sequential Pattern Discovery using Equivalence classes (SPADE)

Der *SPADE* Algorithmus von Zaki [34] arbeitet mit einer Datenbank, die vertikal aufgebaut ist. Jeder Eingabesequenz wird eine ID zugeordnet, und in diesen Sequenzen wird jedes Ereignis ebenfalls mit einer ID versehen.

Um alle Muster zu finden, muss nur dreimal über die Datenbank iteriert werden. In der ersten Iteration wird gezählt, wie häufig die einzelnen Elemente vorkommen, indem für jedes Element Listen aus Sequenz- und Ereignis-ID erstellt werden. Die Zählung aller Sequenzen aus zwei Elementen erfolgt im nächsten Schritt. Um dies zu vereinfachen, kann die Datenbank während der ersten Iteration in eine horizontale Struktur konvertiert werden. Alle längeren Muster können durch die Verknüpfung der Listen aus Sequenz- und Ereignis-IDs, die um ein Element kürzer sind als die gesuchten Muster, gefunden werden. Dies kann entweder mit der Breitensuche erfolgen, indem zuerst alle Kandidaten einer Länge generiert werden oder mit der Tiefensuche, bei der erst von einem Element ausgehend alle Kandidaten gebildet werden. Bei der Generierung eines neuen möglichen Musters wird überprüft, ob es die anfangs definierte minimale Häufigkeit erfüllt. Der Algorithmus endet, wenn keine neuen Muster mehr gebildet werden können.

### 3.1.4 Sequential Pattern Mining (SPAM)

Der *SPAM* Algorithmus von Ayres et al. [8] erfasst alle möglichen Muster in einer lexikographischen Baumstruktur, bei der ein Knoten immer eine Teilsequenz seiner Kinder ist. Bei der Erzeugung der Kinder-Knoten wird zwischen S-Steps und I-Steps unterschieden. Mit einem S-Step wird an die Sequenz des Elternknotens eine neue Sequenz angefügt, und mit einem I-Step wird an die letzte Gruppe aus Elementen der Sequenz des Eltern-Knotens ein neues Element angehängt. Der Baum wird mit der Tiefensuche durchlaufen. Für jede Sequenz wird überprüft, wie oft sie in der Datenbank vorkommt. Sollte die Häufigkeit unter der anfangs definierten minimalen Häufigkeit liegen, muss der Pfad nach dem Apriori Prinzip nicht weiter durchsucht werden.

Jedes Element wird in einer vertikalen Bitmap Repräsentation dargestellt, um ein effizientes Zählen der Häufigkeit des Elements zu ermöglichen. Jede Transaktion ist in diesen Bitmaps durch ein Bit vertreten. Wenn die Transaktionen das jeweilige Element enthalten, dann ist das Bit eins und andernfalls null. Um zu überprüfen, ob zwei Elemente in einer Transaktion enthalten sind, müssen die Bitmaps der beiden Elemente mit dem logischen

UND verknüpft werden.

### 3.1.5 Co-occurrence Pruning

Mit dem *Co-occurrence Pruning* hat Fournier-Viger et al. [14] eine neue Methode entwickelt, die es ermöglicht, den Suchraum für neue Muster zu verkleinern. Die Methode lässt sich sowohl für *SPADE*, als auch für den *SPAM* Algorithmus anwenden. Es muss eine *Co-occurrence MAP (CMAP)* für die I-Steps und eine für die S-Steps erstellt werden. In den Maps wird für jedes Element gespeichert, welche anderen Elemente durch eine I- oder S-Step nach ihm kommen können. Dabei wird auch die minimale Häufigkeit berücksichtigt. Die *CMAP* kann bei den beiden Algorithmen während der Erzeugung der möglichen Muster angewandt werden. Im *SPADE* Algorithmus ist damit die Vermeidung der Verknüpfung von zwei Listen, die kein häufig auftretendes Muster ergeben, möglich. Dafür wird überprüft, ob das Element, welches an das bestehende Muster angehängt werden soll, in der Liste der möglichen Elemente aus der *CMAP* des letzten Elements des bestehenden Musters vorkommt. Sollte dies nicht der Fall sein, dann kommt das neue Muster nicht mindestens so häufig, wie anfangs definiert, in der Datenbank vor. Analog dazu kann mit der *CMAP* im *SPAM* Algorithmus während der Erzeugung der Kandidaten in dem Baum geprüft werden, ob dieses Muster in der Datenbank vorkommen kann.

## 3.2 Tools zur Mustererkennung beim Eye Tracking

Mit der Thematik in Eye Tracking Daten nach Mustern zu suchen, haben sich schon einige wissenschaftliche Arbeiten beschäftigt. In ihnen wurden Tools entwickelt, welche die sehr aufwendige manuelle Suche nach Mustern übernehmen. Im Folgenden werden einige dieser Arbeiten vorgestellt und die Funktionsweise der Tools erläutert.

Mit dem Tool *eyePatterns* von West et al. [33] ist es möglich, in mehreren AOI Sequenzen nach Mustern zu suchen. Dabei kann vom Nutzer angegeben werden, wie lang ein Muster sein soll, in wie vielen Sequenzen es vorkommt und ob bestimmte AOIs in den Mustern enthalten sein sollen. Das Programm arbeitet bei der Mustersuche mit verschiedenen Algorithmen. Eine Methode besteht darin, die Übergangsfrequenzen von einer oder mehrerer Eingabesequenzen in Form einer Matrix zu berechnen. Die Frequenzen werden mit Farben zwischen schwarz, für die niedrigsten Frequenzen, und rot, für die höchsten Frequenzen, codiert. Zusätzlich ist der Algorithmus von Smith und Waterman [31] implementiert, der ursprünglich in der Bioinformatik eingesetzt wurde, um dort Muster in Sequenzen zu finden. Die Abschnitte in den Sequenzen werden so ausgerichtet, dass sie eine möglichst hohe Ähnlichkeit aufweisen. Mit dieser Methode ist es

möglich, Muster, die an unterschiedlichen Positionen in den Sequenzen enthalten sind, zu finden.

Für ihre Studie, in der die Nutzung grafischer und textueller Darstellungen eines Programms in Integrated Development Environments (IDE) untersucht wurde, haben Hejmady und Narayanan [18] ein Tool auf der Basis des SPAM Algorithmus (siehe Abschnitt 3.1) entwickelt, welches nach Mustern in Eye Tracking Daten sucht. Zuerst werden die aufgezeichneten Fixationen den AOIs, welche in vier Gruppen zusammengefasst wurden, zugeordnet. Jede der vier Gruppen kann mit zwei unterschiedlichen Buchstaben repräsentiert werden. Der erste Buchstabe steht für eine kurze Betrachtung (unter 500 Millisekunden) der AOIs in der entsprechenden Gruppe, und der zweite Buchstabe symbolisiert eine längere Betrachtung (über 500 Millisekunden). Die Buchstaben werden für jeden Teilnehmer der Studie in Form eines Strings hintereinander geschrieben. Mittels des SPAM Algorithmus kann nun in den Buchstabensequenzen nach Mustern gesucht werden. Das Tool bietet die Möglichkeit anzugeben, wie häufig eine Sequenz mindestens vorkommen soll, um als Muster gezählt zu werden. Der Algorithmus kann auch Sequenzen als Muster erkennen, wenn in ihnen eine AOI vorkommt, welche eigentlich nicht zu dem Muster zählt [13].

Zur Auswertung von Eye Tracking Daten in ihrer Studie haben Burmester und Mast [11] ein Tool entwickelt, das mit dem T-pattern (temporal pattern) detection Verfahren von Magnusson [22] nach Mustern sucht. Die Studie wurde durchgeführt, um zu untersuchen, ob es bei wiederholter Betrachtung von Webseiten Ähnlichkeiten in den Scanpaths gibt. Die T-pattern detection Methode ermöglicht es, zeitliche Muster in den Sequenzen zu finden. Sie bietet den Vorteil, dass auch die Zeitpunkte, an denen die Muster auftreten mit ausgegeben werden. Bei den T-patterns wird zwischen Ereignistypen und Ereignissen unterschieden. Im Fall des Eye Tracking ist ein Ereignistyp die Betrachtung einer AOI und ein Ereignis die Betrachtung einer AOI zu einem bestimmten Zeitpunkt. Ein Ereignis hat keine Dauer. Ein T-pattern muss mindestens zweimal in dem Datensatz vorkommen und besteht aus mindestens zwei Ereignistypen, es müssen also mindestens zwei AOIs angeschaut werden. Die Ereignistypen müssen dabei im sogenannten critical interval (CI) liegen. Es wird zwischen dem fast critical interval, bei dem die Ereignistypen schnell aufeinander folgen, und dem free critical interval, bei dem die Zeit zwischen den Ereignistypen möglichst gleich sein muss, unterschieden. Um in dem Datensatz nach T-pattern zu suchen, wird er iterativ durchgegangen, und nach jedem Durchgang können die gefundenen T-pattern entweder mit einem anderen T-pattern oder mit einem Ereignistyp erweitert werden. Am Ende gibt es nur noch ein großes T-pattern. Die Suche ist beendet, wenn im CI keine T-pattern oder Ereignistypen mehr angehängt werden können. Nach der Suche besteht die

Möglichkeit, die gefundenen Muster nach Länge und Häufigkeit zu filtern. Darüber hinaus kann auch angegeben werden, dass bestimmte AOIs in den Mustern enthalten sein müssen.

Die Software `SubsMatch` wurde von Kübler et al. [20] entworfen, um Scanpaths von Personen, welche die Fahrprüfung bestanden haben, und von Personen, welche die Fahrprüfung nicht bestanden haben, zu vergleichen. Die Ähnlichkeit der Scanpaths wird mit der Häufigkeit von sich wiederholenden Mustern in den Scanpaths gemessen. Hierfür werden zuerst die Scanpaths in Strings umgewandelt. Jeder AOI wird ein Buchstabe zugeordnet, und wenn eine AOI vom Auge fixiert wurde, wird der Buchstabe zu dem String hinzugefügt. Anschließend werden die Strings in Teilstrings einer bestimmten Länge  $w$  geteilt. Dafür wird ausgehend von jeder Position in dem String die nächsten  $w$  Buchstaben in einer Tabelle mit ihrer Häufigkeit zusammen gespeichert. Die Teilstrings sind die gefundenen Muster. Die Häufigkeit muss anschließend noch normalisiert werden, da die Scanpaths unterschiedlich lang sein können. Sie kann entweder im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Muster oder im Verhältnis zur gesamten Betrachtungszeit der Muster gesetzt werden. Für den Vergleich von zwei Scanpaths müssen nun die Differenzen der Häufigkeiten der gleichen Muster gebildet und summiert werden. Bei der Bildung der Summe werden auch die Häufigkeiten der Muster, die nur in einer der beiden Tabellen vorkommen, berücksichtigt.

Ein ähnlicher Ansatz wie in dem Tool `SubsMatch` wird in der Arbeit von Reani et al. [26] verfolgt. Die angeschauten AOIs werden ebenfalls in eine String Darstellung umgewandelt. Anschließend wird in diesen Strings nach  $n$ -grams gesucht. In einer Sequenz an Buchstaben ist ein  $n$ -gram eine aufeinander folgende Sequenz von  $n$  Buchstaben. In jedem Scanpath werden die  $n$ -grams mit wachsender Länge gesucht. Anschließend erfolgt eine Normalisierung der Häufigkeiten der gefundenen  $n$ -grams im Verhältnis zur Häufigkeit aller gefundener  $n$ -grams. Je nach Anzahl der AOIs und Länge des  $n$ -gram kann es zu sehr vielen möglichen  $n$ -grams kommen, nach denen gesucht werden muss. Um den Suchraum zu verkleinern, werden gleiche AOIs, die hintereinander betrachtet wurden, zu einem AOI zusammengefasst. Darüber hinaus wird die Reihenfolge der AOIs in einem  $n$ -gram vernachlässigt. Die  $n$ -grams AB und BA werden also beispielsweise als ein  $n$ -gram gezählt.

### 3.3 Abgrenzung der Arbeit

Die vorgestellten verwandten Arbeiten konzentrieren sich vor allem auf die Suche nach Mustern in den AOI-Sequenzen. Diese Funktionalität besitzt die in dieser Arbeit entwickelte Anwendung ebenfalls. Zusätzlich zu den

Mustern werden aber noch weitere Eigenschaften, wie beispielsweise die Betrachtungsdauer des Musters oder die Anzahl an Personen, bei denen das Muster gefunden wurde, dokumentiert. Diese zusätzlichen Parameter ermöglichen eine genaue Analyse der Muster.

Keines der verwandten Tools berücksichtigt, dass in den Daten des Eye Trackers Noise enthalten ist. Die Anwendung aus dieser Arbeit filtert die Eingabedateien vor der Suche nach Mustern. Bei dieser Filterung werden automatisch alle kurzen, nicht bewusst durchgeführten Betrachtungen von AOIs entfernt. Die Entfernung der Noise ermöglicht es, nur die relevanten Muster zu finden.

Fast alle vorgestellten Tools bieten die Möglichkeit anzugeben, wie lang ein Muster mindestens sein soll. In dem Tool *eyePatterns* von West et al. [33] lässt sich darüber hinaus noch angeben, in wie vielen Eingabesequenzen das Muster mindestens vorkommen muss und ob bestimmte AOIs in ihm vorkommen sollen. Diese drei Funktionalitäten besitzt das Tool aus dieser Arbeit auch. Zusätzlich zu diesen drei Möglichkeiten die Ergebnisse der Suche zu filtern, kann die maximale Länge und die minimale Häufigkeit angegeben werden. Außerdem besteht die Möglichkeit einzelne AOIs von der Suche auszuschließen. Wenn in den Eye Tracking Aufnahmen mehrere Anwendungen und Stimuli betrachtet wurden, ist es auch möglich, nur in ausgewählten Anwendungen und Stimuli nach Mustern zu suchen.

Ein weiterer Aspekt, durch den sich diese Arbeit von anderen verwandten Arbeiten unterscheidet, ist die Berechnung eines Scores für jedes gefundene Muster. Mittels dieses Scores ist es möglich, direkt nach der Suche zu erkennen, welche Muster besonders relevant sind. Eine aufwendige manuelle Analyse der gefundenen Muster wird dem Benutzer dadurch abgenommen.

## Kapitel 4

# Anforderungsanalyse

In der Anforderungsanalyse werden alle Funktionen und Eigenschaften der zu entwickelnden Anwendung beschrieben. Die Formulierung der Anforderungen orientiert sich an den Vorgaben von Rupp und den SOPHISTen [27]. Die funktionalen Anforderungen befinden sich im Abschnitt 4.1 und sind mit einem „R“ gekennzeichnet. Im darauffolgenden Abschnitt 4.2 werden die nichtfunktionalen Anforderungen definiert. Diese werden durch ein „NR“ gekennzeichnet. Nach jeder Anforderung folgt eine kurze Beschreibung mit zusätzlichen Informationen.

### 4.1 Funktionale Anforderungen

**R01:** *Die Anwendung muss die Möglichkeit bieten, einzelne Eye Tracking Eingabedateien oder einen Ordner mit Eye Tracking Eingabedateien in die Anwendung zu laden.*

Bei einem Eye Tracking Experiment nehmen meistens mehr als eine Person teil. In diesem Fall existiert auch für jede Person eine eigene Eingabedatei. Damit auch zwischen den Personen nach Mustern gesucht werden kann, soll es die Möglichkeit geben, mehrere Eingabedateien in die Anwendung zu laden.

**R02:** *Sobald der Benutzer eine oder mehrere Eingabedateien zum Einlesen in die Anwendung ausgewählt hat, überprüft diese, ob alle Dateien die richtige Struktur aufweisen.*

Damit eine Eingabedatei die richtige Struktur aufweist, muss sie im csv-Format sein und die Spalten Application, Stimulus, AOI Name und Gaze Dwell Time (siehe Kapitel 2.3) besitzen. Die Anwendung soll die Spalten eigenständig finden können. Die Spalten sollen sich auch in einer anderen Reihenfolge, als in Kapitel 2.3 definiert, befinden können, und es dürfen zusätzliche Spalten vorhanden sein.

**R03:** *Die Anwendung muss die Möglichkeit bieten, zwischen einer manuellen und einer automatischen Filterung der AOI-Sequenzen zu wählen.*

Die AOI-Sequenzen aus den Eingabedateien enthalten naturgemäß Noise. Dieser entsteht durch sehr kurze unbewusste Betrachtungen von AOIs. In der späteren Mustersuche sollen diese nicht relevanten Betrachtungen nicht berücksichtigt werden. Die nächsten beiden Anforderungen enthalten die Funktionen der manuellen und automatischen Filterung.

**R04:** *Falls der Benutzer die manuelle Filterung gewählt hat, muss die Anwendung die Möglichkeit bieten, entweder eine zeitliche oder eine prozentuale Grenze für die Betrachtungsdauer anzugeben, unterhalb derer sie die AOIs herausfiltert.*

Bei der manuellen Filterung kann der Benutzer selber festlegen, wann eine Betrachtung so kurz ist, dass sie unbewusst passierte und es sich um Noise handelt. Dafür sollen zwei Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Die zeitliche Grenze soll in Millisekunden angegeben werden können. Alle AOIs, deren Betrachtungsdauern unterhalb dieser Grenze liegen, müssen herausgefiltert werden. Alternativ zur zeitlichen Grenze soll der Benutzer eine prozentuale Grenze angeben können. Für jede AOI werden alle Betrachtungen, deren Dauern in dem vom Nutzer angegebenen unteren prozentualen Bereich liegen, herausgefiltert.

**R05:** *Falls der Benutzer die automatische Filterung gewählt hat, muss die Anwendung selbstständig nicht relevante Betrachtungen von AOIs erkennen und diese herausfiltern.*

Ohne die Verteilung der Betrachtungsdauern der einzelnen AOIs zu analysieren, ist es für den Benutzer schwierig zu entscheiden, welche Betrachtungen so kurz sind, dass sie unbewusst erfolgten. Eine automatische Filterung der Daten nimmt dem Benutzer diese Vorarbeit ab und soll es ermöglichen, nur die relevanten Muster zu finden.

**R06:** *Die Anwendung muss dem Benutzer die Möglichkeit bieten anzugeben, wie lang ein Muster mindestens und maximal sein darf, wie häufig und bei wie vielen Personen es mindestens vorkommen soll.*

Diese Filterung der Ergebnisse ermöglicht es dem Benutzer, nur bestimmte Muster auszugeben. Es könnte zum Beispiel sein, dass nur Muster, die bei mindestens 50 % der Personen vorkommen, von Interesse sind. Durch die Option, die Ergebnisse der Mustersuche direkt in der Anwendung zu filtern, entfällt eine spätere manuelle Filterung der Ergebnisse.

**R07:** *Sobald die Anwendung überprüft hat, ob die Eingabedateien im korrekten Format sind, muss sie dem Benutzer die Möglichkeit bieten, alle*

*in den Dateien enthaltenen Anwendungen und Stimuli, in denen nach Mustern gesucht werden soll, einzeln auszuwählen.*

Diese Anforderung bietet genau wie R06 die Möglichkeit, die gefundenen Muster zu filtern. Wenn bei den Eye Tracking Aufnahmen zum Beispiel mehrere Anwendungen angeschaut wurden, könnte der Fall eintreten, dass nur während der Betrachtung von einer bestimmten Anwendung nach Mustern gesucht werden soll. Der Unterschied zu R06 ist, dass diese Filtermethoden erst anwendbar sind, wenn eine oder mehrere Eingabedateien geladen wurden, da erst dann bekannt ist, welche Anwendungen und Stimuli in ihnen vorkommen.

**R08:** *Sobald die Anwendung überprüft hat, ob die Eingabedateien im korrekten Format sind, muss sie dem Benutzer die Möglichkeit bieten, für alle AOIs einzeln auszuwählen, ob diese in den gefundenen Mustern vorhanden sein müssen oder ob sie bei der Suche nicht berücksichtigt werden.*

Diese Anforderung beinhaltet eine weitere Möglichkeit, die gefundenen Muster zu filtern. Wenn eine AOI dafür ausgewählt wird, dass sie in den gefundenen Mustern enthalten ist, dann müssen alle ausgegebenen Muster diese AOI enthalten. Eine AOI, die bei der Suche nicht berücksichtigt wird, darf in keinem gefundenen Muster vorkommen und muss somit bei der Suche ausgelassen werden. In den meisten Eye Tracking Dateien existiert eine AOI mit dem Namen „whitespace“. Diese fasst alle Bereiche, die nicht mit anderen AOIs versehen wurden, zusammen. Die Anwendung soll diese AOI standardmäßig bei der Suche nicht berücksichtigen. Der Benutzer muss aber die Möglichkeit haben, sie trotzdem wieder in die Suche mit aufzunehmen.

**R09:** *Die Anwendung muss in den AOI-Sequenzen der Eingabedateien nach Mustern suchen und diese mit ihrem Namen auf der Benutzeroberfläche ausgeben.*

Die Suche nach Mustern in den AOI-Sequenzen stellt die Hauptfunktionalität der Anwendung dar. Ein Muster muss mindestens aus zwei AOIs bestehen und mindestens zweimal in den Sequenzen vorkommen. Es soll sowohl innerhalb der AOI-Sequenz von einer Person, als auch über die Sequenzen mehrerer Personen hinweg nach Mustern gesucht werden. Der Name eines Musters setzt sich aus den Namen der in ihm vorkommenden AOIs zusammen.

**R10:** *Die Anwendung muss zusätzlich zu dem Namen des Musters die folgenden Parameter berechnen und diese auf der Benutzeroberfläche ausgeben:*

- die Länge
- die absolute Häufigkeit (Anzahl des Musters)
- den Anteil des ersten AOIs des Musters in allen Sequenzen
- die durchschnittliche Betrachtungsdauer
- die Gesamtbetrachtungsdauer
- die Anzahl der Personen, bei denen das Muster vorkam

Damit die gefundenen Muster für Forschungen und Studien im Bereich des Eye Tracking weiter ausgewertet werden können, werden neben den Namen der Muster noch weitere Eigenschaften benötigt. Die Länge des Musters entspricht der Anzahl der AOIs, aus denen es besteht, und die absolute Häufigkeit beschreibt, wie oft das Muster in den Sequenzen gefunden wurde. Der Anteil des ersten AOIs des Musters in allen Sequenzen gibt an, wie viel Prozent des Gesamtvorkommens des ersten AOIs zu dem gefundenen Muster gehören. Die gesamte Betrachtungsdauer ist die Zeit, die das Muster insgesamt in den AOI-Sequenzen angeschaut wurde und die durchschnittliche Betrachtungsdauer beschreibt, wie lange ein Muster im Durchschnitt betrachtet wurde.

**R11:** *Die Anwendung muss für jedes Muster einen Score berechnen, der die Relevanz des Musters beschreibt und diesen auf der Benutzeroberfläche ausgeben.*

Damit möglichst schnell erkannt werden kann, welche Muster von besonderer Bedeutung sind, soll jedes Muster mit einem Score versehen werden. Somit muss der Benutzer die Parameter der Muster nicht erst manuell auswerten, um zu erkennen, welche Muster am relevantesten sind. Einfluss auf diesen Score nehmen die absolute Häufigkeit, durchschnittliche Betrachtungsdauer und die Anzahl der Personen, bei denen das Muster gefunden wurde. Zusätzlich soll auch berücksichtigt werden, bei wie vielen Personen das Muster aufgetreten ist.

**R12:** *Die Anwendung muss die Möglichkeit bieten, alle gefundenen Muster mit den auf der Benutzeroberfläche ausgegebenen Parametern als csv-Datei zu exportieren.*

Ein Export als csv-Datei wird benötigt, damit die gefundenen Muster inklusive der berechneten Metriken gespeichert werden können. Außerdem ermöglicht dies auch eine weitere Analyse der Daten, beispielsweise in dem die csv-Datei in andere Anwendungen geladen wird.

**R13:** *Die Anwendung soll bei der Mustersuche dem Benutzer eine Rückmeldung über den aktuellen Fortschritt der Suche geben.*

Bei langen und vielen Eingabedateien kann es passieren, dass die Suche nach Mustern länger dauert. In diesem Fall soll die Anwendung dem Benutzer eine Rückmeldung darüber geben, wie weit sie mit der Suche ist.

## 4.2 Nichtfunktionale Anforderungen

**NR01:** *Die Anwendung muss so gestaltet sein, dass sie leicht wartbar ist.*

Wenn die Anwendung für spätere Studien angepasst werden soll, dann ist es wichtig, dass Änderungen im Quelltext leicht durchführbar sind.

**NR02:** *Die Anwendung muss alle vorhandenen Muster finden und die dazugehörigen Parameter korrekt berechnen.*

Es ist besonders wichtig, dass die Anwendung intensiv getestet wird, da die Eye Tracking Daten manuell nur schwer nachvollziehbar sind und vom Benutzer nicht einfach kontrolliert werden kann, ob alle Muster gefunden wurden.

**NR03:** *Die Anwendung soll auf allen gängigen Betriebssystemen leicht zu installieren und ausführbar sein.*

Als gängige Betriebssysteme werden die Plattformen Windows, MacOS und Linux gezählt.



# Kapitel 5

## Konzept

In diesem Kapitel soll das Konzept für die Umsetzung der Anforderungen aus Kapitel 4 an die zu entwickelnde Anwendung beschrieben werden. Die Anwendung lässt sich in die vier Bereiche aus Abbildung 3 unterteilen. Auf diese vier Bereiche wird in den folgenden Unterkapiteln genau eingegangen. Viele der Anforderungen verlangen eine Interaktion zwischen dem Benutzer und der Anwendung. Aus diesem Grund wurde eine graphische Benutzeroberfläche entwickelt, welche im Abschnitt 5.5 erklärt wird.

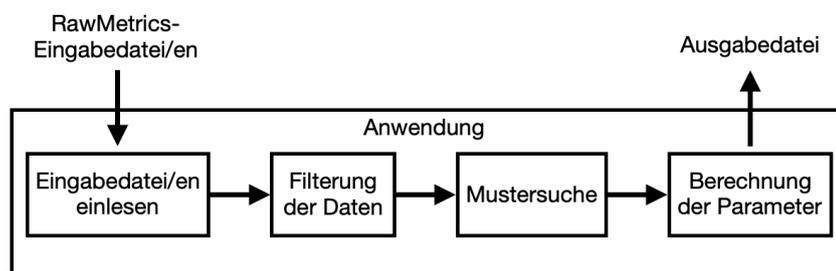


Abbildung 3: Aufbau der entwickelten Anwendung

### 5.1 Eingabedatei/en einlesen

Zu diesem Bereich lassen sich die Anforderungen R01 und R02 zuordnen. Der Benutzer hat die Möglichkeit zu wählen, ob er einzelne Eingabedateien oder einen Ordner mit Eingabedateien in die Anwendung laden möchte. In beiden Fällen kann der Pfad in einem separaten Fenster ausgewählt werden. Dabei ist es nur möglich, Dateien im csv-Format auszuwählen. Anschließend überprüft die Anwendung, ob alle ausgewählten csv-Dateien im richtigen Format sind. Dafür wird der Titel jeder Spalte mit den in Abschnitt 2.3 definierten Titeln verglichen. Wenn alle Titel vorhanden sind, kann mit dem Einlesen der Datei begonnen werden. Dabei kann die Anwendung auch

Dateien einlesen, bei der die Spalten in einer anderen Reihenfolge, als sie im Abschnitt 2.3 definiert wurden, vorliegen. Wenn nicht alle benötigten Spalten vorhanden sind, wird der Einlesevorgang abgebrochen und der Benutzer darüber informiert, dass die von ihm ausgewählte Eingabedatei nicht das richtige Format aufweist. Es werden die Spalten Application, Stimulus, AOI Name und Gaze Dwell Time eingelesen. Aus den AOI Namen werden die Sequenzen erstellt, in denen nach Mustern gesucht wird. Die anderen drei Parameter sind zusätzliche Attribute der Betrachtung einer AOI. Sie werden für die Filterung und Berechnung der Parameter der Muster benötigt.

## 5.2 Filterung der Daten

Die Eye Tracking Aufnahmen enthalten naturgemäß viel Rauschen. Dies entsteht durch sehr kurze, nicht bewusst getätigte Blicksprünge zwischen den AOIs. Das Ziel der Filterung ist es, diese nicht bewussten Blicksprünge aus den Daten zu entfernen, da andernfalls die Muster nicht das bewusste Blickverhalten der Betrachter widerspiegeln. In diesen Bereich gehören die Anforderungen R03, R04 und R05.

Der Benutzer hat die Wahl zwischen einer manuellen und automatischen Filterung. Bei der manuellen Filterung wird zwischen zwei Filterarten unterschieden. Zum einen besteht die Möglichkeit, eine Grenze für die Betrachtungsdauer in Millisekunden anzugeben. Alle AOIs, deren Betrachtungsdauer unterhalb dieser Grenze liegen, werden aus den Sequenzen entfernt. Diese Technik berücksichtigt nicht die Tatsache, dass AOIs, deren Fläche kleiner ist, meistens eine kürzere Betrachtungsdauer besitzen als AOIs mit einer größeren Fläche. Wenn die AOIs alle gleich groß sind, stellt dies kein Problem dar. Andernfalls kann es passieren, dass nur das Rauschen der kleinen AOIs entfernt wird und die großen AOIs unverändert bleiben.

Um diesem Problem vorzubeugen, besteht für den Benutzer die Möglichkeit, anstatt der Grenze für die Betrachtungsdauer in Millisekunden eine Grenze in Prozent anzugeben. Ein Beispiel für die Filterung mit einer prozentualen Grenze befindet sich in Abbildung 4. Dieses Verfahren wird für jedes AOI einzeln durchgeführt. Zuerst werden die Betrachtungsdauern aufsteigend sortiert und die unteren 20 % der Betrachtungsdauern ermittelt. Innerhalb dieses Intervalls werden die Dauern mit Hilfe der vom Benutzer angegebenen Grenze in Prozent gefiltert. Hierfür muss das Ergebnis der Subtraktion der oberen und unteren Grenze des Intervalls mit der gewählten Filtergrenze multipliziert werden und anschließend wird die untere Grenze des Intervalls addiert. Alle AOIs deren Betrachtungsdauern kürzer als der berechnete Wert sind, werden herausgefiltert. In diesem Beispiel, mit einer Filtergrenze von 60 % müssen alle AOIs mit einer Betrachtungsdauer unterhalb von  $(279 \text{ ms} - 150 \text{ ms}) * 0,6 + 150 \text{ ms} = 227,4 \text{ ms}$  herausgefiltert werden. Dies sind die vier AOIs mit den kürzesten Betrachtungsdauern.

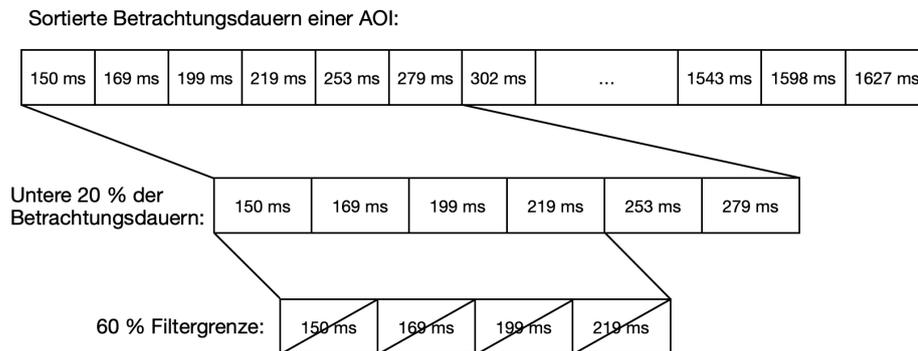


Abbildung 4: Prozentuale Filterung der Betrachtungsdauern einer AOI

Die automatische Filterung arbeitet wie die manuelle Filterung mit der prozentualen Grenze. Die Anwendung setzt dabei in 2%-Schritten alle Werte zwischen 0 % und 100 % für die Grenze ein, filtert die AOI-Sequenzen mit dieser Grenze und sucht anschließend nach Mustern. Das Ziel ist es, die Grenze zu finden, bei der die relevantesten Muster gefunden werden. Die Relevanz eines Musters wird mit der Hilfe des Scores beschrieben (siehe Abschnitt 5.4). Für jede eingesetzte Grenze wird der durchschnittliche Score aller gefundenen Muster berechnet. Die Grenze, bei der der höchste durchschnittliche Score gefunden wurde, ist die optimale Grenze. Für diese Filterung werden die Muster auf der Benutzeroberfläche ausgegeben.

Außerdem werden bei der Filterung auch die Anforderungen R07 und R08 umgesetzt. Unabhängig von der gewählten Filterart werden die AOIs, die sich nicht in den ausgewählten Stimuli und Anwendungen befinden, aus den Sequenzen entfernt. Nach Anforderung R08 kann der Benutzer einzelne AOIs auswählen, die bei der Suche nicht berücksichtigt werden sollen. Diese werden ebenfalls bei der Filterung aus den AOI-Sequenzen entfernt.

### 5.3 Mustersuche

Nach Anforderung R09 soll die Anwendung in den AOI-Sequenzen nach Mustern suchen. Wie schon im Kapitel 2 beschrieben, ist der naive Ansatz zur Mustersuche sehr ineffizient und besitzt eine lange Laufzeit. Auch wenn dies nicht die wichtigste Eigenschaft der Anwendung ist, sondern die Korrektheit der Ergebnisse, welche im Abschnitt 7.2 überprüft wird, ist es trotzdem wünschenswert, dass die Berechnung der Ergebnisse auch bei großen Datenmengen nicht zu lange dauert. Meistens müssen die Daten eines Eye Tracking Experiments nur einmalig ausgewertet werden. In diesem Fall wäre es auch akzeptabel, wenn die Suche nach Mustern länger dauert. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass der Benutzer häufig hintereinander mit unterschiedlichen Sucheinstellungen nach Mustern suchen möchte.

In diesem Szenario ist es für den Benutzer von Vorteil, wenn die Suche möglichst schnell durchgeführt wird, um lange Wartezeiten zu vermeiden. Im Abschnitt 3.1 wurden bereits einige Algorithmen vorgestellt, die effizienter arbeiten als der naive Ansatz. Im Folgenden soll nun untersucht werden, welche von diesen Algorithmen für die Mustersuche in Eye Tracking Daten anwendbar sind und ob diese verändert oder kombiniert werden können, um einen möglichst effizienten Algorithmus zu gestalten. Die Tabelle 5.1 bietet eine Übersicht zu den anwendbaren Aspekten und den Problemen, die entstehen, wenn die Algorithmen bei der Mustersuche in Eye Tracking Daten angewandt werden.

	AprioriAll, AprioriSome, DynamicSome	GSP	SPADE	SPAM	Co-occurrence Pruning
<b>Anwendbar</b>	- Apriori-Prinzip	- Verfahren zur Kandidatengenerierung		- Kandidaten in Baumstruktur erfassen	- CMAP
<b>Probleme</b>	- keine Sets aus Elementen in den AOI-Sequenzen - finden nur maximale Sequenzen	- Eingabeparameter maximale Zeit zwischen den Elementen und hierarchische Ordnung der Elemente werden nicht benötigt	- vertikale Darstellung der AOI-Sequenzen benötigt	- S-Steps werden nicht benötigt - Datenverlust durch Bitmap Repräsentation	- S-Steps werden nicht benötigt

Tabelle 5.1: Anwendbare Aspekte und Probleme der Algorithmen

Das Apriori-Prinzip, welches in den drei von Agrawal und Srikant [5] entwickelten Algorithmen *AprioriAll*, *AprioriSome* und *DynamicSome* verwendet wurde, kann auch für die Mustersuche in den Eye Tracking Daten angewandt werden.

In den Transaktionssequenzen, für die die Algorithmen entwickelt wurden, kann es vorkommen, dass mehrere Elemente gleichzeitig gekauft werden. In diesem Fall besteht die Sequenz eines Käufers nicht nur aus Elementen, sondern auch aus Sets aus Elementen. In den Eye Tracking Sequenzen gibt es keine Sets, da nicht mehr als eine AOI gleichzeitig betrachtet werden kann. Die ersten drei Phasen der Algorithmen müssten also dementsprechend angepasst werden und die Litemsets würden nur aus den einzelnen AOIs bestehen.

Die Anwendung für die Mustersuche in Eye Tracking Daten muss alle Muster finden, auch solche, die aus nicht maximalen Sequenzen bestehen. Die drei Algorithmen berücksichtigen aber nur maximale Sequenzen als Muster. Allerdings sucht der Algorithmus *AprioriAll* nach allen Mustern und entfernt die nicht maximalen Muster erst nach der Suche. Ohne den letzten Schritt lässt sich dieser Algorithmus also für die Mustersuche in Eye Tracking Daten anwenden.

Die Kandidatengenerierung des *GSP* Algorithmus von Srikant und Agrawal [32] kann ebenfalls im Eye Tracking Bereich angewandt werden. Der Algorithmus ist effizienter und besitzt eine kürzere Laufzeit als der *AprioriAll* Algorithmus, da die Menge an generierten Kandidaten hier kleiner ist.

Neben der minimalen Häufigkeit eines Musters kann beim *GSP* Algorithmus auch die maximale Zeit zwischen den Elementen eines Musters und eine hierarchische Ordnung der Elemente angegeben werden. Diese beiden Parameter werden nicht benötigt. In den Eye Tracking Daten werden nur direkt aufeinander folgende AOIs als Muster gezählt, da durch die Filterung des Noise schon die kurz betrachteten und irrelevanten AOIs herausgefiltert sind. Eine hierarchische Ordnung wird nicht benötigt, da alle AOIs auf der gleichen hierarchischen Ebene stehen.

Der Algorithmus *SPADE* von Zaki [34] ist eher weniger geeignet für die Anwendung im Eye Tracking Bereich. In diesem wird eine vertikale Darstellung der Sequenzen verwendet, in der nur die Positionen der Elemente in den Sequenzen gespeichert werden. Damit ist nur die Berechnung der Häufigkeit eines Musters möglich. Um die weiteren Parameter, wie die Gesamtbetrachtungsdauer, zu ermitteln, müssten die AOI-Sequenzen trotzdem noch nach jedem Muster durchsucht werden.

Für die Suche nach langen Mustern eignet sich der *SPAM* Algorithmus von Ayres et al. [8] besonders gut. In Eye Tracking Daten sind lange Muster allerdings eher unrealistisch und meistens nicht relevant. Die Anordnung der Kandidaten in einer Baumstruktur und die Anwendung des Apriori-Ansatzes kann aber die Suche nach Mustern in Eye Tracking Daten effizienter gestalten.

Die S-Steps werden bei der Mustersuche in Eye Tracking Daten nicht benötigt, da die Sequenzen hier nur aus Elementen, den AOIs, bestehen und es keine Sets aus Elementen in ihnen gibt. Die vertikale Bitmap Repräsentation bietet keine Möglichkeit, die zusätzlichen Parameter, wie die Betrachtungsdauer, der AOIs zu erfassen. Es entsteht dasselbe Problem wie beim *SPADE* Algorithmus, für die Berechnung aller Parameter müssen die Muster noch nacheinander in den Sequenzen gesucht werden.

Der Ansatz von Fournier-Viger et al. [14] eine *CMAP* aufzustellen, in der für jedes Element gespeichert ist, welche Nachfolger sie in den Sequenzen haben, kann auch für die Kandidatengenerierung bei der Mustersuche in den Eye Tracking Daten angewandt werden. Hier werden wieder nur die I-Steps berücksichtigt, da die AOI-Sequenzen keine Sets aus AOIs enthalten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass keiner der bestehenden Algorithmen einfach übernommen werden kann. Es sind immer nur einzelne Aspekte anwendbar. Insbesondere der *GSP* Algorithmus und die *CMAP* wurden zu einem neuen Algorithmus kombiniert. Dieser berücksichtigt die speziellen Anforderungen der Mustersuche im Eye Tracking Bereich und die

Parameter der Muster können schon während der Suche berechnet werden. Am Anfang wird die CMAP erstellt. Dafür müssen alle AOI-Sequenzen einmal durchlaufen werden. Mit der Erstellung der CMAP ermittelt der Algorithmus auch gleichzeitig die Anzahl der einzelnen AOIs. Diese finden später bei der Berechnung der Parameter ihre Verwendung. Da bei der CMAP auch die vom Benutzer definierte minimale Häufigkeit verwendet wird, können die ersten Muster der Länge zwei direkt aus der CMAP erstellt werden. Der Algorithmus sucht nun diese Muster in den Sequenzen. Bei jedem Fund summiert er die Betrachtungsdauern der gefundenen AOIs zur Gesamtbetrachtungsdauer des Musters auf, speichert bei welcher Person das Muster gefunden wurde, und inkrementiert die Häufigkeit des Musters um eins.

Mit der Kandidatengenerierung des GSP Algorithmus werden nun die Kandidaten für die weiteren Längen erzeugt. Die Abbildung 5 stellt ein Beispiel dar, wie aus zwei gefundenen Mustern ein neuer Kandidat erzeugt werden kann. Beim ersten Muster wird die erste AOI entfernt und beim zweiten Muster die letzte AOI. Nun wird überprüft, ob die beiden übergebliebenen Sequenzen gleich sind. Wenn dies der Fall ist, kann ein neuer Kandidat erzeugt werden.

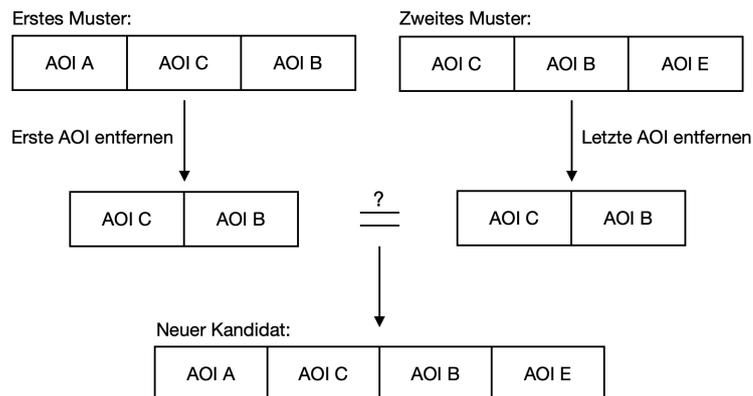


Abbildung 5: Kandidatengenerierung mit dem GSP Algorithmus

Nach jeder Generierung der Kandidaten einer bestimmten Länge müssen diese in den AOI-Sequenzen gesucht werden. Nach jedem Suchlauf wird überprüft, ob die gefundenen Muster die vom Benutzer angegebenen Eigenschaften erfüllen. Die Anforderung R08 legt fest, dass der Benutzer einzelne AOIs auswählen kann, die in allen gefundenen Mustern enthalten sein müssen. Hier überprüft der Algorithmus, ob die gewählten AOIs in den Mustern vorkommen und verwirft sie andernfalls. Nach Anforderung R06 muss überprüft werden, ob die Muster die minimale Häufigkeit, die minimale Personenanzahl, bei denen das Muster vorkommen soll, und die minimale Länge erfüllen. Der Algorithmus endet, wenn die vom Benutzer definierte

maximale Länge der Muster erreicht ist oder es nicht mehr möglich ist, neue Kandidaten zu generieren. Nach Beendigung des Suchalgorithmus werden die noch nicht während der Suche ermittelten Parameter berechnet.

## 5.4 Berechnung der Parameter

Neben den Namen der Muster, zusammengesetzt aus den Namen der in ihnen enthaltenen AOIs, sollen nach R10 noch weitere Parameter berechnet und ausgegeben werden. In der Tabelle 5.2 befindet sich ein Beispiel für diese Parameter.

Direkt während des Suchvorgangs wird bereits die absolute Häufigkeit (Anzahl), die Gesamtbetrachtungsdauer und die Anzahl der Personen, bei denen das Muster vorkam, erfasst. Die restlichen Parameter werden erst nach der Suche berechnet. Für die Länge des Musters müssen die AOIs, die in ihm vorkommen, gezählt werden. Der Parameter „Anteil der ersten AOI“ entspricht dem Quotienten aus der absoluten Häufigkeit des Musters und der absoluten Häufigkeit der ersten AOIs des Musters in den gesamten Sequenzen, welche bereits während der Mustersuche mit dem Erstellen der CMAP berechnet wurde. Um die durchschnittliche Betrachtungsdauer zu berechnen, wird die Gesamtbetrachtungsdauer durch die absolute Häufigkeit des Musters geteilt.

Muster	Länge	absolute Häufigkeit (Anzahl)	Anteil der ersten AOI	durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms]	Gesamtbetrachtungsdauer [in ms]	Anzahl der Personen
AOIA- AOIC	2	3	0,5	1014,33	3043	1
AOIB - AOIE	2	2	0,25	1500,5	3001	1
AOIA - AOIC - AOIB	3	2	0,25	4128,0	8256	1

Tabelle 5.2: Beispiel für die Parameter der Muster

Nach Anforderung R11 muss die Anwendung einen Score für jedes gefundene Muster berechnen. Dieser Score soll die Relevanz eines Musters beschreiben und sich im Intervall  $[0, 1]$  befinden. Es wurden verschiedene Ansätze entwickelt. Jeweils zwei davon sollen während der Evaluation im Abschnitt 7.3 miteinander verglichen werden. Anschließend wird entschieden, welche Ansätze sich am besten eignen, um die Relevanz der Muster zu bewerten. Die Formel, welche die besten Ansätze kombiniert, wird am Ende in die Anwendung implementiert. Vor der Vorstellung der Ansätze sollen die Parameter identifiziert werden, die einen Einfluss auf die Relevanz eines Musters haben.

Folgende Faktoren haben einen Einfluss auf den Score:

- durchschnittliche Betrachtungsdauer:  $t_{avg}$
- absolute Häufigkeit:  $f$

- Anzahl der Personen, bei denen das Muster auftrat:  $n$

Die durchschnittliche Betrachtungsdauer eines Musters ist relevant, da mit ihr darauf geschlossen werden kann, wie viel Aufmerksamkeit die betrachtende Person den AOIs in dem Muster geschenkt hat. Eine Person kann eine AOI beispielsweise länger als eine andere angeschaut haben, da sie Informationen enthält, nach denen die Person sucht, um ihr Ziel zu erreichen. Es ist aber auch möglich, dass die Person einen bestimmten Sachverhalt in der AOI nicht versteht und sie deshalb länger betrachtet. In beiden Fällen handelt es sich um relevante Muster. Sie können dazu beitragen zu verstehen, wie der Nutzer beispielsweise mit einer Software arbeitet, um sein Ziel zu erreichen oder wie er dabei vorgeht ein Modell (z.B. BPMN Diagramme) zu verstehen.

Je häufiger eine Person AOIs in einer bestimmten Reihenfolge betrachtet, desto wichtiger sind diese für die Person, um ihr Ziel zu erreichen. Es kann auch darauf geschlossen werden, dass diese AOIs für den Betrachter in einem Zusammenhang zueinander stehen. Die absolute Häufigkeit eines Musters kann also ebenfalls ein Indikator für seine Relevanz sein.

Die durchschnittliche Betrachtungsdauer  $t_{avg}$  und die absolute Häufigkeit  $f$  eines Musters lassen sich zur Gesamtbetrachtungsdauer  $t_{total}$  zusammenfassen, da  $t_{avg} = \frac{t_{total}}{f}$  ist.

Des Weiteren ist auch die Anzahl der Personen, bei denen das Muster vorkam, entscheidend. Wenn das Muster bei vielen Personen auftrat, zeigt dies, dass die Personen sich während der Betrachtung ähnlich verhalten haben. Sie können beispielsweise den gleichen Weg gewählt haben, um an ihr Ziel zu kommen oder die gleichen Stellen auf dem Stimulus nicht verstanden haben. Ein Muster, das bei mehreren Personen auftritt, ist also relevanter, als wenn es nur bei einer Person zu finden ist.

Die ersten beiden Ansätze ergeben sich bereits aus der Beschreibung der Parameter. So kann für die Berechnung des Scores entweder die Gesamtbetrachtungsdauer oder die durchschnittliche Betrachtungsdauer zusammen mit der absoluten Häufigkeit des Musters verwendet werden.

Für die Berechnung der Scores können die Parameter nicht so, wie von der Anwendung berechnet, verwendet werden, da sie in dieser Form nicht vergleichbar sind. Die Anzahl der Personen, bei denen das Muster auftrat, ist beispielsweise meistens deutlich kleiner, als die Betrachtungsdauer des Musters. In diesem Fall wäre also die Betrachtungsdauer deutlich stärker als die Personenanzahl gewichtet.

Damit die Werte vergleichbar werden und gleichmäßig in die Score eingehen, wurden zwei Ansätze entwickelt. Beim ersten Ansatz werden die Parameter in Relation zum größten Wert des Parameters gesetzt. Die Anzahl der Personen, bei denen das Muster gefunden wurde, bildet dabei eine Ausnahme, sie wird logarithmiert. Dabei ist die Anzahl aller

Personen  $n\_all$ , bei denen nach Mustern gesucht wurde, die Basis. Die Logarithmusfunktion wird hier angewandt, damit Unterschiede bei großer Personenanzahl keine großen Auswirkungen auf die Relevanz eines Musters haben. Wenn beispielsweise ein Muster bei neun von zehn Personen gefunden wurde und ein anderes bei allen Personen, dann ist dieser Unterschied für die Relevanz der Muster weniger ausschlaggebend, als wenn ein Muster nur bei einer Person vorkam und ein anderes bei zwei Personen, da sich hier die Personenanzahl verdoppelt hat.

Im zweiten Ansatz werden die Parameter normiert, damit sie gleichmäßig gewichtet in die Score eingehen können. Für die Normierung wird die aus der linearen Algebra bekannte Formel 5.1 verwendet.

$$x_{norm,i} = \left( \frac{1}{\sqrt{x_0^2 + x_1^2 + \dots + x_n^2}} \right) * x_i \quad (5.1)$$

Die letzten beiden Ansätze befassen sich mit einer kontrollierten Gewichtung der Parameter. Im ersten Ansatz werden die Parameter alle gleich stark gewichtet. Der zweite Ansatz gewichtet die Anzahl der Personen, bei denen das Muster gefunden wurde, nur halb so stark wie die restlichen Parameter. Ein Muster kann auch relevant sein und sollte mit einem hohen Score bewertet werden, wenn es nur bei wenigen Personen auftrat, aber sich trotzdem durch seine Betrachtungsdauer und absoluten Häufigkeit von den anderen Mustern abhebt.

Die folgenden Formeln wurden aus den Ansätzen entwickelt:

$$score_{1,i} = \frac{\frac{f_i}{\max(f)} + \frac{\frac{t\_avg_i}{l_i}}{\max\left(\frac{t\_avg}{l}\right)} + \log_{n\_all}(n_i)}{3} \quad (5.2)$$

$$score_{2,i} = \frac{\frac{f_i}{\max(f)} + \frac{\frac{t\_avg_i}{l_i}}{\max\left(\frac{t\_avg}{l}\right)} + 0,5 * \log_{n\_all}(n_i)}{2,5} \quad (5.3)$$

Die ersten beiden Formeln verwenden die durchschnittliche Betrachtungsdauer und die absolute Häufigkeit des Musters. Die durchschnittliche Betrachtungsdauer wird durch die Länge des Musters dividiert, da Muster, die nur aus wenigen AOIs bestehen, meistens eine kürzere Betrachtungsdauer haben, als Muster, die aus vielen AOIs bestehen. Trotzdem kann ein kurzes Muster genauso relevant sein wie ein langes. Dieser neue Parameter und die absolute Häufigkeit werden in Relation zu den größten vorkommenden Werten des jeweiligen Parameters gesetzt. Die Anzahl der Personen wird logarithmiert. Die drei berechneten Parameter können jeweils maximal den Wert eins annehmen und werden addiert. Am Ende wird durch drei dividiert,

damit sich der Score im Intervall  $[0, 1]$  befindet.

Beim zweiten Score wird die Anzahl der Personen nur halb so stark gewichtet wie die anderen beiden Parameter. Dementsprechend muss am Ende nur durch 2,5 dividiert werden.

$$score_{3,i} = \frac{\frac{\frac{t_{total_i}}{l_i}}{\max\left(\frac{t_{total}}{l}\right)} + \log_{n_{all}}(n_i)}{2} \quad (5.4)$$

$$score_{4,i} = \frac{\frac{\frac{t_{total_i}}{l_i}}{\max\left(\frac{t_{total}}{l}\right)} + 0,5 * \log_{n_{all}}(n_i)}{1,5} \quad (5.5)$$

Die dritte und vierte Formel verwendet statt der durchschnittlichen Betrachtungsdauer und der absoluten Häufigkeit die Gesamtbetrachtungsdauer eines Musters. Auch diese wird wieder durch die Länge des Musters geteilt.

$$score_{5,i} = f_{norm,i} + \left(\frac{t_{avg_i}}{l_i}\right)_{norm} + n_{norm,i} \quad (5.6)$$

$$score_{6,i} = f_{norm,i} + \left(\frac{t_{avg_i}}{l_i}\right)_{norm} + 0,5 * n_{norm,i} \quad (5.7)$$

In den Scores fünf und sechs kommen nun die normierten Werte zum Einsatz. Hier werden wieder die durchschnittliche Betrachtungsdauer und absolute Häufigkeit des Musters verwendet. Auch in diesem Fall wird die durchschnittliche Betrachtungsdauer vor der Normierung durch die Länge des Musters geteilt.

$$score_{7,i} = \left(\frac{t_{total_i}}{l_i}\right)_{norm} + n_{norm,i} \quad (5.8)$$

$$score_{8,i} = \left(\frac{t_{total_i}}{l_i}\right)_{norm} + 0,5 * n_{norm,i} \quad (5.9)$$

Die letzten beiden Formeln verwenden die normierte Gesamtbetrachtungsdauer. Diese wurde vor der Normierung durch die Länge des Musters geteilt. Am Ende werden die Scores fünf bis acht normiert, damit sich alle Werte in dem Intervall  $[0, 1]$  befinden und sie besser untereinander vergleichbar sind. Wenn nur die Eye Tracking Eingabedatei von einer einzelnen Person ausgewertet werden soll, dann muss die Anzahl der Personen, bei denen das Muster gefunden wurde, nicht berücksichtigt werden. Die Logarithmusfunktion der ersten vier entwickelten Scores ist in diesem Fall nicht definiert. Außerdem kann in diesem Fall auch die Anzahl der Personen nicht geringer gewichtet werden. Im Anhang A.1 befinden sich die hierfür angepassten Formeln.

## 5.5 Benutzeroberfläche

In der Abbildung 6 ist die Benutzeroberfläche des Tools als Übersicht dargestellt. Mit den beiden Buttons in Bereich A hat der Nutzer die Möglichkeit, ein weiteres Fenster zu öffnen, in dem er entweder einzelne Eingabedateien oder einen ganzen Ordner mit Eingabedateien zum Hochladen auswählen kann. Neben den Buttons wird der Pfad der Eingabedateien angezeigt, der vom Benutzer ausgewählt wurde.

The screenshot shows the 'Eye Tracking Mustererkennung' application. It features a main window with a title bar and a menu bar. The interface is divided into several sections:

- A:** Input file selection area with buttons for 'RawMetrics-Datei öffnen' and 'Ordner mit RawMetrics-Dateien öffnen', and a text field showing the file path: '/Users/Davias4499/Library/Mobile Documents/com-apple-Clou...'
- B:** Filtering options section with checkboxes for 'Automatisch' and 'Betrachtungen unter dieser Dauer nicht berücksichtigen', and input fields for 'ms' and '%'. There are also checkboxes for 'Betrachtungen unter dieser prozentualen Grenze nicht berücksichtigen'.
- C:** Options section with input fields for 'Min. Länge:', 'Max. Länge:', 'Min. Häufigkeit:', and 'Min. Personenanzahl, bei denen das Muster auftritt:'. There are also checkboxes for 'Muster in folgenden Anwendungen suchen:' (Internet Explorer, IntelliJ IDEA) and 'Muster in folgenden Stimuli suchen:' (Tab 1, Tab 2, Project Structure, Code Editor).
- D:** Analysis controls section with buttons for 'Analyse starten' and 'Exportieren', and a progress bar labeled 'Fortschritt der Analyse:'.
- E:** Output table with columns: Muster, Länge, absolute Häufigkeit, Anteil der ersten AOI, durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms], Gesamtbetrachtungsdauer [in ms], Anzahl der Personen, and Score.

Muster	Länge	absolute Häufigkeit	Anteil der ersten AOI	durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms]	Gesamtbetrachtungsdauer [in ms]	Anzahl der Personen	Score
Header - Produktbild	2	2	1.0	1011.5	2023	1	0.7057
Produktbild - Kaufbutton	2	2	0.67	1188.0	2376	1	0.8288
Header - Produktbild - Kaufbutton	3	2	1.0	1535.5	3071	1	0.7142
Produktbild - Kaufbutton - Navig...	3	2	0.67	2150.0	4300	1	1.0
Header - Produktbild - Kaufbutto...	4	2	1.0	2497.5	4995	1	0.8712

Abbildung 6: Grafische Benutzeroberfläche der Anwendung

Im Bereich B wurden die Anforderungen R03 und R04 realisiert. Der Benutzer kann hier wählen, ob das Rauschen in den Daten automatisch gefiltert werden soll oder ob eine manuelle Filterung erfolgen soll. Wenn der Benutzer sich für eine manuelle Filterung entscheidet, dann schaltet die Anwendung die Auswahl zwischen der zeitlichen und prozentualen Grenze frei. Wenn sich der Benutzer für die zeitliche Grenze entscheidet, dann wird die Eingabe, welche in Millisekunden erfolgen muss, freigeschaltet. Andernfalls wird die Eingabe für eine prozentuale Grenze aktiviert.

Die Anforderungen R06, R07 und R08 wurden in dem Bereich C umgesetzt. Hier kann die minimale und maximale Länge des Musters, die minimale absolute Häufigkeit und die minimale Anzahl der Personen, bei denen das Muster vorkommen soll, angegeben werden. Wenn in den entsprechenden Feldern kein Wert vom Benutzer angegeben wird, greift das Tool auf Standardwerte zurück, mit denen möglichst alle Muster in den AOI-Sequenzen gefunden werden können. Die minimale Länge des Musters beträgt in diesem Fall zwei, da ein Muster mindestens aus zwei Symbolen besteht. Für die maximale Länge wurde der Wert 15 gewählt. In den meisten Fällen ist es unrealistisch, längere Muster zu finden und meistens sind diese

auch nicht relevant. Die minimale absolute Häufigkeit beträgt standardmäßig zwei, da eine Teilsequenz erst dann ein Muster ist, wenn sie mindestens zweimal in den Daten vorkommt. Ein Muster muss bei den Standardwerten mindestens bei einer Person vorkommen. In den anderen drei Bereichen werden alle in den Eingabedaten enthaltenen AOIs, Anwendungen und Stimuli aufgelistet. Bei den Stimuli steht dahinter in Klammern, zu welcher Anwendung sie gehören, und bei den AOIs steht dahinter, auf welchem Stimuli sie sich befinden. Der Benutzer kann hier auswählen, in welchen Anwendungen und Stimuli nach Mustern gesucht werden soll. Die AOIs, die mit einem Haken gekennzeichnet werden, müssen in den gefundenen Mustern vorkommen, und die AOIs, die mit einem Minus versehen werden, berücksichtigt die Anwendung bei der Mustersuche nicht.

Über den Bereich D lässt sich die Suche nach Mustern starten. Die Anforderung R12 wird mit dem Button „Exportieren“ erfüllt. Hierbei öffnet sich ein separates Fenster, in dem der Benutzer den Speicherort für die Ausgabedatei wählen kann. Anschließend wird die Datei erstellt und dort gespeichert. Im unteren Teil des Bereiches D wurde die Anforderung R13 realisiert. An dem Fortschrittsbalken kann der Benutzer erkennen, wie weit die Anwendung mit der Mustersuche ist.

Im letzten Bereich E befindet sich die Umsetzung der Anforderungen R09, R10 und R11. In dieser Tabelle werden die Muster mit den berechneten Parametern und ihrem Score ausgegeben.

# Kapitel 6

## Implementierung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Anwendung zur Mustersuche implementiert wurde. Entwickelt ist die Anwendung in der Programmiersprache Java (Version 15). Außerdem wurde das Build-Management Tool Maven verwendet. Dieses Tool ermöglicht es, eine ausführbare Datei der Anwendung zu erstellen und wird somit auch zur Umsetzung der Anforderung NR03, nach der die Anwendung auf allen gängigen Betriebssystemen ausführbar sein soll, verwendet. Im Abschnitt 6.1 werden die Libraries, die zusätzlich zu den Standardbibliotheken verwendet wurden, vorgestellt. Die Implementierung der Anwendung basiert auf dem Model-View-Controller (MVC) Design-Pattern. Die Architektur der Anwendung wird im Abschnitt 6.2 beschrieben.

### 6.1 Verwendete Libraries

Für die Implementierung des in Kapitel 5 beschriebenen Konzepts wurden neben den Standardbibliotheken der Programmiersprache die beiden Libraries JavaFX und OpenCSV verwendet.

Mit dem Framework JavaFX, in der Version 15.0.1 wurde die Benutzeroberfläche der Anwendung implementiert. JavaFX bietet viele graphische Komponenten, die mit unterschiedlichen Layouts angeordnet werden. Das Aussehen der Komponente lässt sich sowohl im Programmcode, als auch mit CSS anpassen [1].

Mit Hilfe der Library OpenCSV können Dateien im csv-Format verarbeitet werden. In der entwickelten Anwendung wurde die Version 5.4 eingesetzt. Die Anwendung liest die RawMetrics-Dateien mit dem CSVParser ein. Dieser braucht als Eingabe den Speicherort der Dateien und wandelt anschließend jede Zeile in ein Array aus Strings um. Außerdem ist es möglich, das Trennzeichen der csv-Datei anzugeben. Es können also auch Dateien, die nicht ein Komma als Trennzeichen verwenden, eingelesen werden. Für den Export der Muster und ihrer Parameter wird der CSVWriter verwendet. Er schreibt die einzelnen Zeilen, die auf der Benutzeroberfläche ausgegeben

werden, in eine csv-Datei und speichert sie an den vom Benutzer angegebenen Speicherort [2].

## 6.2 Architektur der Anwendung

In der Abbildung 7 ist das UML-Klassendiagramm der entwickelten Anwendung dargestellt. Es handelt sich dabei um eine vereinfachte Version, in der nur die wichtigsten Klassen, Methoden und Attribute abgebildet sind. Das vollständige Klassendiagramm befindet sich im Anhang A.4.

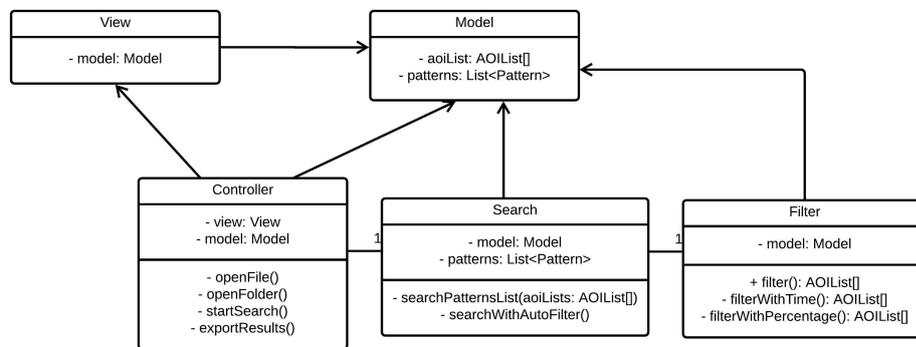


Abbildung 7: Vereinfachtes UML-Klassendiagramm der Anwendung

In dem UML-Klassendiagramm ist zu erkennen, dass bei der Implementierung das MVC Design-Pattern verwendet wurde. Bei diesem sind die drei Komponenten Model, View und Controller voneinander getrennt implementiert. Dies erleichtert es später, Änderungen und Wartungsarbeiten an der Software durchzuführen. Die Anforderung NR01 wird mit diesem Design-Pattern umgesetzt. Zusätzlich wurde der Programmcode ausführlich kommentiert, damit Änderungen einfach vorgenommen werden können.

In der Klasse View wurde die Benutzeroberfläche umgesetzt. Sie kennt die Klasse Model, in welcher sich die Daten befinden, die auf der Benutzeroberfläche angezeigt werden. Das Model speichert auch die AOI-Sequenzen (aoiList), in denen nach Mustern gesucht werden soll und die Liste mit den gefundenen Mustern (patterns). Darüber hinaus werden im Model auch die Eingaben des Benutzers, wie beispielsweise die minimale Länge eines Musters, abgelegt. Um diesen Vorgang kümmert sich die Klasse Controller. Sie verwaltet das Model und sorgt dafür, dass die Daten dort korrekt abgespeichert werden. Außerdem ist der Controller auch für Änderungen im View, die durch Benutzereingaben hervorgerufen werden können, verantwortlich.

Der Controller besitzt vier Hauptfunktionalitäten. Dazu zählen das Öffnen

einer oder mehrerer Eye Tracking Eingabedateien (openFile) und das Öffnen eines Ordners mit Eingabedateien (openFolder). Jede Eingabedatei wird dabei in ein AOIList-Objekt umgewandelt. Dieses Objekt besteht aus einer Liste aus AOIs und einer ID, mit der das Objekt der entsprechenden Eingabedatei zugeordnet wird. Aus jeder Zeile der Eingabedatei wird ein neues AOI Objekt mit seinem Namen, seiner Betrachtungsdauer, der Anwendung und dem Stimulus, auf dem es sich befindet, erstellt und zu der Liste hinzugefügt. Die AOIList-Objekt aller Eingabedateien werden zu einem Array zusammengefasst und im Model gespeichert.

Die Controller Klasse startet die Suche nach Mustern, welche von der Klasse Search durchgeführt wird. Die Klasse Search bezieht die AOI-Sequenzen für die Mustersuche aus dem Model. Bei der Suche wird unterschieden, ob die Anwendung die AOI-Sequenzen automatisch filtert (searchWithAutoFilter) oder ob der Benutzer vorher eine Filterart ausgewählt und eine Grenze für den Filter angegeben hat (searchPatterns).

Die Funktionen zur Filterung wurden in der Klasse Filter umgesetzt. Auch diese Klasse ist wieder mit dem Model verbunden, von dem sie die AOI-Sequenzen und die gewählten Grenzen für die Filterung bezieht. Der Filter kopiert die AOI-Sequenzen vor der Filterung, da die ursprünglichen Sequenzen aus den Eingabedateien nicht verändert werden dürfen, um sie für spätere Filterungen mit anderen Einstellungen wiederzuverwenden. Es wird zwischen der Filterung mit einer zeitlichen Grenze (filterWithTime) und einer prozentualen Grenze (filterWithPercentage) unterschieden. Nach der Filterung beginnt die Klasse Search mit der Mustersuche. Sie nutzt den in Abschnitt 5.3 entwickelten Algorithmus aus den beiden Ansätzen CMAP und GSP.

Die automatische Suche wurde, wie in Abschnitt 5.2 erklärt, implementiert. Sie nutzt aus der Filter Klasse die Filterung mit einer prozentualen Grenze. Die prozentuale Filtergrenze, bei der die Muster den höchsten durchschnittlichen Score besitzen, werden als Ergebnis ausgegeben.

Die Ergebnisse der Suche werden in einer Liste aus Pattern Objekten gespeichert. Diese Objekte enthalten alle berechneten Parameter der Muster, die auf der Benutzeroberfläche ausgegeben werden. Die Search Klasse lädt die Liste mit allen gefundenen Mustern in das Model und der Controller lädt diese anschließend in den View.

Die letzte Hauptfunktionalität des Controllers ist der Export der Ergebnisse (exportResults). Dabei wandelt der Controller die Liste mit den gefundenen Mustern aus dem Model in eine csv-Datei um und speichert sie an dem vom Benutzer ausgewählten Ort.



# Kapitel 7

## Evaluation

In diesem Kapitel werden zuerst die Eye Tracking Daten, die zum Test der Anwendung und für die Evaluation des Scores verwendet wurden, vorgestellt. Anschließend folgt eine Beschreibung der angewendeten Verfahren zum Test der Anwendung. Zum Schluss werden die entwickelten Scores evaluiert und der Score ausgewählt, der am besten die Relevanz der Muster bewertet.

### 7.1 Verwendete Eye Tracking Daten

Für den Test der Anwendung und die Evaluation des Scores wurden die Eye Tracking Aufnahmen aus der Studie von Lübke et al. [21] verwendet. Diese Studie hat sich mit dem Einfluss des Layouts auf die Verständlichkeit von BPMN Diagrammen befasst.

BPMN Diagramme stellen Geschäftsprozesse und Arbeitsabläufe einheitlich grafisch dar. Sie werden auch in der Softwareentwicklung eingesetzt, beispielsweise bei der Digitalisierung. Um Arbeitsabläufe zu digitalisieren, ist es wichtig, genau zu verstehen, wie diese ablaufen. Dies kann mit einem BPMN Diagramm dargestellt werden.

In der Abbildung 8 ist ein BPMN Diagramm aus der Studie abgebildet. Es enthält alle Grundelemente eines solchen Diagramms. Das Start-Event ist ein Ereignis, das den dargestellten Prozess auslöst. Ein solches Ereignis kann beispielsweise das Eintreffen einer Nachricht sein. Aufgaben, die während des Prozesses durchgeführt werden müssen, sind als Activities dargestellt. Der Sequence Flow, der die Reihenfolge der Activities vorgibt, kann durch Gateways aufgeteilt oder wieder zusammengeführt werden. Es gibt verschiedene Arten von Gateways. Das exclusive Gateway bildet einen Entscheidungspunkt ab. Von dort an kann nur einer der beiden Entscheidungspfade weiter verfolgt werden. Bei einem parallel Gateway werden alle Pfade verfolgt. Die nachfolgenden Activities können gleichzeitig ablaufen [23].

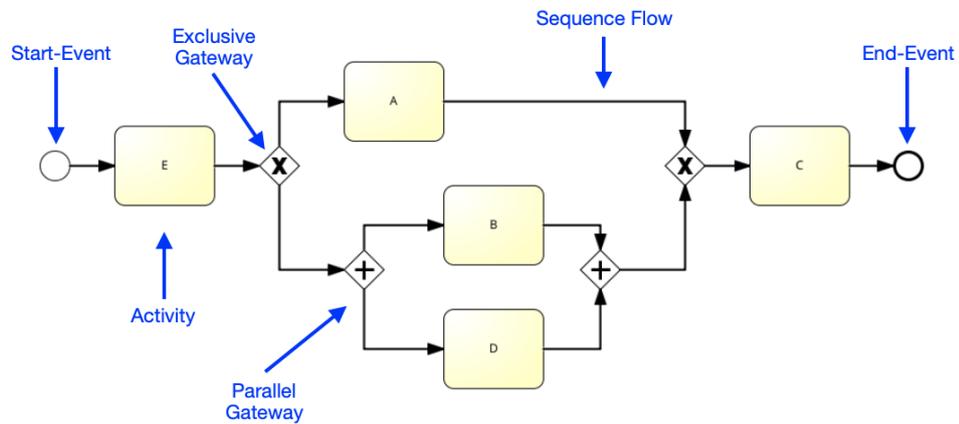


Abbildung 8: Ein BPMN Diagramm aus der Studie

Während der Studie sollten die Probanden BPMN Diagramme mit unterschiedlichen Layouts betrachten und dabei entscheiden, ob einzelne Aussagen über das Diagramm wahr oder falsch sind. An der Beantwortung der Fragen konnte erkannt werden, ob das Diagramm korrekt verstanden wurde. Während die Probanden die Diagramme betrachteten und die Fragen beantworteten, wurden ihre Augenbewegungen mit dem Eye Tracker SMI Red M aufgenommen. In der Abbildung 9 ist der aufgezeichnete Scanpath von einem der Probanden abgebildet.

In den Scanpaths soll nach Mustern gesucht werden, um besser verstehen zu können, wie und in welcher Reihenfolge die Diagramme betrachtet werden, um die Fragen zu beantworten. Das Ziel ist es, mit den gefundenen Mustern das Layout der BPMN Diagramme zu verbessern. Wenn häufig AOIs in den Mustern vorkommen, die eigentlich nicht für die Beantwortung der Frage relevant sind, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass das Layout an dieser Stelle verbessert werden sollte.

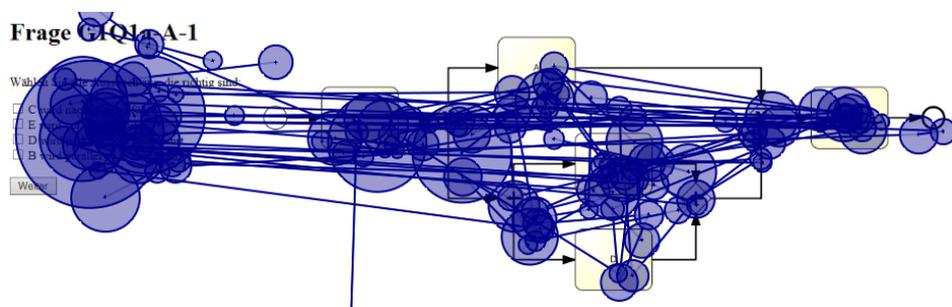


Abbildung 9: BPMN Diagramm (G1Q1a-A-1) mit aufgezeichnetem Scanpath

## 7.2 Test der Anwendung

In diesem Abschnitt wird die Umsetzung der Anforderungen NR02 und NR03 beschrieben. Die Anforderung NR02 besagt, dass alle vorhandenen Muster gefunden und die zugehörigen Parameter korrekt berechnet werden müssen. Es wurden mehrere Verfahren angewandt, um dies zu überprüfen. Schon während der Entwicklung der Anwendung wurden JUnit Tests geschrieben. JUnit ist ein Test-Framework, welches es ermöglicht, Methoden und Klassen automatisiert zu testen. Es kam die Version JUnit 5 zum Einsatz. Mit Hilfe dieser Tests ist es möglich, Fehler in der Anwendung früh zu erkennen, da sie häufig und automatisch ausgeführt werden können. Außerdem können sie schnell überprüfen, ob die Anwendung nach dem Einfügen von Änderungen noch korrekt funktioniert [30].

Das Ziel war es, für alle Methoden JUnit Tests zu schreiben, um eine vollständige Testabdeckung zu gewährleisten. Dies ist aber nur teilweise gelungen (siehe Code Coverage Report im Anhang A.2). In den Klassen, die keine vollständige Testabdeckung aufweisen, wurde die Benutzeroberfläche implementiert. Diese kann nicht mit JUnit getestet werden. Es gibt zwar die Möglichkeit TestFX, eine Erweiterung für JUnit, mit der JavaFX Anwendungen getestet werden, einzusetzen. Allerdings können damit nur selbst erstellte Benutzeroberflächen getestet werden. Das Öffnen einer Eye Tracking Eingabedatei und das Exportieren der Ergebnisse können damit nicht überprüft werden. Die Methoden, in denen keine Teile der Benutzeroberfläche implementiert wurden, sind alle komplett durch JUnit Tests abgedeckt, und diese lassen sich erfolgreich durchführen. Dabei wurde darauf geachtet, dass auch mögliche Randfälle abgedeckt sind.

Da die Testung der Benutzeroberfläche nicht mit JUnit Tests erfolgen kann, wird diese mit manuellen Tests durchgeführt. Im Anhang A.3 befindet sich die genaue Dokumentation der Tests. Diese enthalten auch die Überprüfung der Anforderung NR03, nach der die Anwendung auf verschiedenen Betriebssystemen einfach installierbar und ausführbar sein soll. Alle Tests konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Im letzten Schritt findet die Überprüfung des Algorithmus zur Mustersuche statt. Es soll sichergestellt werden, dass die Anwendung alle vorhandenen Muster findet und die dazugehörigen Parameter korrekt berechnet. Dafür wird die Suche nach Mustern und die Berechnung der Parameter manuell durchgeführt und anschließend mit den von der Anwendung berechneten Ergebnissen verglichen.

Als Erstes wird die Eye Tracking Aufzeichnung (siehe Tabelle A.5) eines Probanden, der das BPMN Diagramm aus Abbildung 8 betrachtete, manuell ausgewertet. Dabei werden die Standardsucheinstellungen verwendet. Ein Muster muss also zwischen zwei und 15 AOIs lang sein und mindestens zweimal vorkommen. Die AOI-Sequenz wird nicht gefiltert, aber die AOI „AOIWhite Space“ bei der Suche nicht berücksichtigt. In der Tabelle

A.5 befindet sich die manuelle Auswertung und in der Tabelle A.7 die Ergebnisse der Anwendung. Es ist zu erkennen, dass die gefundenen Muster und berechneten Parameter bei der manuellen Suche und der von der Anwendung durchgeführten Suche gleich sind. Für eine einzelne Eingabedatei hat die Anwendung korrekt funktioniert.

Zusätzlich wurde die Mustersuche mit mehreren Eingabedateien (siehe Tabelle A.2, A.3 und A.4) kontrolliert. Dafür wird ein Ordner mit drei Eye Tracking Dateien manuell und mit der Anwendung ausgewertet. Die Dateien stammen von drei unterschiedlichen Probanden, die ebenfalls das BPMN Diagramm aus Abbildung 8 betrachtet haben. Auch hier erfolgt die Suche wieder unter Ausschluss des „AOIWhite Space“ . Die AOI-Sequenzen werden mit einer zeitlichen Grenze von 200 ms gefiltert. Außerdem sollen nur Muster, die zwischen drei und sechs AOIs lang sind, mindestens dreimal vorkommen und bei mindestens zwei Personen zu finden sind, ausgegeben werden. In der Tabelle A.6 befindet sich die manuell erstellte Auswertung und in der Tabelle A.8 die von der entwickelten Anwendung erstellte Auswertung. Auch in diesem Fall ist zu erkennen, dass die gefundenen Muster und berechneten Parameter gleich sind. Die Anwendung funktioniert also sowohl für eine einzelne als auch für mehrere Eingabedateien korrekt.

### 7.3 Evaluation der Scores

In diesem Abschnitt wird evaluiert, welche der im Abschnitt 5.4 entwickelten Formeln für den Score sich am besten eignen, um die Relevanz der Muster zu beschreiben. Die jeweils zwei zusammengehörigen Ansätze für den Score werden miteinander verglichen.

Für die Evaluation werden die elf zur Verfügung stehenden Eye Tracking Dateien des in Abbildung 8 dargestellten BPMN Diagramms mit der Anwendung ausgewertet. Um sehr kurze, nicht relevante Betrachtungen von AOIs nicht zu berücksichtigen, wird eine prozentuale Filtergrenze von 25 % eingesetzt. Es sollen möglichst alle Muster gefunden werden. Aus diesem Grund wird auf die Standardwerte für die Filterung der gefundenen Muster zurückgegriffen. Die „AOIWhite Space“ wird auch hier nicht berücksichtigt. Für alle gefundenen Muster werden die acht Scores berechnet. Die gesamte Auswertung befindet sich in der Tabelle A.9.

Zuerst wird manuell beurteilt, welche der gefundenen Muster relevant sind, um im Anschluss evaluieren zu können, welcher der Scores das beste Ergebnis liefert. Dafür wird jeder Parameter, der bei der Berechnung verwendet wird, einzeln betrachtet und die jeweils höchsten Werte unterstrichen und rot eingefärbt. Je mehr Markierungen ein Muster hat, desto höher soll auch der Score sein.

Die absolute Häufigkeit eines Musters wird getrennt nach den Längen

der Muster bewertet. Die meisten gefundenen Muster bestehen aus zwei oder drei AOIs. Für die beiden Längen werden jeweils die fünf höchsten Häufigkeiten markiert. Muster, die aus vier AOIs bestehen, gibt es deutlich weniger. Aus diesem Grund wurden nur noch die drei höchsten Werte als relevant markiert. Bei den Mustern der Länge fünf wurden nur die mit der höchsten Anzahl markiert, da hiervon abermals weniger auftraten. Die zwei gefundenen Muster aus sechs AOIs sind auf Grund ihrer geringen Anzahl nicht als relevante Muster markiert.

Die beiden Parameter durchschnittliche Betrachtungsdauer und Gesamtbetrachtungsdauer sind in den Formeln durch die Länge dividiert. Sie müssen somit nicht getrennt nach den einzelnen Längen betrachtet werden. Für beide Parameter werden die 15 längsten Dauern markiert.

Der letzte Parameter, die Anzahl der Personen, bei denen das Muster gefunden wurde, wird wieder getrennt nach den unterschiedlichen Längen der Muster bewertet. Da hier die Zahlen deutlich kleiner sind als bei der Anzahl der Muster, werden für die beiden Längen zwei und drei nur die drei höchsten Anzahlen an Personen markiert. Für Muster der Länge vier werden nur noch die beiden höchsten Werte als besonders relevant markiert und bei der Länge fünf nur das Muster mit der höchsten Anzahl. Die beiden Muster, die sechs AOIs lang sind, kamen nur bei zwei bzw. einer Person vor. Da dies im Vergleich zu den anderen als relevant markierten Mustern sehr wenig ist, wird hier kein Muster der Länge sechs als relevant markiert.

Anhand der im Voraus manuell bestimmten relevanten Muster, ist zu erkennen, dass die Scores fünf bis acht zwar die relevanten Muster mit einem höheren Score bewerten als die nicht relevanten Muster, aber die Werte sind im Vergleich zu den Werten der Scores eins bis vier für dieselben Muster deutlich kleiner (siehe Tabelle A.9). Der höchste Score, der bei den Formeln eins bis vier erreicht wurde, ist 1 in den Scores drei und vier. Bei den Formeln fünf bis acht ist der höchste erreichte Score 0,3381 im Score sieben. Beide Werte stammen vom selben Muster. Für den Benutzer erwecken die Scores, die mit der Normierung arbeiten, den Anschein, dass keine relevanten Muster gefunden wurden, da die Werte klein sind und die gesamte Länge des Intervalls  $[0, 1]$  nicht ausfüllen.

Die kleinen Werte sind auf die Normierung zurückzuführen. Für sie gilt:  $\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2} = 1$ . Je mehr Werte es gibt, desto kleiner müssen sie sein, damit die Formel erfüllt ist. In den elf Eye Tracking Dateien wurden 287 Muster gefunden. Dementsprechend müssen jeweils 287 Werte normiert werden, wodurch die kleinen Werte entstehen. Die Scores, welche die Normierungen einsetzen, sind also vor allem für die Fälle, bei denen viele Muster gefunden wurden, nicht besonders gut geeignet. Je weniger Muster gefunden werden, desto bessere Ergebnisse liefern diese Scores. In der Tabelle A.16 ist die Auswertung einer einzelnen Eingabedatei dargestellt. In diesem Fall weisen die Scores mit Normierung höhere Werte auf. Vor

allem bei Studien werden aber meistens viele Eye Tracking Aufnahmen von verschiedenen Probanden ausgewertet, sodass sich die Scores fünf bis acht nicht gut dafür eignen. Im Folgenden werden nur noch die Scores eins bis vier betrachtet.

Nun werden die Scores eins und zwei, die mit der durchschnittlichen Betrachtungsdauer und der absoluten Häufigkeit arbeiten mit den Scores drei und vier, die mit der Gesamtbetrachtungsdauer arbeiten, verglichen. Bei den ersten beiden Scores (siehe Tabelle 7.1) fällt auf, dass unter den zehn höchst bewerteten Mustern sich nur zwei befinden, bei denen der Parameter, durchschnittliche Betrachtungsdauer dividiert durch die Länge des Musters, manuell als relevant markiert ist. Dies würde dafür sprechen, dass die gefundenen Muster nicht relevant sind.

Muster	f	$\frac{t\_avg}{l}$ [in ms]	$\frac{t\_avg}{l}$	t_total [in ms]	$\frac{t\_total}{l}$	n	Score 1 (Platz)	Score 2 (Platz)
AOIQuestions - AOIB	<u>36</u>	2571,94	1285,97	92590	<u>46295</u>	<u>11</u>	0,8535 (1)	0,8242 (1)
AOIQuestions - AOIE	<u>27</u>	2643,7	1321,85	71380	<u>35690</u>	<u>11</u>	0,7753 (2)	0,7304 (2)
AOIB - AOIQuestions	<u>24</u>	2617,54	1308,77	62821	<u>31410,5</u>	<u>10</u>	0,7324 (3)	0,6868 (3)
AOIC - AOIQuestions	18	2947,56	1473,78	53056	<u>26528</u>	<u>9</u>	0,6862 (4)	0,6401 (4)
AOIB - AOID	<u>28</u>	723,75	361,875	20265	<u>10132,5</u>	<u>10</u>	0,6319 (5)	0,5662 (7)
AOIE - AOIQuestions	18	2318,94	1159,47	41741	<u>20870,5</u>	8	0,6241 (6)	0,5755 (5)
AOIB - AOIQuestions - AOIB	<u>14</u>	4035,5	1345,17	56497	<u>18832,33</u>	<u>8</u>	0,6141 (7)	0,5635 (8)
AOIAND_split - AOIQuestions	10	3178,8	<u>1589,4</u>	31788	<u>15894</u>	8	0,6125 (8)	0,5616 (9)
AOIQuestions - AOID	11	3301,18	<u>1650,59</u>	36313	<u>18156,5</u>	7	0,6121 (9)	0,5722 (6)
AOIA - AOIQuestions	10	2923,2	1461,6	29232	<u>14616</u>	6	0,5540 (10)	0,5153 (10)

Tabelle 7.1: Die zehn höchst bewerteten Muster des ersten und zweiten Scores

Wenn nun aber auch die Parameter absolute Häufigkeit, Gesamtbetrachtungsdauer und Anzahl der Personen betrachtet werden, dann fällt auf, dass die Muster durchaus relevant sind. In der Tabelle A.10 sind die für den Parameter durchschnittliche Betrachtungsdauer dividiert durch die Länge des Musters, als relevant markierte Muster zu finden. Diese traten im Durchschnitt nur 4,13 mal auf, und sieben von ihnen kamen nur zweimal vor. Die absolute Häufigkeit der Muster ist also sehr gering. Gleiches gilt für die Personenanzahl. Hier sind die Muster bei durchschnittlich 3,33 Personen aufgetreten, und acht der 15 Muster kamen nur bei zwei oder weniger Personen vor. Dies spricht dafür, dass der

Parameter, durchschnittliche Betrachtungsdauer dividiert durch die Länge des Musters, nicht dabei hilft, relevante Muster zu finden.

Im Gegensatz dazu befinden sich in der Tabelle A.11, die für den Parameter Gesamtbetrachtungsdauer dividiert durch die Länge, als relevant markierten Muster. Hier haben wir mit 16,2 eine deutlich höhere durchschnittliche absolute Häufigkeit. Auch die durchschnittliche Anzahl der Personen, bei denen das Muster gefunden wurde, ist mit 9,01 deutlich höher. Dieser Parameter scheint also besser geeignet zu sein, um relevante Muster zu finden. Trotzdem wurden mit den Scores, welche die durchschnittliche Betrachtungsdauer nutzen, auch relevante Muster gefunden. Aus diesem Grund sollen im Folgenden die zehn jeweils höchst bewerteten Muster der vier Scores verglichen werden. Diese sind im Anhang A.10 zu finden. Die vier höchst bewerteten Muster sind bei allen vier Scores gleich.

Bei den Scores eins und zwei (siehe Tabelle 7.1) unterscheidet sich die Reihenfolge der Muster auf den Plätzen fünf bis neun. Das Muster AOIB - AOID hat eine verhältnismäßig kurze Betrachtungsdauer. Bei dem Score eins befindet es sich aber trotzdem vor den beiden Mustern AOIE - AOIQuestions und AOIQuestions - AOID, welche eine deutlich höhere Betrachtungsdauer besitzen. Allerdings tritt das Muster AOIB - AOID dafür häufiger auf.

Die Betrachtungsdauer sagt mehr über die Relevanz eines Musters aus als die absolute Häufigkeit, da ein Muster, welches nicht so häufig auftrat, aber dafür sehr lange betrachtet wurde, beispielsweise für die Auswertung einer Studie interessanter ist. Bei diesen Mustern muss untersucht werden, warum sie länger betrachtet wurden als andere Muster. Somit eignet sich der Score zwei also besser, um die Relevanz eines Musters zu bewerten.

Nun wird der zweite Score mit dem dritten und vierten verglichen. Auch hier werden wieder die zehn höchst bewerteten Muster untersucht. Die ersten fünf Muster sind bei allen drei Scores identisch. In der Tabelle 7.2 sind die Muster, deren Reihenfolge sich bei diesen drei Scores unterscheidet, abgebildet.

Muster	f	t_avg [ms]	t_total [ms]	n	Score 2 (Platz)	Score 3 (Platz)	Score 4 (Platz)
AOIB - AOIQuestions - AOIB	<u>14</u>	1345,17	<u>18832,33</u>	<u>8</u>	0,5635 (8)	0,6370 (6)	0,5603 (6)
AOIQuestions - AOID	11	<u>1650,59</u>	<u>18156,5</u>	7	0,5722 (6)	0,6018 (8)	0,5320 (7)
AOIAND_split - AOIQuestions	10	<u>1589,4</u>	<u>15894</u>	8	0,5616 (9)	0,6053 (7)	0,5179 (8)
AOIB - AOID	<u>28</u>	361,86	<u>10132,5</u>	<u>10</u>	0,5662 (7)	0,5896 (9)	0,4660 (9)

Tabelle 7.2: Muster, deren Reihenfolge sich bei den Scores zwei, drei und vier unterscheiden

Bei den Scores drei und vier befinden sich die beiden Muster AOIB - AOIQuestions - AOIB und AOIAND\_split - AOIQuestions auf einem höheren Platz, als das Muster AOIB - AOID. Im zweiten Score ist dies nicht der Fall. Die Betrachtungsdauern bei den beiden Mustern AOIB - AOIQuestions - AOIB und AOIAND\_split - AOIQuestions sind deutlich länger als beim Muster AOIB - AOID. Aber dieses Muster besitzt eine höhere absolute Häufigkeit. Hier tritt also wieder der gleiche Sachverhalt auf wie bei dem Vergleich der Scores eins und zwei. Die beiden Scores drei und vier eignen sich besser, um die Relevanz zu bewerten, da sie die Betrachtungsdauer stärker gewichten.

Zum Abschluss müssen die Scores drei und vier verglichen werden. Der vierte Score eignet sich am besten, um die Relevanz eines Musters zu beschreiben, da hier die Muster mit einer längeren Betrachtungsdauer eine höhere Platzierung haben. Ein Beispiel dafür sind die beiden Muster AOIQuestions - AOID und AOIAND\_split - AOIQuestions, welche auf den Plätzen sieben und acht vertauscht sind. Das Muster AOIQuestions - AOID ist häufiger aufgetreten und besitzt eine längere Betrachtungsdauer als das Muster AOIAND\_split - AOIQuestions, dafür ist dieses bei einer Person mehr aufgetreten. Beim Score vier befindet sich das Muster AOIQuestions - AOID vor dem Muster AOIAND\_split - AOIQuestions. Dieser Score eignet sich somit am besten, um die Relevanz der Muster zu beurteilen. Die Formel für den vierten Score wurde in die Anwendung implementiert.

Im Folgenden werden die Muster aus den Eye Tracking Aufzeichnungen von einem weiteren BPMN Diagramm (siehe Abbildung 10) genauer betrachtet. In den Aufzeichnungen der elf Probanden wurde mit der automatischen Filterung auf Grundlage des vierten Score nach Mustern gesucht. Bei den gefundenen Mustern, des vorherigen Diagramms fällt auf, dass die meisten Muster mit einem hohen Score die AOI „AOIQuestions“ enthalten. Dies liegt daran, dass diese AOI einen größeren Flächeninhalt hat als die AOIs der Activities und Gateways des BPMN Diagramms. Außerdem hat diese AOI durch den Text der Aussagen zu dem Diagramm mehr Inhalt als die anderen AOIs. Die Probanden betrachten sie also länger, um den gesamten Inhalt erfassen zu können. Die Mustersuche wurde unter Ausschluss des AOI „AOIQuestions“ durchgeführt, um nur die Muster, die sich auf dem BPMN Diagramm selbst befinden, auswerten zu können. Alle gefundenen Muster und die dazugehörigen Parameter sind in der Tabelle A.17 zu finden.

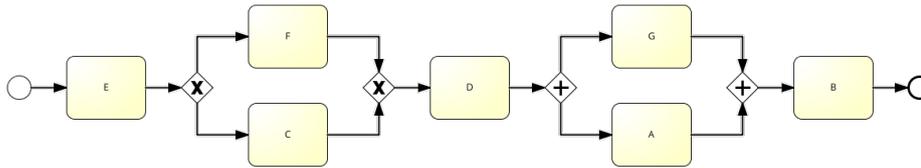


Abbildung 10: BPMN Diagramm (G2Q2a-A-1) für die Mustersuche mit automatischer Filterung

Als erstes fällt auf, dass die meisten Muster mit einem hohen Score aus zwei AOIs bestehen. Außerdem befinden sich diese beiden AOIs meist in unmittelbarer Nähe in dem BPMN Diagramm. Es gibt also wenige große Blicksprünge. Eine Ausnahme bildet hier das Muster AOIE - AOID, welches mit einem Score von 0,7061 das viert relevanteste Muster ist. Diese beiden AOIs sind in dem Diagramm verhältnismäßig weit voneinander entfernt. Dieses Muster tritt auf, da eine der Aussagen, die die Probanden beantworten sollten, lautet: „D wird nach E ausgeführt“. Die Probanden mussten also die beiden Activities D und E anschauen, um zu entscheiden, ob die Aussage wahr oder falsch ist.

Hier stellt sich nun die Frage, ob die Activities, die in den anderen Aussagen vorkommen, auch zusammen angeschaut werden. Für die ersten beiden Aussagen trifft dies zu. Die erste Aussage bezieht sich auf die Activities A und G. Die beiden daraus resultierenden Muster AOIA - AOIG und AOIG - AOIA haben mit 0,4991 und 0,5960 verhältnismäßig hohe Scores. Selbiges gilt für die zweite Aussage, in der die Activities C und F erwähnt werden. Die daraus entstehenden Muster AOIC - AOIF und AOIF - AOIC haben mit 0,8320 und 0,6196 ebenfalls hohe Scores. Für die dritte Aussage setzt sich dies nicht fort. Die beiden zu dieser Aussage gehörenden Muster AOIB - AOIE und AOIE - AOIB haben mit 0,2784 und 0,5574 niedrige Scores und wurden auch nur jeweils dreimal gefunden. Die Activity E befindet sich direkt am Anfang und die Activity B am Ende des Diagramms. Die dazugehörigen AOIs liegen also sehr weit auseinander. Die Vermutung liegt nahe, dass auf dem Weg von dem einen zum anderen AOI noch andere AOIs betrachtet wurden, da diese sehr weit auseinander liegen.

Aber auch einige andere Muster, die sich nicht direkt von den Aussagen ableiten lassen, wurden mit einem hohen Score bewertet. Eine genaue Betrachtung der Parameter zeigt, dass die Vergabe eines hohen Scores für diese Muster berechtigt ist. Das mit einem Score von 0,9372 am höchsten bewertete Muster AOID - AOIG sticht besonders hervor. Hier müsste untersucht werden, warum diese Muster so häufig vorkommen und lange betrachtet wurden und ob aus diesen Erkenntnissen mögliche Layoutverbesserungen abgeleitet werden können. Es kann aber auch sein, dass diese AOIs zusammen angeschaut wurden, um eine komplette Übersicht

über das BPMN Diagramm zu erhalten, da dies auch wichtig ist, um entscheiden zu können, ob die Aussagen wahr oder falsch sind.

## Kapitel 8

# Zusammenfassung und Ausblick

### 8.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde eine Anwendung entwickelt, die in Eye Tracking Aufzeichnungen Muster aus AOIs findet. Mit Hilfe dieser Muster ist es möglich zu verstehen, wie ein Benutzer mit einer Software arbeitet. Daraus kann die Benutzeroberfläche der Software verbessert werden. Aber auch das Layout von Modellen wie BPMN Diagrammen kann mit den Erkenntnissen aus der Mustersuche optimiert werden. Es erfordert einen hohen Arbeitsaufwand, in den Eye Tracking Daten manuell Muster zu finden. Die entwickelte Anwendung reduziert diesen Arbeitsaufwand deutlich.

Für die Umsetzung wurde zuerst eine Anforderungsanalyse erstellt und anschließend ein Konzept entworfen, das die Umsetzung der Anforderungen beschreibt. Die Anwendung bietet die Möglichkeit, Noise, welcher durch kurze und unbewusste Blicksprünge des Betrachtenden entsteht, manuell oder automatisch zu filtern, da in den Mustern nur AOIs enthalten sein sollen, die aktiv und bewusst betrachtet wurden.

Der GSP Algorithmus von Srikanth und Agrawal [32] und die CMAP von Fournier-Viger et al. [14] aus dem Bereich des Sequential Pattern Minings wurden zu einem neuen Algorithmus kombiniert, der die Muster in den Eye Tracking Aufzeichnungen findet. Außerdem werden weitere Parameter wie die Betrachtungsdauer und Häufigkeit der Muster berechnet, um eine genaue Analyse zu ermöglichen. Die Anwendung bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, die gefundenen Muster zu filtern. Es kann beispielsweise angegeben werden, welche AOIs in den Mustern enthalten sein müssen.

Für jedes Muster wird ein Score berechnet, der dessen Relevanz beschreibt. So kann schnell erkannt werden, welche Muster am wichtigsten sind. Es wurden mehrere Formeln für den Score entwickelt. Die Evaluation hat gezeigt, dass sich der Score, welcher mit der Gesamtbetrachtungsdauer und

einer verringerten Gewichtung der Personenanzahl, bei denen das Muster zu finden war, am besten zur Beschreibung der Relevanz eignet.

Die Anwendung wurde ausführlich getestet, um sicherzustellen, dass alle Muster gefunden und die dazugehörigen Parameter korrekt berechnet werden. Im Vergleich zu bereits bestehenden Arbeiten auf diesem Gebiet, bietet die Anwendung den Vorteil, dass die in den Daten enthaltene Noise gefiltert wird, eine Vielzahl an Filtermethoden für die gefundenen Muster zur Verfügung stehen und mittels des Scores schnell erkannt werden kann, welche Muster besonders relevant sind.

## 8.2 Ausblick

Die Anwendung kann durch das Hinzufügen neuer Funktionen weiter ausgebaut und verbessert werden. Während der Evaluation des Scores ist aufgefallen, dass AOIs mit einer größeren Fläche und mehr Inhalten länger betrachtet werden, als kleinere AOIs mit weniger Inhalt. Im Kontext der BPMN Diagramme bildet der Bereich, in dem die Fragen zu dem Diagramm stehen, eine große AOI mit viel Inhalt. Im Vergleich dazu ist eine einzelne Activity eine kleine AOI mit weniger Inhalt. Aufgrund der längeren Betrachtungsdauer bewertet die Anwendung Muster, die eine große AOI enthalten, mit einem höheren Score. Hier ist es sinnvoll, die Größe und die Komplexität des Inhaltes der AOIs mit in die Berechnung des Score einfließen zu lassen. Ein Muster, dessen AOIs mehr Inhalt besitzen und der Betrachter somit länger braucht, um diesen zu erfassen, muss nicht zwangsläufig relevanter sein, als ein Muster, dessen AOIs weniger Inhalt besitzen und schneller vom Betrachter verarbeitet werden können.

Mit der Berücksichtigung der Größe und Komplexität der AOIs können auch weitere Parameter berechnet werden, die eine noch bessere Analyse der Muster ermöglichen. Ein Beispiel dafür wäre, die Gesamtbetrachtungsdauer eines Musters in Verhältnis zur Größe der im Muster enthaltenen AOIs zu setzen. Der Vorteil hierbei wäre, dass besser erkannt werden kann, ob die AOIs eines Musters vom Betrachter länger angeschaut wurden, weil sie für ihn besonders interessant sind und ihm beim Erreichen seines Ziels helfen oder weil er aufgrund der Größe und des Inhalts länger brauchte, um sie komplett zu erfassen.

Außerdem wäre die Integration einer Visualisierung der gefundenen Muster hilfreich. Hierfür könnte auf einem Foto des Stimulus die gefundenen Muster oder nur einzelne, ausgewählte Muster eingezeichnet werden. Dies ermöglicht eine bessere Vorstellung darüber, wo sich die Muster auf dem Stimulus befinden. Für die Verbesserung von Layouts wäre dies ebenfalls hilfreich, da so direkt mit den gefundenen Mustern und dem Stimulus überprüft werden kann, wie sich die Elemente der AOIs besser anordnen lassen, damit der Benutzer schneller und einfacher sein Ziel erreicht.

# Anhang A

## Anhang

### A.1 Formeln für die Berechnung der Scores mit einer Eingabedatei

Angepasste Formel für die Score 1 und 2, wenn nur in der Eye Tracking Aufzeichnung von einer Person nach Mustern gesucht werden soll:

$$score_{1,2;i} = \frac{\frac{f_i}{\max(f)} + \frac{\frac{t\_avg_i}{l_i}}{\max\left(\frac{t\_avg}{l}\right)}}{2} \quad (\text{A.1})$$

Angepasste Formel für die Score 3 und 4, wenn nur in der Eye Tracking Aufzeichnung von einer Person nach Mustern gesucht werden soll:

$$score_{3,4;i} = \frac{\frac{t\_total_i}{l_i}}{\max\left(\frac{t\_total}{l}\right)} \quad (\text{A.2})$$

Angepasste Formel für die Score 5 und 6, wenn nur in der Eye Tracking Aufzeichnung von einer Person nach Mustern gesucht werden soll:

$$score_{5,6;i} = f_{norm,i} + \left(\frac{t\_avg_i}{l_i}\right)_{norm} \quad (\text{A.3})$$

Angepasste Formel für die Score 7 und 8, wenn nur in der Eye Tracking Aufzeichnung von einer Person nach Mustern gesucht werden soll:

$$score_{7,8;i} = \left(\frac{t\_total_i}{l_i}\right)_{norm} \quad (\text{A.4})$$

## A.2 Code Coverage Report

<b>Klasse</b>	<b>Klasse, %</b>	<b>Methode, %</b>	<b>Zeile, %</b>
View	0 % (0/1)	0 % (0/29)	0 % (0/281)
NumericTextField	0 % (0/1)	0 % (0/2)	0 % (0/3)
ListCheckBox	0 % (0/1)	0 % (0/6)	0 % (0/59)
Pattern	100 % (1/1)	100 % (26/26)	100 % (54/54)
Model	100 % (1/1)	100 % (37/37)	100 % (58/58)
AOIList	100 % (1/1)	100 % (8/8)	100 % (58/58)
AOI	100 % (1/1)	100 % (17/17)	100 % (25/25)
Search	50 % (1/2)	73,7 % (14/19)	72,9 % (137/188)
Filter	100 % (1/1)	100 % (11/11)	100 % (76/76)
Controller	0 % (0/1)	0 % (0/12)	100 % (0/179)
MainApp	0 % (0/1)	0 % (0/3)	0 % (0/5)
Main	0 % (0/1)	0 % (0/2)	0 % (0/2)

Tabelle A.1: Code Coverage der JUnit Tests

### A.3 Testfälle

Im Folgenden werden die manuellen Testfälle beschrieben, mit denen alle Aspekte der entwickelten Anwendung getestet werden, die nicht mit den JUnit Test überprüft werden können.

Mit den ersten drei Tests soll die Anforderung NR03 überprüft werden. Die Anwendung soll auf den drei Betriebssystemen Windows, MacOS und Linux einfach ausführbar sein.

Testfall 1: Ausführung der Anwendung auf Windows

<b>Setup:</b> Auf dem Computer läuft das Betriebssystem Windows und Java 15 ist installiert. Die auf dem USB-Stick mitgelieferte Datei „ba-gaze-patterns.jar“ befindet sich auf dem Computer.	
<b>Eingabe</b>	<b>Soll-Ausgabe</b>
Es wird ein Doppelklick auf die Datei „ba-gaze-patterns.jar“ ausgeführt.	Die Anwendung wird gestartet, und die Benutzeroberfläche ist zu sehen.
Es wird auf das Schließen-Symbol (ein X rechts oben in der Ecke) geklickt.	Die Anwendung wird geschlossen, und die Benutzeroberfläche ist nicht mehr zu sehen.

Testfall 2: Ausführung der Anwendung auf MacOS

<b>Setup:</b> Auf dem Computer läuft das Betriebssystem MacOS und Java 15 ist installiert. Die auf dem USB-Stick mitgelieferte Datei „ba-gaze-patterns.jar“ befindet sich auf dem Computer.	
<b>Eingabe</b>	<b>Soll-Ausgabe</b>
Es wird ein Doppelklick auf die Datei „ba-gaze-patterns.jar“ ausgeführt.	Die Anwendung wird gestartet, und die Benutzeroberfläche ist zu sehen.
Es wird auf das Schließen-Symbol (ein X links oben in der Ecke) geklickt.	Die Anwendung wird geschlossen, und die Benutzeroberfläche ist nicht mehr zu sehen.

## Testfall 3: Ausführung der Anwendung auf Linux

<b>Setup:</b> Auf dem Computer läuft das Betriebssystem Linux (Ubuntu) und Java 15 ist installiert. Die auf dem USB-Stick mitgelieferte Datei „ba-gaze-patterns.jar“ befindet sich auf dem Computer.	
<b>Eingabe</b>	<b>Soll-Ausgabe</b>
Es wird ein Doppelklick auf die Datei „ba-gaze-patterns.jar“ ausgeführt.	Die Anwendung wird gestartet, und die Benutzeroberfläche ist zu sehen.
Es wird auf das Schließen-Symbol (ein X rechts oben in der Ecke) geklickt.	Die Anwendung wird geschlossen, und die Benutzeroberfläche ist nicht mehr zu sehen.

Die nächsten Testfälle beschäftigen sich mit dem Test der Benutzeroberfläche, da diese nicht mit den JUnit Tests überprüft werden kann. Die Filterung, Mustersuche und Berechnung der Parameter wurde bereits mit den JUnit Test überprüft und stehen somit nicht im Vordergrund bei diesen Tests.

## Testfall 4: Test mit einer einzelnen RawMetrics-Eingabedatei

<b>Setup:</b> Die Anwendung wurde durch einen Doppelklick auf die Datei „ba-gaze-patterns.jar“ gestartet, und die Benutzeroberfläche ist zu sehen. Die auf dem USB-Stick mitgelieferte Datei „test_einzelne_eingabedatei.csv“ befindet sich auf dem Computer.	
<b>Eingabe</b>	<b>Soll-Ausgabe</b>
Es wird auf den Button „RawMetrics-Datei öffnen“ geklickt.	Ein Fenster öffnet sich, in dem der Speicherort der zu öffnenden Datei ausgewählt werden kann.

<p>Die Datei „test_einzelne_eingabedatei.csv“ wird ausgewählt und auf den Button „Open“ geklickt.</p>	<p>Das Fenster zur Auswahl des Speicherorts wird geschlossen. Neben dem Button „Ordner mit RawMetrics-Dateien öffnen“ wird der Name des Pfads, in dem sich die geladene Datei befindet angezeigt. In der Liste mit den Anwendungen befinden sich die beiden Einträge „Internet Explorer“ und „Calendar“. In der Liste mit den Stimuli befinden sich die Einträge „Tab 1 (Internet Explorer)“, „Tab 2 (Internet Explorer)“ und „Monthly Overview (Calendar)“. In der Liste mit den AOIs befinden sich die Einträge „AOIWhite Space (Tab 1)“, „AOIPicture (Tab 1)“, „AOIHeadline (Tab 1)“, „AOIDescription (Tab 1)“, „AOIButtonBuy (Tab 1)“, „AOITextFieldGerman (Tab 2)“, „AOITextFieldEnglish (Tab 2)“, „AOIButtonTranslate (Tab 2)“, „AOIDay1 (Monthly Overview)“, „AOIDay2 (Monthly Overview)“, „AOIButtonAddMeeting (Monthly Overview)“ und „AOIWhite Space (Monthly Overview)“. Die beiden AOIs „AOIWhite Space (Tab 1)“ und „AOIWhite Space (Monthly Overview)“ sind beide mit einem Minus markiert.</p>
---	---

<p>In die Eingabefelder „Min. Länge“, „Max. Länge“ und „Min. Häufigkeit“ wird jeweils eine 2 eingetragen. In das Eingabefeld „Min. Personenanzahl, bei denen das Muster auftritt“ wird eine 1 eingetragen. Die AOI „AOIPicture“ wird mit einem Hacken markiert. Die Anwendung „Internet Explorer“ und der Stimulus „Tab 1 (Internet Explorer)“ werden ausgewählt. Anschließend wird auf den Button „Analyse starten“ geklickt.</p>	<p>Die Anzeige zum Fortschritt der Analyse füllt sich komplett. Es wird folgendes Muster in der Tabelle mit der Ausgabe angezeigt: „AOIPicture - AOIHeadline“.</p>
<p>Es wird auf den Button „Exportieren“ geklickt.</p>	<p>Ein Fenster öffnet sich, in dem der Speicherort der zu exportierenden Datei ausgewählt werden kann.</p>
<p>Es wird ein Speicherort für die zu exportierende Datei ausgewählt und auf den Button „Save“ geklickt.</p>	<p>Das Fenster zur Auswahl des Speicherorts wird geschlossen. An dem ausgewählten Speicherort befindet sich die csv-Datei mit allen gefundenen Mustern und deren Parameter.</p>

Testfall 5: Test mit einem Ordner mit RawMetrics-Eingabedateien

<p><b>Setup:</b> Die Anwendung wurde durch einen Doppelklick auf die Datei „ba-gaze-patterns.jar“ gestartet und die Benutzeroberfläche ist zu sehen. Der auf dem USB-Stick mitgelieferte Ordner „test_ordner_ingabedateien“ befindet sich auf dem Computer.</p>	
<p><b>Eingabe</b></p>	<p><b>Soll-Ausgabe</b></p>
<p>Es wird auf den Button „Ordner mit RawMetrics-Dateien öffnen“ geklickt.</p>	<p>Ein Fenster öffnet sich, in dem der Speicherort des zu öffnenden Ordners ausgewählt werden kann.</p>

<p>Der Ordner „test_ordner_eingabedateien“ wird ausgewählt und auf den Button „Open“ geklickt.</p>	<p>Neben dem Button „Ordner mit RawMetrics-Dateien öffnen“ wird der Name des Pfads des Ordners angezeigt. In der Liste mit den Anwendungen befinden sich der Eintrag „Internet Explorer“. In der Liste mit den Stimuli befindet sich der Eintrag „Tab 1 (Internet Explorer)“. In der Liste mit den AOIs befinden sich die Einträge „AOIHeadline (Tab 1)“, „AOIPicture (Tab 1)“, „AOIButtonClose (Tab 1)“, „AOIDescription (Tab 1)“, „AOIWhite Space (Tab 1)“ und „AOIButtonBuy (Tab 1)“. Die AOI „AOIWhite Space (Tab 1)“ ist mit einem Minus markiert.</p>
<p>Es wird auf den Button „Analyse starten“ geklickt.</p>	<p>Die Anzeige zum Fortschritt der Analyse füllt sich komplett. Es werden folgende Muster in der Tabelle mit der Ausgabe angezeigt: „AOIHeadline - AOIButtonBuy“, „AOIDescription - AOIHeadline“, „AOIButtonBuy - AOIHeadline“ und „AOIButtonBuy - AOIHeadline - AOIButtonBuy“.</p>
<p>Es wird auf den Button „Exportieren“ geklickt.</p>	<p>Ein Fenster öffnet sich, in dem der Speicherort der zu exportierenden Datei ausgewählt werden kann.</p>
<p>Es wird ein Speicherort für die zu exportierende Datei ausgewählt und auf den Button „Save“ geklickt.</p>	<p>Das Fenster zur Auswahl des Speicherorts wird geschlossen. An dem ausgewählten Speicherort befindet sich die csv-Datei mit allen gefundenen Mustern und deren Parameter.</p>

Testfall 6: Test des Umschaltens zwischen automatischer und manueller Filterung

**Setup:** Die Anwendung wurde durch einen Doppelklick auf die Datei „ba-gaze-patterns.jar“ gestartet und die Benutzeroberfläche ist zu sehen.

<b>Eingabe</b>	<b>Soll-Ausgabe</b>
Die CheckBox „Automatisch“ für die Filterart wird angeklickt.	Der Haken in der CheckBox „Automatisch“ wird nicht mehr angezeigt. Die beiden RadioButtons zur Auswahl der manuellen Filterart werden aktiviert. Der RadioButton für die Eingabe der Filtergrenze in Millisekunden ist aktiviert, und das dazugehörige Eingabefeld ist ebenfalls aktiv. Das Eingabefeld für eine Filtergrenze in Prozent ist deaktiviert.
Der RadioButton zur Aktivierung der Eingabe einer prozentualen Filtergrenze wird angeklickt.	Der RadioButton zur Aktivierung der Eingabe einer prozentualen Filtergrenze ist aktiviert und das Eingabefeld zur Eingabe einer prozentualen Grenze ist ebenfalls aktiv. Das Eingabefeld für die Filtergrenze in Millisekunden ist deaktiviert.
Die CheckBox für die automatische Filterung wird angeklickt.	Die CheckBox für die automatische Filterung ist ausgewählt. Die RadioButtons und Eingabefelder für die manuelle Filterung sind alle deaktiviert.



## A.5 Eingabedateien für den Test der Anwendung

Die Spalten „Total Fixation Duration“, „Avg Fixation Duration“ und „Fixation Count“ wurden bei den folgenden Eingabedateien ausgelassen, da sie für die Mustersuche nicht benötigt werden.

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Thomas			AOIWhite Space	1609459271	242
Thomas			AOIQuestions	1609459271	1200
Thomas			AOIA	1609459272	417
Thomas			AOIQuestions	1609459273	1627
Thomas			AOIWhite Space	1609459275	316
Thomas			AOIE	1609459275	200
Thomas			AOIWhite Space	1609459275	99
Thomas			AOIB	1609459275	233
Thomas			AOIC	1609459275	175
Thomas			AOIB	1609459276	441
Thomas			AOIC	1609459276	274
Thomas			AOIWhite Space	1609459276	192
Thomas			AOIC	1609459276	483
Thomas			AOIAND_join	1609459277	108
Thomas			AOIB	1609459277	417
Thomas			AOIWhite Space	1609459277	833
Thomas			AOID	1609459278	509
Thomas			AOIWhite Space	1609459279	292
Thomas			AOID	1609459279	233
Thomas			AOIWhite Space	1609459279	308
Thomas			AOIQuestions	1609459280	1726
Thomas			AOIWhite Space	1609459281	241
Thomas			AOIC	1609459282	108
Thomas			AOIWhite Space	1609459282	217
Thomas			AOID	1609459282	392
Thomas			AOIE	1609459282	291
Thomas			AOIWhite Space	1609459283	459
Thomas			AOIXOR_split	1609459283	467
Thomas			AOIWhite Space	1609459284	349
Thomas			AOIXOR_split	1609459284	809
Thomas			AOIA	1609459285	409
Thomas			AOIE	1609459285	424
Thomas			AOIWhite Space	1609459286	642
Thomas			AOIC	1609459286	150
Thomas			AOIQuestions	1609459286	5097
Thomas			AOID	1609459291	725
Thomas			AOIAND_split	1609459292	1118
Thomas			AOIWhite Space	1609459293	301
Thomas			AOIQuestions	1609459294	791
Thomas			AOID	1609459294	226
Thomas			AOIAND_split	1609459295	299
Thomas			AOIB	1609459295	233
Thomas			AOIQuestions	1609459295	1368
Thomas			AOIB	1609459296	167
Thomas			AOIQuestions	1609459297	908

Fortsetzung der vorherigen Seite

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Thomas			AOIWhite Space	1609459298	200
Thomas			AOIC	1609459298	259
Thomas			AOIWhite Space	1609459298	174
Thomas			AOIB	1609459298	367
Thomas			AOIQuestions	1609459299	0

Tabelle A.1: Eye Tracking Eingabedatei vom BPMN Diagramm (G1Q1a-A-1) zum Test mit einer einzelnen Datei

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Michael			AOIQuestions	1609459271	926
Michael			AOIXOR_split	1609459272	292
Michael			AOIE	1609459272	717
Michael			AOIQuestions	1609459273	4522
Michael			AOIA	1609459278	165
Michael			AOIB	1609459278	367
Michael			AOIAND_join	1609459278	266
Michael			AOID	1609459278	401
Michael			AOIC	1609459279	99
Michael			AOIWhite Space	1609459279	467
Michael			AOIC	1609459279	717
Michael			AOIWhite Space	1609459280	367
Michael			AOIA	1609459281	399
Michael			AOIXOR_join	1609459281	818
Michael			AOIC	1609459282	334
Michael			AOIQuestions	1609459282	1334
Michael			AOIAND_split	1609459283	684
Michael			AOIE	1609459284	776
Michael			AOIWhite Space	1609459285	700
Michael			AOIC	1609459286	392
Michael			AOIWhite Space	1609459286	391
Michael			AOIQuestions	1609459286	2327
Michael			AOIWhite Space	1609459289	409
Michael			AOIB	1609459289	149
Michael			AOID	1609459289	275
Michael			AOIAND_split	1609459290	526
Michael			AOIQuestions	1609459290	2026
Michael			AOIAND_split	1609459292	776
Michael			AOIB	1609459293	459
Michael			AOIWhite Space	1609459293	342
Michael			AOIB	1609459294	450
Michael			AOIXOR_split	1609459294	858
Michael			AOIWhite Space	1609459295	292
Michael			AOID	1609459295	450
Michael			AOIQuestions	1609459296	1475
Michael			AOIAND_split	1609459297	301
Michael			AOID	1609459297	399

Fortsetzung der vorherigen Seite

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Michael			AOIQuestions	1609459298	125
Michael			AOIB	1609459298	768
Michael			AOIQuestions	1609459299	450
Michael			AOIAND_split	1609459299	442
Michael			AOIQuestions	1609459300	10600
Michael			AOIE	1609459310	549
Michael			AOIQuestions	1609459311	0

Tabelle A.2: Erste Eye Tracking Eingabedatei vom BPMN Diagramm (G1Q1a-A-1) zum Test mit drei Dateien

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Christina			AOIWhite Space	1609459271	233
Christina			AOIE	1609459271	200
Christina			AOIQuestions	1609459272	1269
Christina			AOIWhite Space	1609459273	399
Christina			AOIQuestions	1609459273	551
Christina			AOIA	1609459274	391
Christina			AOIQuestions	1609459274	1627
Christina			AOIE	1609459276	274
Christina			AOIXOR_split	1609459276	175
Christina			AOIA	1609459276	208
Christina			AOIC	1609459276	801
Christina			AOIB	1609459277	316
Christina			AOIAND_join	1609459278	467
Christina			AOIWhite Space	1609459278	316
Christina			AOIXOR_split	1609459278	266
Christina			AOIE	1609459279	1711
Christina			AOIWhite Space	1609459280	816
Christina			AOIA	1609459281	726
Christina			AOIB	1609459282	224
Christina			AOIWhite Space	1609459282	259
Christina			AOIAND_split	1609459282	425
Christina			AOIWhite Space	1609459283	467
Christina			AOIB	1609459283	509
Christina			AOIAND_split	1609459284	224
Christina			AOIB	1609459284	259
Christina			AOID	1609459284	266
Christina			AOIAND_join	1609459285	317
Christina			AOIXOR_join	1609459285	500
Christina			AOIB	1609459285	315
Christina			AOIC	1609459286	191
Christina			AOIXOR_join	1609459286	442
Christina			AOIWhite Space	1609459286	283
Christina			AOIB	1609459287	158
Christina			AOIAND_split	1609459287	375
Christina			AOIA	1609459287	292
Christina			AOIXOR_split	1609459287	309
Christina			AOIA	1609459288	492

Fortsetzung der vorherigen Seite

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Christina			AOIWhite Space	1609459288	200
Christina			AOIXOR_join	1609459288	174
Christina			AOIAND_split	1609459289	208
Christina			AOIWhite Space	1609459289	809
Christina			AOIAND_join	1609459290	226
Christina			AOIWhite Space	1609459290	191
Christina			AOIB	1609459290	217
Christina			AOIC	1609459290	433
Christina			AOIQuestions	1609459291	1002
Christina			AOIC	1609459292	241
Christina			AOIXOR_join	1609459292	342
Christina			AOIC	1609459292	266
Christina			AOIQuestions	1609459293	1768
Christina			AOIC	1609459294	425
Christina			AOIQuestions	1609459295	943
Christina			AOIWhite Space	1609459296	274
Christina			AOIB	1609459296	501
Christina			AOIA	1609459296	191
Christina			AOIE	1609459297	383
Christina			AOIXOR_split	1609459297	250
Christina			AOIE	1609459297	183
Christina			AOIA	1609459297	199
Christina			AOIC	1609459298	417
Christina			AOIQuestions	1609459298	333
Christina			AOIWhite Space	1609459298	133
Christina			AOIE	1609459299	608
Christina			AOIWhite Space	1609459299	584
Christina			AOIQuestions	1609459300	2536
Christina			AOIXOR_join	1609459302	242
Christina			AOIB	1609459302	366
Christina			AOIWhite Space	1609459303	226
Christina			AOIC	1609459303	274
Christina			AOIE	1609459303	409
Christina			AOIA	1609459304	250
Christina			AOIB	1609459304	174
Christina			AOIQuestions	1609459304	533
Christina			AOIB	1609459305	309
Christina			AOID	1609459305	551
Christina			AOIAND_split	1609459306	424
Christina			AOIWhite Space	1609459306	259
Christina			AOIQuestions	1609459306	583
Christina			AOIB	1609459307	250
Christina			AOIAND_join	1609459307	209
Christina			AOIQuestions	1609459307	1059
Christina			AOIB	1609459308	276
Christina			AOID	1609459309	291
Christina			AOIB	1609459309	467

Fortsetzung der vorherigen Seite

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Christina			AOIA	1609459309	250
Christina			AOIC	1609459310	309
Christina			AOIB	1609459310	200
Christina			AOID	1609459310	167
Christina			AOIE	1609459310	417
Christina			AOIXOR_split	1609459311	283
Christina			AOIB	1609459311	217
Christina			AOIQuestions	1609459311	0

Tabelle A.3: Zweite Eye Tracking Eingabedatei vom BPMN Diagramm (G1Q1a-A-1) zum Test mit drei Dateien

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459271	274
Tobias N.			AOIQuestions	1609459271	250
Tobias N.			AOIB	1609459272	259
Tobias N.			AOIE	1609459272	225
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459272	533
Tobias N.			AOIQuestions	1609459273	1868
Tobias N.			AOIE	1609459274	559
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459275	641
Tobias N.			AOIA	1609459276	309
Tobias N.			AOIE	1609459276	217
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459276	301
Tobias N.			AOIAND_split	1609459276	541
Tobias N.			AOIA	1609459277	225
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459277	167
Tobias N.			AOIA	1609459277	217
Tobias N.			AOIB	1609459278	433
Tobias N.			AOIQuestions	1609459278	792
Tobias N.			AOIAND_split	1609459279	643
Tobias N.			AOIQuestions	1609459279	842
Tobias N.			AOIB	1609459280	368
Tobias N.			AOIAND_split	1609459281	291
Tobias N.			AOID	1609459281	183
Tobias N.			AOIAND_join	1609459281	250
Tobias N.			AOIB	1609459281	526
Tobias N.			AOID	1609459282	434
Tobias N.			AOIAND_split	1609459282	342
Tobias N.			AOIB	1609459283	200
Tobias N.			AOID	1609459283	416
Tobias N.			AOIB	1609459283	1002
Tobias N.			AOID	1609459284	191
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459285	233
Tobias N.			AOIC	1609459285	217
Tobias N.			AOIXOR_join	1609459285	276
Tobias N.			AOIAND_join	1609459285	433

Fortsetzung der vorherigen Seite

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Tobias N.			AOIAND_split	1609459286	266
Tobias N.			AOIAND_join	1609459286	200
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459286	332
Tobias N.			AOIC	1609459286	184
Tobias N.			AOIXOR_join	1609459287	233
Tobias N.			AOIA	1609459287	276
Tobias N.			AOIXOR_join	1609459287	233
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459287	283
Tobias N.			AOIB	1609459288	191
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459288	358
Tobias N.			AOIA	1609459288	250
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459289	183
Tobias N.			AOIAND_split	1609459289	226
Tobias N.			AOIXOR_join	1609459289	450
Tobias N.			AOIC	1609459289	559
Tobias N.			AOIA	1609459290	625
Tobias N.			AOIQuestions	1609459291	2970
Tobias N.			AOIA	1609459294	434
Tobias N.			AOIC	1609459294	225
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459294	500
Tobias N.			AOIQuestions	1609459295	825
Tobias N.			AOIXOR_join	1609459296	209
Tobias N.			AOIC	1609459296	157
Tobias N.			AOIB	1609459296	401
Tobias N.			AOIAND_split	1609459296	266
Tobias N.			AOIQuestions	1609459297	2026
Tobias N.			AOIB	1609459299	200
Tobias N.			AOIE	1609459299	250
Tobias N.			AOIB	1609459299	242
Tobias N.			AOIE	1609459299	516
Tobias N.			AOIQuestions	1609459300	601
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459300	207
Tobias N.			AOIB	1609459301	242
Tobias N.			AOIC	1609459301	909
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459302	600
Tobias N.			AOIE	1609459302	141
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459302	224
Tobias N.			AOIQuestions	1609459303	901
Tobias N.			AOIC	1609459304	333
Tobias N.			AOIQuestions	1609459304	1151
Tobias N.			AOIE	1609459305	157
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459305	184
Tobias N.			AOIB	1609459305	266
Tobias N.			AOIQuestions	1609459306	483
Tobias N.			AOIAND_split	1609459306	207
Tobias N.			AOIB	1609459306	459
Tobias N.			AOID	1609459307	441
Tobias N.			AOIA	1609459307	509
Tobias N.			AOIQuestions	1609459308	342
Tobias N.			AOIB	1609459308	434
Tobias N.			AOIAND_split	1609459309	584

Fortsetzung der vorherigen Seite

Participant	Application	Stimulus	AOI Name	Timestamp	Gaze Dwell Time [in ms]
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459309	525
Tobias N.			AOIXOR_split	1609459310	492
Tobias N.			AOIAND_split	1609459310	476
Tobias N.			AOIB	1609459311	174
Tobias N.			AOIQuestions	1609459311	1517
Tobias N.			AOIB	1609459312	309
Tobias N.			AOIA	1609459313	233
Tobias N.			AOID	1609459313	684
Tobias N.			AOIB	1609459314	517
Tobias N.			AOIAND_split	1609459314	541
Tobias N.			AOIA	1609459315	358
Tobias N.			AOIQuestions	1609459315	593
Tobias N.			AOIE	1609459316	233
Tobias N.			AOIC	1609459316	183
Tobias N.			AOIE	1609459316	292
Tobias N.			AOIWhite Space	1609459316	0

Tabelle A.4: Dritte Eye Tracking Eingabedatei vom BPMN Diagramm (G1Q1a-A-1) zum Test mit drei Dateien

## A.6 Ergebnisse der manuellen Mustersuche

Muster	Länge	Anzahl	Anteil der ersten AOI	durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms]	Gesamtbetrachtungsdauer [in ms]	Anzahl der Personen
AOIQuestion - AOIC	2	2	0,25	1500,5	3001	1
AOIQuestion - AOID	2	2	0,25	3419,5	6839	1
AOIB - AOIC	2	2	0,33	803	1606	1
AOIB - AOIQuestion	2	3	0,5	1014,33	3043	1
AOIC - AOIB	2	2	0,4	621	1242	1
AOID - AOIAND_split	2	2	0,5	1184	2368	1
AOIQuestion - AOID - AOIAND_split	3	2	0,25	4128	8256	1

Tabelle A.5: Ergebnisse der manuellen Mustersuche mit einer Eingabedatei

Muster	Länge	Anzahl	Anteil der ersten AOI	durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms]	Gesamtbetrachtungsdauer [in ms]	Anzahl der Personen
AOIQuestions - AOIB - AOIE	3	3	0,09	1679	5037	2
AOIB - AOIQuestions - AOIAND_split	3	3	0,09	1494,67	4484	2
AOIAND_split - AOIQuestions - AOIB	3	4	0,19	1976	7904	2
AOIAND_split - AOIB - AOID	3	3	0,14	938	2814	2
AOIB - AOIE - AOIXOR_split	3	3	0,09	1017	3051	2

Tabelle A.6: Ergebnisse der manuellen Mustersuche mit drei Eingabedateien

## A.7 Ergebnisse der automatischen Mustersuche

Muster	Länge	Anzahl	Anteil der ersten AOI	durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms]	Gesamtbetrachtungsdauer [in ms]	Anzahl der Personen	Score
AOIQuestions - AOIC	2	2	0.25	1500.5	3001	1	0.4388
AOIQuestions - AOID	2	2	0.25	3419.5	6839	1	1.0
AOIB - AOIC	2	2	0.33	803.0	1606	1	0.2348
AOIB - AOIQuestions	2	3	0.5	1014.33	3043	1	0.4449
AOIC - AOIB	2	2	0.4	621.0	1242	1	0.1816
AOID - AOIAND_split	2	2	0.5	1184.0	2368	1	0.3462
AOIQuestions - AOID - AOIAND_split	3	2	0.25	4128.0	8256	1	0.8048

Tabelle A.7: Ergebnisse der automatischen Mustersuche mit einer Eingabedatei

Muster	Länge	Anzahl	Anteil der ersten AOI	durchschnittliche Betrachtungsdauer [in ms]	Gesamtbetrachtungsdauer [in ms]	Anzahl der Personen	Score
AOIQuestions - AOIB - AOIE	3	3	0.09	1679.0	5037	2	0.6352
AOIB - AOIQuestions - AOIAND_split	3	3	0.09	1494.67	4484	2	0.5885
AOIB - AOIE - AOIXOR_split	3	3	0.09	1017.0	3051	2	0.4676
AOIAND_split - AOIQuestions - AOIB	3	4	0.19	1976.0	7904	2	0.877
AOIAND_split - AOIB - AOID	3	3	0.14	938.0	2814	2	0.4477

Tabelle A.8: Ergebnisse der automatischen Mustersuche mit drei Eingabedateien

## A.8 Mustersuche zur Evaluation des Scores

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	t_total	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIQuestions - AOIB	2	30	0,31	2571,94	1285,97	92590	46295,00	11	0,8535	0,8242	1,0000	1,0000	0,2201	0,2285	0,3381	0,2138
AOIB - AOID	2	28	0,23	723,75	361,88	20265	10132,50	10	0,6319	0,5662	0,5896	0,4660	0,1634	0,1632	0,1378	0,0230
AOIQuestions - AOIE	2	27	0,23	2643,7	1321,85	71380	35690,00	11	0,7753	0,7304	0,8855	0,8473	0,1900	0,1919	0,2818	0,1393
AOIB - AOIQuestions	2	24	0,2	2617,54	1308,77	62821	31410,50	10	0,7324	0,6868	0,8194	0,7724	0,1735	0,1755	0,2507	0,1093
AOIE - AOIXOR_split	2	20	0,28	863,1	431,55	17262	8631,00	9	0,5533	0,4807	0,5514	0,4297	0,1318	0,1284	0,1215	0,0176
AOIB - AOIC	2	19	0,16	991,47	495,74	18838	9419,00	9	0,5534	0,4808	0,5599	0,4411	0,1300	0,1261	0,1256	0,0194
AOIC - AOIQuestions	2	18	0,29	2947,96	1473,78	59056	26528,00	9	0,6862	0,6401	0,7447	0,6875	0,1512	0,1519	0,2164	0,0800
AOIE - AOIQuestions	2	18	0,25	2318,94	1159,47	4741	20870,50	8	0,6241	0,5755	0,6590	0,5896	0,1375	0,1388	0,1780	0,0523
AOID - AOIB	2	18	0,35	870,67	435,34	15672	7836,00	10	0,5500	0,4679	0,5648	0,4329	0,1308	0,1236	0,1256	0,0175
AOIB - AOIAND_split	2	17	0,14	933,71	466,86	15873	7936,50	7	0,4957	0,4326	0,4915	0,3848	0,1108	0,1099	0,1010	0,0128
AOIAND_split - AOIA	2	16	0,33	663,19	331,60	10611	5305,50	5	0,4200	0,3698	0,3929	0,3001	0,0924	0,0946	0,0702	0,0061
AOIA - AOIB	2	13	0,21	719,92	359,96	9359	4679,50	8	0,4617	0,3806	0,4841	0,3565	0,1001	0,0934	0,0921	0,0086
AOIC - AOIXOR_join	2	13	0,21	674,31	337,16	8766	4383,00	7	0,4398	0,3655	0,4531	0,3336	0,0937	0,0892	0,0821	0,0070
AOIAND_split - AOIB	2	12	0,25	943,33	471,67	11320	5660,00	6	0,4287	0,3650	0,4347	0,3306	0,0879	0,0856	0,0805	0,0077
AOIQuestions - AOIB	2	11	0,1	3301,18	1650,59	36313	18156,50	7	0,6121	0,5722	0,6018	0,5320	0,1200	0,1211	0,1552	0,0397
AOID - AOIQuestions	2	11	0,21	2059,64	1029,82	22656	11328,00	8	0,5405	0,4752	0,5559	0,4522	0,1101	0,1055	0,1274	0,0220
AOIA - AOIE	2	11	0,18	752,18	376,09	8274	4137,00	8	0,4455	0,3612	0,4783	0,3486	0,0936	0,0855	0,0892	0,0078
AOIC - AOIB	2	11	0,17	702,27	351,14	7725	3862,50	6	0,4019	0,3329	0,4153	0,3047	0,0814	0,0778	0,0709	0,0052
AOIA - AOIC	2	11	0,18	596,82	298,41	6565	3282,50	5	0,3689	0,3085	0,3710	0,2710	0,0743	0,0726	0,0595	0,0037
AOIAND_split - AOIQuestions	2	10	0,21	3178,8	1589,40	31788	15894,00	8	0,6125	0,5616	0,6053	0,5179	0,1208	0,1185	0,1516	0,0349
AOIA - AOIQuestions	2	10	0,16	2923,2	1461,60	29232	14616,00	6	0,5540	0,5153	0,5315	0,4596	0,1060	0,1076	0,1280	0,0265
AOIQuestions - AOIAND_split	2	10	0,09	1430,8	715,40	14308	7154,00	5	0,4202	0,3700	0,4129	0,3267	0,0814	0,0812	0,0800	0,0087
AOIXOR_split - AOIE	2	10	0,23	1037,2	518,60	10372	5186,00	5	0,3917	0,3357	0,3916	0,2984	0,0764	0,0752	0,0695	0,0059
AOIB - AOIAND_join	2	10	0,08	846,5	423,25	8465	4232,50	6	0,4031	0,3343	0,4193	0,3100	0,0798	0,0758	0,0729	0,0057
AOIE - AOIB	2	10	0,14	820,9	410,45	8209	4104,50	5	0,3759	0,3169	0,3799	0,2828	0,0737	0,0719	0,0638	0,0046
AOIXOR_join - AOIB	2	9	0,27	782,11	391,06	7039	3519,50	6	0,3892	0,3176	0,4116	0,2998	0,0755	0,0706	0,0691	0,0048
AOIQuestions - AOIA	2	8	0,07	3109,25	1554,63	24874	12437,00	6	0,5490	0,5093	0,5079	0,4282	0,1015	0,1021	0,1164	0,0209
AOIQuestions - AOIC	2	8	0,07	2109,0	1054,50	16872	8436,00	7	0,4977	0,4350	0,4969	0,3920	0,0946	0,0902	0,1036	0,0138
AOID - AOIAND_split	2	8	0,15	916,88	458,44	7335	3667,50	7	0,4112	0,3311	0,4454	0,3233	0,0795	0,0720	0,0783	0,0060
AOIXOR_split - AOIA	2	8	0,18	912,0	456,00	7296	3648,00	5	0,3640	0,3026	0,3750	0,2763	0,0680	0,0649	0,0614	0,0041
AOIE - AOIC	2	8	0,11	778,0	389,00	6224	3112,00	5	0,3543	0,2909	0,3692	0,2685	0,0663	0,0629	0,0585	0,0035
AOIXOR_join - AOIC	2	8	0,24	674,13	337,07	5393	2696,50	5	0,3468	0,2819	0,3647	0,2626	0,0649	0,0613	0,0563	0,0031
AOIC - AOIE	2	8	0,13	664,75	332,38	5318	2659,00	6	0,3714	0,2963	0,4023	0,2874	0,0706	0,0646	0,0646	0,0039
AOIB - AOIE	2	8	0,07	602,0	301,00	4816	2408,00	4	0,3105	0,2570	0,3151	0,2274	0,0583	0,0567	0,0464	0,0022
AOIXOR_join - AOIQuestions	2	7	0,21	2641,86	1320,93	18493	9246,50	5	0,4804	0,4423	0,4355	0,3569	0,0864	0,0872	0,0911	0,0123
AOIQuestions - AOIXOR_split	2	7	0,06	2391,14	1195,57	16738	8369,00	5	0,4622	0,4204	0,4260	0,3442	0,0832	0,0834	0,0864	0,0107
AOIE - AOIA	2	7	0,1	802,71	401,36	5619	2809,50	4	0,3158	0,2634	0,3194	0,2332	0,0574	0,0556	0,0485	0,0025
AOIXOR_split - AOIAND_split	2	7	0,16	747,86	373,93	5235	2617,50	4	0,3118	0,2586	0,3173	0,2304	0,0567	0,0547	0,0475	0,0024
AOIB - AOIA	2	7	0,06	623,86	311,93	4367	2183,50	5	0,3339	0,2664	0,3592	0,2552	0,0609	0,0563	0,0536	0,0027

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t <sub>avg</sub> [in ms]	t <sub>avg</sub> [in ms]	t <sub>total</sub> [in ms]	t <sub>total</sub>	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIXOR_split - AOIB	2	7	0,16	591,14	295,57	4138	2069,00	6	0,3568	0,2787	0,3960	0,2789	0,0662	0,0593	0,0614	0,0033
AOIA - AOIXOR_split	2	6	0,1	918,83	459,42	5513	2756,50	5	0,3460	0,2810	0,3654	0,2634	0,0611	0,0567	0,0567	0,0032
AOIAND_join - AOIB	2	6	0,29	914,5	457,25	5487	2743,50	5	0,3457	0,2806	0,3652	0,2632	0,0611	0,0566	0,0566	0,0032
AOID - AOIC	2	6	0,12	583,0	291,50	3498	1749,00	6	0,3470	0,2669	0,3925	0,2743	0,0627	0,0550	0,0597	0,0030
AOIXOR_split - AOIQuestions	2	5	0,11	1912,8	956,40	9564	4782,00	4	0,3779	0,3379	0,3407	0,2616	0,0645	0,0642	0,0590	0,0045
AOIQuestions - AOIXOR_join	2	5	0,04	1896,6	948,30	9483	4741,50	4	0,3768	0,3365	0,3403	0,2610	0,0643	0,0640	0,0588	0,0044
AOIC - AOIA	2	5	0,08	924,6	462,30	4623	2311,50	3	0,2662	0,2278	0,2540	0,1860	0,0462	0,0456	0,0375	0,0016
AOIA - AOIXOR_join	2	5	0,08	826,6	413,30	4133	2066,50	5	0,3301	0,2618	0,3579	0,2535	0,0565	0,0511	0,0530	0,0026
AOIAND_join - AOIQuestions	2	4	0,19	2959,75	1479,88	11839	5919,50	4	0,4447	0,4180	0,3530	0,2780	0,0743	0,0761	0,0650	0,0058
AOIB - AOIXOR_split	2	4	0,03	1020,75	510,38	4083	2041,50	3	0,2639	0,2250	0,2511	0,1821	0,0440	0,0429	0,0361	0,0014
AOID - AOIE	2	4	0,08	681,25	340,63	2725	1362,50	4	0,2792	0,2194	0,3038	0,2123	0,0455	0,0412	0,0409	0,0015
AOIXOR_join - AOIA	2	4	0,12	623,0	311,50	2492	1246,00	3	0,2350	0,1904	0,2425	0,1707	0,0390	0,0368	0,0318	0,0009
AOIC - AOIAND_join	2	3	0,05	1184,33	592,17	3553	1776,50	3	0,2665	0,2282	0,2483	0,1783	0,0426	0,0412	0,0346	0,0012
AOIB - AOIXOR_join	2	3	0,02	1114,67	557,34	3344	1672,00	3	0,2615	0,2221	0,2471	0,1768	0,0417	0,0401	0,0341	0,0012
AOIAND_join - AOIA	2	3	0,14	883,67	441,84	2651	1325,50	2	0,1883	0,1682	0,1588	0,1154	0,0330	0,0331	0,0238	0,0006
AOIXOR_split - AOIXOR_join	2	3	0,07	841,67	420,84	2525	1262,50	2	0,1853	0,1645	0,1582	0,1145	0,0325	0,0324	0,0235	0,0006
AOIC - AOID	2	3	0,05	711,67	355,84	2135	1067,50	3	0,2322	0,1870	0,2406	0,1681	0,0366	0,0339	0,0309	0,0008
AOIA - AOID	2	3	0,05	675,33	337,67	2026	1013,00	3	0,2295	0,1838	0,2400	0,1673	0,0362	0,0334	0,0306	0,0008
AOID - AOIAND_join	2	3	0,06	513,67	256,84	1541	770,50	3	0,2178	0,1697	0,2374	0,1638	0,0341	0,0309	0,0293	0,0007
AOIE - AOIAND_split	2	3	0,04	503,0	251,50	1509	754,50	2	0,1607	0,1350	0,1527	0,1072	0,0282	0,0272	0,0208	0,0004
AOIXOR_join - AOIXOR_split	2	2	0,06	1296,5	648,25	2593	1296,50	2	0,2090	0,1930	0,1585	0,1150	0,0348	0,0352	0,0237	0,0006
AOIC - AOIXOR_split	2	2	0,03	1275,5	637,75	2551	1275,50	2	0,2075	0,1912	0,1583	0,1147	0,0345	0,0349	0,0236	0,0006
AOIAND_split - AOIXOR_split	2	2	0,04	1101,0	550,50	2202	1101,00	2	0,1948	0,1760	0,1564	0,1122	0,0323	0,0322	0,0227	0,0005
AOIXOR_split - AOID	2	2	0,05	903,5	451,75	1807	903,50	2	0,1805	0,1588	0,1543	0,1094	0,0298	0,0292	0,0216	0,0004
AOIAND_split - AOIXOR_join	2	2	0,04	801,0	400,50	1602	801,00	2	0,1730	0,1498	0,1532	0,1079	0,0286	0,0276	0,0211	0,0004
AOIAND_join - AOIXOR_join	2	2	0,1	782,5	391,25	1565	782,50	2	0,1717	0,1482	0,1530	0,1076	0,0283	0,0273	0,0210	0,0004
AOID - AOIA	2	2	0,04	749,5	374,75	1499	749,50	2	0,1693	0,1454	0,1526	0,1071	0,0279	0,0268	0,0208	0,0004
AOIAND_join - AOIAND_split	2	2	0,1	737,0	368,50	1474	737,00	2	0,1684	0,1443	0,1525	0,1070	0,0277	0,0266	0,0207	0,0004
AOIAND_join - AOID	2	2	0,1	588,0	294,00	1176	588,00	2	0,1576	0,1313	0,1509	0,1048	0,0259	0,0244	0,0199	0,0003
AOIAND_split - AOID	2	2	0,04	587,0	293,50	1174	587,00	2	0,1575	0,1312	0,1509	0,1048	0,0258	0,0244	0,0199	0,0003
AOIXOR_split - AOIC	2	2	0,05	517,0	258,50	1034	517,00	2	0,1524	0,1251	0,1038	0,0250	0,0233	0,0196	0,0003	0,0003
AOIAND_split - AOIAND_join	2	2	0,04	450,0	225,00	900	450,00	2	0,1476	0,1193	0,1494	0,1028	0,0241	0,0223	0,0192	0,0003
AOIB - AOIQuestions - AOIB	3	14	0,11	4035,5	1345,17	56497	18832,33	8	0,6141	0,5635	0,6370	0,5603	0,1284	0,1278	0,1672	0,0448
AOIQuestions - AOIB - AOID	3	12	0,1	2806,0	935,33	33672	11224,00	8	0,5360	0,4698	0,5548	0,4507	0,1112	0,1068	0,1268	0,0218
AOIB - AOID - AOIB	3	10	0,08	1162,2	387,40	11622	3874,00	7	0,4194	0,3409	0,4476	0,3263	0,0847	0,0782	0,0794	0,0063
AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions	3	8	0,07	4263,38	1421,13	34107	11369,00	5	0,5042	0,4708	0,4584	0,3874	0,0923	0,0945	0,1023	0,0166
AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split	3	8	0,07	3068,88	1022,96	24551	8183,67	8	0,5117	0,4406	0,5220	0,4069	0,0996	0,0928	0,1107	0,0149
AOIB - AOID - AOIQuestions	3	7	0,06	2726,86	908,95	19088	6362,67	5	0,4266	0,3705	0,4043	0,3154	0,0759	0,0746	0,1078	0,0075

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIB - AOIC - AOIQuestions	3	6	0.05	4766,83	1588,94	28601	9333,67	5	0,5101	0,4779	0,4386	0,3610	0,0897	0,0913	0,0926	0,0129
AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions	3	6	0.05	4654,83	1551,61	27929	9309,67	4	0,4736	0,4527	0,3896	0,3268	0,0830	0,0866	0,0830	0,0110
AOIA - AOIQuestions - AOIE	3	6	0.1	3167,5	1055,83	19005	6335,00	6	0,4580	0,4001	0,4420	0,3403	0,0820	0,0784	0,0841	0,0087
AOIQuestions - AOIE - AOIE	3	6	0.08	2814,67	938,22	16888	5629,33	3	0,3446	0,3218	0,2899	0,2338	0,0617	0,0643	0,0551	0,0045
AOIQuestions - AOIE - AOIB	3	6	0.05	2602,5	867,50	15615	5205,00	5	0,4053	0,3521	0,3918	0,2987	0,0715	0,0692	0,0697	0,0059
AOID - AOIB - AOIQuestions	3	6	0.12	2323,33	774,44	13940	4646,67	6	0,4171	0,3511	0,4238	0,3160	0,0749	0,0698	0,0751	0,0062
AOIQuestions - AOIB - AOIC	3	5	0.04	3689,4	1229,80	18447	6149,00	4	0,4176	0,3855	0,3555	0,2813	0,0714	0,0726	0,0663	0,0061
AOIQuestions - AOIXOR_split - AOIE	3	5	0.04	2818,6	939,53	14093	4697,67	3	0,3355	0,3110	0,2798	0,2204	0,0583	0,0602	0,0501	0,0035
AOIC - AOIQuestions - AOIE	3	5	0.08	2766,4	922,13	13832	4610,67	4	0,3729	0,3319	0,3389	0,2591	0,0636	0,0632	0,0581	0,0043
AOIA - AOIB - AOIQuestions	3	5	0.08	2600,0	866,67	13000	4333,33	4	0,3649	0,3222	0,3359	0,2551	0,0622	0,0615	0,0566	0,0040
AOIE - AOIXOR_split - AOIA	3	5	0.07	1622,0	540,67	8110	2703,33	5	0,3486	0,2840	0,3648	0,2627	0,0597	0,0550	0,0564	0,0031
AOIB - AOIAND_split - AOIA	3	5	0.04	1090,4	363,47	4552	1817,33	3	0,2518	0,2105	0,2487	0,1789	0,0437	0,0425	0,0349	0,0012
AOIE - AOIXOR_split - AOIB	3	5	0.07	955,0	318,33	4775	1591,67	4	0,2852	0,2267	0,3063	0,2156	0,0484	0,0447	0,0421	0,0016
AOIQuestions - AOIB - AOIA	3	4	0.03	4452,0	1484,00	17808	5936,00	4	0,4453	0,4187	0,3532	0,2782	0,0744	0,0762	0,0651	0,0059
AOIAND_split - AOIA - AOIQuestions	3	4	0.08	4340,0	1446,67	17360	5786,67	3	0,3999	0,3882	0,2916	0,2360	0,0677	0,0715	0,0559	0,0047
AOIC - AOIQuestions - AOIB	3	4	0.06	3930,75	1310,25	15723	5241,00	4	0,4201	0,3885	0,3457	0,2682	0,0700	0,0709	0,0614	0,0050
AOIB - AOIAND_split - AOIQuestions	3	4	0.03	3041,5	1013,83	12166	4055,33	4	0,3770	0,3368	0,3329	0,2511	0,0625	0,0618	0,0551	0,0037
AOID - AOIAND_split - AOIQuestions	3	4	0.08	2599,25	866,42	10397	3465,67	4	0,3556	0,3111	0,3265	0,2426	0,0588	0,0573	0,0520	0,0031
AOIB - AOIQuestions - AOIAND_split	3	4	0.03	2003,0	667,67	8012	2670,67	3	0,2867	0,2525	0,2579	0,1912	0,0480	0,0477	0,0394	0,0018
AOIAND_split - AOIQuestions - AOIB	3	4	0.08	1846,0	615,33	7384	2461,33	3	0,2791	0,2433	0,2557	0,1882	0,0466	0,0461	0,0383	0,0017
AOIB - AOIAND_split - AOIB	3	4	0.03	1699,0	566,33	6796	2265,33	2	0,2157	0,2010	0,1690	0,1290	0,0396	0,0411	0,0288	0,0010
AOID - AOIB - AOID	3	4	0.08	1379,75	459,92	5519	1839,67	3	0,2566	0,2162	0,2489	0,1792	0,0427	0,0413	0,0350	0,0013
AOIXOR_join - AOIB - AOIC	3	4	0.12	1280,75	426,92	5123	1707,67	3	0,2518	0,2105	0,2475	0,1773	0,0419	0,0403	0,0343	0,0012
AOIA - AOIE - AOIXOR_split	3	4	0.07	1206,5	402,17	4826	1608,67	4	0,2882	0,2302	0,3064	0,2159	0,0470	0,0430	0,0422	0,0016
AOIAND_split - AOIA - AOIE	3	4	0.08	1176,75	392,25	4707	1569,00	2	0,1904	0,1706	0,1615	0,1189	0,0352	0,0357	0,0251	0,0007
AOIB - AOID - AOIAND_split	3	4	0.03	1144,5	381,50	4578	1526,00	4	0,2852	0,2266	0,3055	0,2147	0,0465	0,0424	0,0417	0,0016
AOIXOR_split - AOIAND_split - AOIA	3	4	0.09	1080,5	360,17	4322	1440,67	3	0,2421	0,1989	0,2446	0,1735	0,0402	0,0383	0,0329	0,0010
AOIA - AOIC - AOIB	3	4	0.07	977,5	325,83	3910	1303,33	2	0,1807	0,1591	0,1986	0,1151	0,0336	0,0337	0,0237	0,0006
AOIAND_split - AOIB - AOID	3	4	0.08	928,5	309,50	3714	1238,00	3	0,2347	0,1900	0,2424	0,1705	0,0389	0,0367	0,0318	0,0009
AOIXOR_split - AOIE - AOIQuestions	3	3	0.07	5171,33	1723,78	15514	5171,33	3	0,4309	0,4254	0,2849	0,2272	0,0712	0,0759	0,0527	0,0040
AOIQuestions - AOID - AOIAND_split	3	3	0.03	4477,67	1492,56	13433	4477,67	2	0,3409	0,3513	0,1929	0,1608	0,0596	0,0653	0,0406	0,0026
AOIE - AOIQuestions - AOID	3	3	0.04	4127,33	1375,78	12382	4127,33	2	0,3240	0,3310	0,1891	0,1558	0,0566	0,0617	0,0387	0,0023
AOIE - AOIC - AOIQuestions	3	3	0.04	4058,67	1352,89	12176	4058,67	3	0,3770	0,3608	0,2729	0,2112	0,0618	0,0645	0,0468	0,0029
AOIQuestions - AOID - AOIE	3	3	0.03	3953,67	1317,89	11861	3953,67	3	0,3719	0,3547	0,2718	0,2097	0,0610	0,0634	0,0462	0,0028
AOIXOR_join - AOIQuestions - AOIB	3	3	0.09	3572,33	1190,78	10717	3572,33	3	0,3585	0,3325	0,2677	0,2042	0,0577	0,0595	0,0442	0,0025
AOIAND_split - AOIQuestions - AOID	3	3	0.06	3224,67	1074,89	9674	3224,67	3	0,3366	0,3123	0,2639	0,1992	0,0548	0,0560	0,0423	0,0022
AOIQuestions - AOIA - AOIC	3	3	0.03	3064,33	1021,44	9193	3064,33	2	0,2725	0,2692	0,1776	0,1405	0,0477	0,0508	0,0331	0,0015
AOIC - AOIQuestions - AOIC	3	3	0.05	3057,67	1019,22	9173	3057,67	2	0,2722	0,2688	0,1776	0,1404	0,0476	0,0508	0,0330	0,0015

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIXOR_join - AOIC - AOIQuestions	3	3	0,09	2546,33	848,78	7639	2546,33	3	0,3038	0,2729	0,2566	0,1894	0,0491	0,0490	0,0387	0,0017
AOID - AOIQuestions - AOIB	3	3	0,06	2532,33	844,11	7597	2532,33	3	0,3031	0,2721	0,2564	0,1892	0,0490	0,0489	0,0387	0,0017
AOIE - AOIB - AOIQuestions	3	3	0,04	2490,33	830,11	7471	2490,33	3	0,3011	0,2697	0,2560	0,1886	0,0486	0,0485	0,0384	0,0017
AOIAND_split - AOIB - AOIQuestions	3	3	0,06	2431,33	810,44	7294	2431,33	3	0,2982	0,2662	0,2553	0,1877	0,0481	0,0479	0,0381	0,0016
AOIE - AOIXOR_split - AOIQuestions	3	3	0,04	1898,0	632,67	5694	1898,00	3	0,2724	0,2352	0,2496	0,1801	0,0436	0,0424	0,0353	0,0013
AOIB - AOIC - AOIXOR_join	3	3	0,02	1893,67	631,22	5681	1893,67	3	0,2722	0,2350	0,2495	0,1800	0,0436	0,0424	0,0353	0,0013
AOIA - AOIC - AOIQuestions	3	3	0,05	1670,0	556,67	5010	1670,00	3	0,2614	0,2220	0,2471	0,1768	0,0417	0,0401	0,0341	0,0012
AOIQuestions - AOIAND_split - AOIA	3	3	0,03	1603,33	534,44	4810	1603,33	2	0,2018	0,1843	0,1618	0,1194	0,0354	0,0359	0,0253	0,0007
AOIE - AOIXOR_split - AOIAND_split	3	3	0,04	1567,33	522,44	4702	1567,33	3	0,2564	0,2160	0,2460	0,1753	0,0409	0,0390	0,0335	0,0011
AOIQuestions - AOIB - AOIAND_join	3	3	0,03	1546,33	515,44	4639	1546,33	3	0,2554	0,2148	0,2458	0,1750	0,0407	0,0388	0,0334	0,0011
AOIB - AOIQuestions - AOIC	3	3	0,02	1534,67	511,56	4604	1534,67	3	0,2548	0,2141	0,2457	0,1748	0,0406	0,0387	0,0334	0,0011
AOIE - AOIQuestions - AOIB	3	3	0,04	1521,33	507,11	4564	1521,33	3	0,2542	0,2134	0,2455	0,1746	0,0405	0,0386	0,0333	0,0011
AOIQuestions - AOIB - AOIE	3	3	0,03	1458,67	486,22	4376	1458,67	2	0,1948	0,1759	0,1603	0,1174	0,0342	0,0344	0,0246	0,0007
AOIAND_split - AOIA - AOIB	3	3	0,06	1368,0	456,00	4104	1368,00	2	0,1904	0,1706	0,1593	0,1161	0,0334	0,0335	0,0241	0,0006
AOIQuestions - AOIB - AOIAND_split	3	3	0,03	1339,67	446,56	4019	1339,67	2	0,1890	0,1690	0,1590	0,1156	0,0332	0,0332	0,0239	0,0006
AOID - AOIB - AOIAND_split	3	3	0,06	1292,0	430,67	3876	1292,00	3	0,2431	0,2000	0,2430	0,1713	0,0385	0,0362	0,0321	0,0010
AOIC - AOIXOR_join - AOIB	3	3	0,05	1278,0	426,00	3834	1278,00	3	0,2424	0,1992	0,2429	0,1711	0,0384	0,0361	0,0320	0,0009
AOIC - AOIB - AOID	3	3	0,05	1277,33	425,78	3832	1277,33	3	0,2423	0,1992	0,2429	0,1711	0,0384	0,0361	0,0320	0,0009
AOID - AOIE - AOIXOR_split	3	3	0,06	1230,67	410,22	3692	1230,67	3	0,2401	0,1965	0,2424	0,1704	0,0380	0,0356	0,0318	0,0009
AOIB - AOIC - AOIB	3	3	0,02	1146,67	382,22	3440	1146,67	3	0,2370	0,1928	0,2417	0,1695	0,0375	0,0350	0,0314	0,0009
AOIB - AOID - AOIC	3	3	0,02	1146,67	382,22	3440	1146,67	3	0,2372	0,1928	0,2417	0,1695	0,0375	0,0350	0,0314	0,0009
AOIE - AOIB - AOIC	3	3	0,04	1032,33	344,11	3097	1032,33	2	0,1741	0,1511	0,1557	0,1112	0,0306	0,0301	0,0223	0,0005
AOIC - AOIB - AOIC	3	3	0,05	1022,0	340,67	3066	1022,00	3	0,2300	0,1843	0,2401	0,1674	0,0363	0,0335	0,0306	0,0008
AOIE - AOIXOR_split - AOIE	3	3	0,02	963,67	321,22	2891	963,67	3	0,2261	0,1797	0,2392	0,1663	0,0356	0,0327	0,0303	0,0008
AOIA - AOIE - AOIC	3	3	0,05	929,67	309,89	2789	929,67	2	0,1691	0,1452	0,1546	0,1097	0,0297	0,0290	0,0217	0,0004
AOIB - AOIE - AOIA	3	3	0,05	908,33	302,78	2725	908,33	3	0,2245	0,1777	0,2389	0,1658	0,0353	0,0323	0,0300	0,0008
AOIB - AOIA - AOIC	3	3	0,02	902,67	300,80	2708	902,67	3	0,2242	0,1774	0,2388	0,1657	0,0353	0,0323	0,0300	0,0008
AOIXOR_split - AOIB - AOIAND_split	3	3	0,07	885,67	295,22	2657	885,67	3	0,2234	0,1764	0,2386	0,1655	0,0351	0,0321	0,0299	0,0008
AOIC - AOIXOR_join - AOIC	3	3	0,05	869,33	289,78	2608	869,33	2	0,1662	0,1415	0,1539	0,1089	0,0292	0,0284	0,0214	0,0004
AOIE - AOIAND_split - AOIA	3	3	0,04	866,67	288,89	2600	866,67	2	0,1661	0,1415	0,1539	0,1088	0,0292	0,0284	0,0214	0,0004
AOIAND_split - AOIA - AOIB	3	3	0,07	861,33	287,11	2584	861,33	3	0,2222	0,1750	0,2384	0,1651	0,0349	0,0318	0,0298	0,0007
AOIE - AOIA - AOIC	3	3	0,04	765,33	255,11	2296	765,33	3	0,2176	0,1694	0,2373	0,1637	0,0341	0,0309	0,0293	0,0007
AOIQuestions - AOIAND_split - AOIQuestions	3	2	0,02	6884,5	2294,83	13769	6884,5	2	0,4482	0,4800	0,1941	0,1624	0,0764	0,0857	0,0442	0,0027
AOIC - AOIQuestions - AOID	3	2	0,03	6276,5	2092,17	12553	6276,5	2	0,4188	0,4447	0,1897	0,1566	0,0713	0,0795	0,0390	0,0024
AOIQuestions - AOIA - AOIB	3	2	0,02	5125,0	1708,33	10250	5125,0	2	0,3630	0,3778	0,1814	0,1456	0,0616	0,0677	0,0349	0,0018
AOIB - AOIXOR_join - AOIQuestions	3	2	0,02	4516,0	1305,33	9032	4516,0	2	0,3335	0,3424	0,1770	0,1397	0,0565	0,0615	0,0328	0,0015

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	t_total - 1	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIQuestions - AOI - AOIB	3	2	0.02	4403.0	1467.67	8806	2835.33	2	0.3281	0.3359	0.1762	0.1386	0.0555	0.0603	0.0324	0.0014
AOIB - AOIAND_join - AOIQuestions	3	2	0.02	4206.0	1402.00	8412	2804.00	2	0.3185	0.3244	0.1748	0.1367	0.0539	0.0583	0.0317	0.0014
AOIE - AOIQuestions - AOIA	3	2	0.03	3907.5	1302.50	7815	2605.00	2	0.3041	0.3071	0.1727	0.1339	0.0513	0.0553	0.0306	0.0012
AOIQuestions - AOIA - AOIQuestions	3	2	0.02	3541.0	1180.33	7082	2360.67	2	0.2863	0.2858	0.1700	0.1303	0.0483	0.0515	0.0293	0.0011
AOIQuestions - AOIC - AOIE	3	2	0.02	3277.5	1092.50	6555	2185.00	2	0.2736	0.2705	0.1681	0.1278	0.0460	0.0488	0.0284	0.0010
AOIC - AOIQuestions - AOIA	3	2	0.03	2802.5	934.17	5605	1868.33	1	0.1542	0.1851	0.0202	0.0269	0.0363	0.0405	0.0183	0.0005
AOIQuestions - AOIC - AOIQuestions	3	2	0.02	2760.5	920.17	5521	1840.33	2	0.2485	0.2404	0.1644	0.1229	0.0417	0.0436	0.0266	0.0008
AOIC - AOIXOR_join - AOIQuestions	3	2	0.03	2755.5	918.50	5511	1837.00	2	0.2483	0.2401	0.1644	0.1228	0.0416	0.0435	0.0266	0.0008
AOIQuestions - AOIXOR_join - AOIB	3	2	0.02	2606.0	868.67	5212	1737.33	2	0.2411	0.2314	0.1633	0.1214	0.0404	0.0420	0.0260	0.0008
AOID - AOIQuestions - AOID	3	2	0.04	2485.0	828.33	4970	1656.67	2	0.2352	0.2244	0.1624	0.1202	0.0394	0.0407	0.0256	0.0007
AOIQuestions - AOIAND_split - AOIB	3	2	0.02	2430.0	810.00	4860	1620.00	2	0.2325	0.2212	0.1620	0.1197	0.0389	0.0402	0.0254	0.0007
AOIXOR_split - AOIQuestions - AOIE	3	2	0.05	2300.5	766.83	4601	1533.67	2	0.2263	0.2137	0.1611	0.1184	0.0378	0.0389	0.0250	0.0007
AOIAND_split - AOIB - AOIAND_split	3	2	0.04	2264.0	754.67	4528	1509.33	2	0.2245	0.2116	0.1608	0.1181	0.0375	0.0385	0.0248	0.0007
AOIXOR_split - AOIE - AOIA	3	2	0.05	1667.5	555.83	3335	1111.67	1	0.0993	0.1191	0.0120	0.0160	0.0267	0.0289	0.0143	0.0003
AOIXOR_split - AOIA - AOIE	3	2	0.05	1638.0	546.00	3276	1092.00	2	0.1942	0.1752	0.1563	0.1121	0.0322	0.0321	0.0226	0.0005
AOIXOR_split - AOIE - AOIB	3	2	0.05	1613.5	537.83	3227	1075.67	2	0.1930	0.1738	0.1561	0.1118	0.0320	0.0318	0.0225	0.0005
AOIB - AOIC - AOIXOR_split	3	2	0.02	1592.5	530.83	3185	1061.67	2	0.1920	0.1726	0.1560	0.1116	0.0318	0.0316	0.0224	0.0005
AOIB - AOIAND_join - AOIB	3	2	0.02	1592.5	530.83	3185	1061.67	2	0.1920	0.1726	0.1560	0.1116	0.0318	0.0316	0.0224	0.0005
AOIC - AOIAND_join - AOIB	3	2	0.03	1508.5	502.83	3017	1005.67	2	0.1879	0.1677	0.1554	0.1108	0.0311	0.0308	0.0222	0.0005
AOIAND_split - AOIXOR_split - AOIAND_split	3	2	0.04	1439.0	479.67	2878	959.33	2	0.1845	0.1636	0.1549	0.1102	0.0306	0.0301	0.0219	0.0005
AOIE - AOIQuestions - AOIXOR_split	3	2	0.03	1426.0	475.33	2852	950.67	2	0.1839	0.1629	0.1548	0.1100	0.0304	0.0299	0.0219	0.0005
AOIAND_join - AOIQuestions - AOIB	3	2	0.1	1376.5	458.83	2753	917.67	2	0.1815	0.1600	0.1544	0.1096	0.0300	0.0294	0.0217	0.0004
AOIXOR_split - AOIXOR_join - AOIB	3	2	0.05	1375.5	458.50	2751	917.00	2	0.1815	0.1600	0.1544	0.1096	0.0300	0.0294	0.0217	0.0004
AOIB - AOIB - AOIQuestions	3	2	0.02	1355.0	451.67	2710	903.33	2	0.1805	0.1588	0.1543	0.1094	0.0298	0.0292	0.0216	0.0004
AOID - AOIB - AOIC	3	2	0.04	1274.5	424.83	2549	849.67	2	0.1766	0.1541	0.1537	0.1086	0.0292	0.0284	0.0213	0.0004
AOIA - AOID - AOIB	3	2	0.03	1271.5	423.83	2543	847.67	2	0.1764	0.1539	0.1537	0.1086	0.0291	0.0283	0.0213	0.0004
AOIXOR_split - AOIAND_split - AOIB	3	2	0.05	1249.5	416.50	2499	833.00	2	0.1754	0.1526	0.1535	0.1084	0.0290	0.0281	0.0212	0.0004
AOIQuestions - AOIC - AOIB	3	2	0.02	1234.5	411.50	2469	823.00	2	0.1746	0.1518	0.1534	0.1082	0.0288	0.0280	0.0212	0.0004
AOIAND_join - AOIXOR_join - AOIB	3	2	0.1	1231.5	410.50	2463	821.00	2	0.1745	0.1516	0.1534	0.1082	0.0288	0.0279	0.0212	0.0004
AOIE - AOIC - AOIXOR_join	3	2	0.03	1216.5	405.50	2433	811.00	1	0.0774	0.0929	0.0088	0.0117	0.0229	0.0243	0.0127	0.0002
AOIC - AOIA - AOIB	3	2	0.03	1191.5	397.17	2383	794.33	1	0.0762	0.0915	0.0086	0.0114	0.0227	0.0240	0.0126	0.0002
AOIB - AOIC - AOIE	3	2	0.02	1148.5	382.83	2297	765.67	2	0.1705	0.1468	0.1528	0.1074	0.0271	0.0271	0.0209	0.0004

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIQuestions - AOIXOR_join - AOIC	3	2	0.02	1128.5	752.33	2	0.1695	0.1456	0.1527	0.1072	0.0279	0.0269	0.0208	0.0004
AOIXOR_split - AOIE - AOIXOR_split	3	2	0.05	375.00	2250	750.00	1	0.0730	0.0876	0.0081	0.0108	0.0221	0.0234	0.0024
AOIB - AOID - AOIA	3	2	0.02	1041.5	347.17	2083	694.33	0.1405	0.1520	0.1064	0.0272	0.0260	0.0205	0.0004
AOIB - AOIAND_join - AOID	3	2	0.02	959.0	319.67	1918	639.33	0.1613	0.1358	0.1514	0.0265	0.0252	0.0202	0.0003
AOIAND_join - AOIB - AOID	3	2	0.1	929.5	309.83	1859	619.67	0.1599	0.1340	0.1512	0.0263	0.0249	0.0201	0.0003
AOIC - AOIB - AOIE	3	2	0.03	916.5	305.50	1833	611.00	0.0629	0.0755	0.0066	0.0204	0.0212	0.0116	0.0001
AOIB - AOIAND_join - AOIA	3	2	0.02	878.5	292.83	1757	585.67	0.1574	0.1311	0.1509	0.0258	0.0243	0.0199	0.0003
AOIXOR_join - AOIB - AOIAND_split	3	2	0.06	878.5	292.83	1757	585.67	0.1574	0.1311	0.1509	0.0258	0.0243	0.0199	0.0003
AOIA - AOIXOR_split - AOIA	3	2	0.03	851.0	283.67	1702	567.33	0.1561	0.1295	0.1507	0.0256	0.0241	0.0198	0.0003
AOIA - AOIB - AOIAND_join	3	2	0.03	845.0	281.67	1690	563.33	0.1558	0.1291	0.1506	0.0255	0.0240	0.0198	0.0003
AOIA - AOIB - AOID	3	2	0.03	791.5	263.83	1583	527.67	0.1532	0.1260	0.1502	0.0251	0.0234	0.0196	0.0003
AOIB - AOIC - AOIXOR_join	3	2	0.04	771.0	257.00	1542	514.00	0.1522	0.1248	0.1501	0.0249	0.0232	0.0195	0.0003
AOIC - AOIXOR_join - AOIA	3	2	0.03	729.5	243.17	1459	486.33	0.1502	0.1224	0.1498	0.0246	0.0228	0.0194	0.0003
AOIXOR_join - AOIC - AOIXOR_join	3	2	0.06	708.5	236.17	1417	472.33	0.0528	0.0634	0.0051	0.0186	0.0191	0.0109	0.0001
AOIA - AOIC - AOIE	3	2	0.03	645.5	215.17	1291	430.33	0.1461	0.1175	0.1492	0.0239	0.0220	0.0191	0.0003
AOIA - AOIC - AOIXOR_join	3	2	0.03	632.0	210.67	1264	421.33	0.1455	0.1168	0.1491	0.0238	0.0218	0.0191	0.0003
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOID	4	6	0.05	4033.5	1008.38	24201	6050.25	0.4258	0.3767	0.4069	0.0750	0.0735	0.0741	0.0071
AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIB	4	5	0.04	2893.4	723.35	14467	3616.75	0.3441	0.2973	0.3281	0.2448	0.0586	0.0571	0.0528
AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB	4	4	0.03	7446.25	1861.56	29785	7446.25	0.4038	0.4267	0.2850	0.2036	0.0724	0.0808	0.0563
AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions - AOIE	4	4	0.03	5510.25	1377.56	22041	5510.25	0.3899	0.3762	0.2886	0.2321	0.0659	0.0694	0.0545
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions	4	4	0.03	5139.0	1284.75	20556	5139.00	0.3764	0.3600	0.2846	0.2267	0.0636	0.0666	0.0525
AOIE - AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions	4	4	0.06	4106.75	1026.69	16427	4106.75	0.3389	0.3150	0.2734	0.2119	0.0570	0.0587	0.0470
AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split - AOIA	4	4	0.03	3226.5	806.63	12906	3226.50	0.3469	0.3007	0.3239	0.2392	0.0572	0.0554	0.0507
AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIQuestions	4	3	0.03	7026.0	1756.50	21078	3269.50	0.4356	0.4311	0.2860	0.0720	0.0769	0.0532	0.0041
AOIAND_split - AOIA - AOIQuestions - AOIE	4	3	0.06	4430.0	1107.50	13290	3322.50	0.3414	0.3180	0.2650	0.2006	0.0556	0.0570	0.0428
AOIA - AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split	4	3	0.05	3986.33	996.58	11959	2989.75	0.3253	0.2987	0.2614	0.1958	0.0528	0.0536	0.0411
AOIB - AOID - AOIQuestions - AOIB	4	3	0.02	3104.33	776.08	9313	2328.25	0.2932	0.2602	0.2542	0.1862	0.0473	0.0468	0.0376
AOIB - AOID - AOIAND_split - AOIQuestions	4	3	0.02	2913.0	728.25	8739	2184.75	0.2863	0.2519	0.2527	0.1842	0.0461	0.0454	0.0368
AOIAND_split - AOIB - AOIQuestions - AOIB	4	3	0.06	2762.0	690.50	8286	2071.50	0.2808	0.2453	0.2515	0.1825	0.0451	0.0442	0.0362
AOID - AOIB - AOIQuestions - AOIB	4	3	0.06	2704.0	676.00	8112	2028.00	0.2787	0.2428	0.2510	0.1819	0.0447	0.0438	0.0360
AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIAND_split	4	3	0.03	2681.67	670.42	8045	2011.25	0.2779	0.2418	0.2508	0.1817	0.0446	0.0436	0.0359
AOIE - AOIXOR_split - AOIAND_split - AOIA	4	3	0.04	1930.33	482.58	5791	1447.75	0.2506	0.2091	0.2447	0.1736	0.0398	0.0378	0.0329
AOIB - AOID - AOIB - AOID	4	3	0.02	1864.0	466.00	5592	1398.00	0.2482	0.2062	0.2442	0.1729	0.0394	0.0373	0.0326
AOIE - AOIXOR_split - AOIB - AOIAND_split	4	3	0.04	1241.67	310.42	3725	931.25	0.2256	0.1791	0.2391	0.1661	0.0355	0.0325	0.0302
AOIB - AOIQuestions - AOIAND_split - AOIQuestions	4	2	0.02	7485.0	1871.25	14970	3742.50	0.3867	0.4062	0.1850	0.1502	0.0727	0.0367	0.0020
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIA	4	2	0.02	7357.0	1839.25	14714	3678.50	0.3820	0.4006	0.1843	0.1493	0.0649	0.0717	0.0363
AOIQuestions - AOIB - AOIA - AOIC	4	2	0.02	7311.0	1827.75	14622	3655.50	0.3804	0.3986	0.1840	0.1490	0.0646	0.0714	0.0362
AOIQuestions - AOIXOR_split - AOIE - AOIQuestions	4	2	0.02	6527.0	1631.75	13054	3263.50	0.3519	0.3645	0.1798	0.1434	0.0654	0.0714	0.0341

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	$\frac{t\_total}{n}$	n	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIXOR_split - AOIB - AOIQuestions - AOID	4	2	0.05	5487.0	1371.75	10974	2743.50	2	0.3141	0.3191	0.1742	0.1359	0.0531	0.0574	0.0314	0.0013
AOIXOR_join - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions	4	2	0.06	5211.5	1302.88	10423	2605.75	2	0.3041	0.3071	0.1727	0.1339	0.0514	0.0553	0.0306	0.0012
AOIC - AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split	4	2	0.03	4886.5	1221.63	9773	2443.25	2	0.2923	0.2930	0.1709	0.1315	0.0493	0.0528	0.0298	0.0011
AOIB - AOIC - AOIQuestions - AOIE	4	2	0.02	4583.0	1145.75	9166	2291.50	2	0.2813	0.2797	0.1693	0.1294	0.0474	0.0505	0.0290	0.0011
AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions - AOIB	4	2	0.02	4488.5	1122.13	8977	2244.25	2	0.2779	0.2756	0.1688	0.1287	0.0467	0.0497	0.0287	0.0010
AOIXOR_split - AOIA - AOIB - AOIQuestions	4	2	0.05	4470.0	1117.50	8940	2235.00	2	0.2772	0.2748	0.1687	0.1285	0.0468	0.0496	0.0287	0.0010
AOIB - AOIAND_split - AOIQuestions - AOID	4	2	0.02	4190.0	1047.50	8380	2095.00	2	0.2670	0.2626	0.1672	0.1265	0.0449	0.0475	0.0279	0.0010
AOIA - AOIB - AOIQuestions - AOIB	4	2	0.03	4136.0	1034.00	8272	2068.00	2	0.2651	0.2603	0.1669	0.1261	0.0446	0.0470	0.0278	0.0009
AOIB - AOID - AOIB - AOIQuestions	4	2	0.02	4081.0	1020.25	8162	2040.50	2	0.2631	0.2579	0.1666	0.1257	0.0442	0.0466	0.0276	0.0009
AOIQuestions - AOIA - AOIQuestions - AOIE	4	2	0.02	3778.0	944.50	7556	1880.00	2	0.2521	0.2447	0.1649	0.1236	0.0423	0.0443	0.0268	0.0009
AOIB - AOIAND_split - AOIA - AOIQuestions	4	2	0.02	3748.5	937.13	7497	1874.25	2	0.2510	0.2434	0.1648	0.1233	0.0421	0.0441	0.0268	0.0008
AOIC - AOIQuestions - AOIB - AOIC	4	2	0.02	3740.5	935.13	7481	1870.25	2	0.2507	0.2430	0.1647	0.1233	0.0421	0.0440	0.0267	0.0008
AOIC - AOIQuestions - AOIB - AOID	4	2	0.03	3674.0	918.50	7348	1837.00	2	0.2483	0.2401	0.1644	0.1228	0.0416	0.0435	0.0266	0.0008
AOIQuestions - AOID - AOIAND_split - AOIB	4	2	0.02	3580.0	895.00	7160	1790.00	2	0.2449	0.2360	0.1639	0.1221	0.0410	0.0428	0.0263	0.0008
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIC	4	2	0.02	3372.0	843.00	6744	1686.00	2	0.2373	0.2270	0.1627	0.1206	0.0397	0.0412	0.0258	0.0008
AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions - AOIXOR_join	4	2	0.02	3343.5	835.88	6687	1671.75	2	0.2363	0.2257	0.1626	0.1204	0.0396	0.0410	0.0257	0.0007
AOIQuestions - AOID - AOIB - AOIXOR_split	4	2	0.02	3310.5	827.63	6621	1655.25	2	0.2351	0.2243	0.1624	0.1202	0.0393	0.0407	0.0256	0.0007
AOIC - AOIQuestions - AOIA - AOIC	4	2	0.03	3140.5	785.13	6281	1570.25	1	0.1326	0.1591	0.0170	0.0226	0.0325	0.0359	0.0167	0.0004
AOID - AOIAND_split - AOIB - AOIQuestions	4	2	0.04	2996.5	749.13	5993	1498.25	2	0.2237	0.2106	0.1607	0.1179	0.0374	0.0383	0.0248	0.0007
AOID - AOIB - AOIQuestions - AOIAND_split	4	2	0.04	2981.5	745.38	5963	1490.75	2	0.2231	0.2100	0.1606	0.1178	0.0373	0.0382	0.0247	0.0007
AOIB - AOID - AOIQuestions - AOID	4	2	0.02	2964.5	741.13	5929	1482.25	2	0.2225	0.2092	0.1605	0.1177	0.0372	0.0381	0.0247	0.0007
AOIQuestions - AOIXOR_split - AOIE - AOIXOR_split	4	2	0.02	2964.0	741.00	5928	1482.00	1	0.1262	0.1514	0.0160	0.0213	0.0314	0.0346	0.0163	0.0004
AOIQuestions - AOIE - AOIB - AOIC	4	2	0.02	2801.0	700.25	5602	1400.50	2	0.2166	0.2021	0.1597	0.1165	0.0361	0.0368	0.0242	0.0006
AOIC - AOIQuestions - AOIE - AOIB	4	2	0.03	2746.0	686.50	5492	1373.00	2	0.2146	0.1997	0.1594	0.1161	0.0358	0.0364	0.0241	0.0006
AOIXOR_split - AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split	4	2	0.05	2700.5	675.13	5401	1350.25	2	0.2129	0.1977	0.1591	0.1158	0.0355	0.0360	0.0240	0.0006
AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split - AOIB	4	2	0.02	2580.0	645.00	5160	1290.00	2	0.2086	0.1925	0.1585	0.1149	0.0347	0.0351	0.0237	0.0006
AOIB - AOIAND_split - AOIB - AOIAND_split	4	2	0.02	2530.0	632.50	5060	1265.00	2	0.2067	0.1903	0.1582	0.1146	0.0344	0.0347	0.0235	0.0006
AOIE - AOIXOR_split - AOIQuestions - AOIE	4	2	0.03	2521.5	630.38	5043	1260.75	2	0.2064	0.1899	0.1581	0.1145	0.0344	0.0347	0.0235	0.0006
AOIB - AOIAND_split - AOIQuestions - AOIB	4	2	0.02	2467.0	616.75	4934	1233.50	2	0.2045	0.1875	0.1579	0.1141	0.0340	0.0343	0.0234	0.0006
AOID - AOIB - AOID - AOIQuestions	4	2	0.04	2388.5	597.13	4777	1194.25	2	0.2016	0.1841	0.1574	0.1136	0.0335	0.0337	0.0232	0.0005
AOIE - AOIXOR_split - AOIA - AOIE	4	2	0.03	2063.0	515.75	4126	1031.50	2	0.1898	0.1699	0.1557	0.1112	0.0315	0.0312	0.0223	0.0005

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	t_total	h	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7	Score 8
AOIA - AOIE - AOIXOR_split - AOIAND_split	4	2	0.03	2034.0	508.50	4068	1077.00	2	0.1887	0.1687	0.1555	0.1110	0.0313	0.0309	0.0222	0.0005
AOIAND_split - AOIXOR_split - AOIAND_split - AOIB	4	2	0.04	1800.5	450.13	3601	900.25	2	0.1803	0.1585	0.1543	0.1093	0.0298	0.0292	0.0216	0.0004
AOIB - AOIQuestions - AOIC - AOIB	4	2	0.02	1718.5	429.63	3437	859.25	2	0.1773	0.1549	0.1538	0.1087	0.0283	0.0285	0.0214	0.0004
AOID - AOIB - AOIAND_split - AOIA	4	2	0.04	1445.5	361.38	2891	722.75	2	0.1674	0.1430	0.1523	0.1068	0.0276	0.0264	0.0206	0.0004
AOIB - AOID - AOIB - AOIAND_split	4	2	0.02	1346.0	336.50	2692	673.00	2	0.1638	0.1387	0.1518	0.1060	0.0269	0.0257	0.0204	0.0004
AOIB - AOIA - AOIC - AOIB	4	2	0.02	1313.0	328.25	2626	656.50	2	0.1626	0.1373	0.1516	0.1058	0.0267	0.0254	0.0203	0.0004
AOIAND_split - AOIA - AOIXOR_split - AOIA	4	2	0.04	1309.0	327.25	2618	654.50	2	0.1624	0.1371	0.1516	0.1058	0.0267	0.0254	0.0203	0.0004
AOIXOR_join - AOIC - AOIXOR_join - AOIC	4	2	0.06	1121.0	280.25	2242	560.50	1	0.0592	0.0711	0.0061	0.0081	0.0197	0.0204	0.0114	0.0001
AOIA - AOIB - AOID - AOIC	4	2	0.03	1020.0	255.00	2040	510.00	2	0.1519	0.1245	0.1500	0.1037	0.0249	0.0232	0.0195	0.0003
AOIE - AOIA - AOIC - AOIXOR_join	4	2	0.03	969.5	242.38	1939	484.75	2	0.1501	0.1223	0.1498	0.1033	0.0246	0.0228	0.0194	0.0003
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIB	5	3	0.02	4924.0	984.80	14772	2654.40	3	0.3235	0.2966	0.2610	0.1953	0.0525	0.0532	0.0409	0.0020
AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIAND_split - AOIQuestions	5	3	0.03	4502.67	900.53	13508	2701.60	3	0.3113	0.2819	0.2583	0.1916	0.0504	0.0506	0.0396	0.0018
AOIXOR_join - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB	5	2	0.06	8148.5	1629.70	16297	3259.40	2	0.3516	0.3641	0.1797	0.1433	0.0596	0.0653	0.0341	0.0017
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB	5	2	0.02	8060.5	1612.10	16121	3224.20	1	0.2527	0.3032	0.0348	0.0464	0.0534	0.0613	0.0255	0.0011
AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions	5	2	0.02	7706.0	1541.20	15412	3082.40	2	0.3387	0.3487	0.1778	0.1407	0.0574	0.0626	0.0332	0.0015
AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOID	5	2	0.02	7485.0	1497.00	14970	2994.00	1	0.2360	0.2832	0.0323	0.0431	0.0505	0.0577	0.0243	0.0010
AOIQuestions - AOID - AOIAND_split - AOIB - AOIQuestions	5	2	0.02	5314.5	1062.90	10629	2125.80	2	0.2693	0.2653	0.1675	0.1270	0.0453	0.0479	0.0281	0.0010
AOIE - AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions - AOIE	5	2	0.03	5220.5	1044.10	10441	2088.20	2	0.2665	0.2620	0.1671	0.1264	0.0448	0.0474	0.0279	0.0010
AOIA - AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOID	5	2	0.03	4544.5	908.90	9089	1817.80	2	0.2469	0.2385	0.1642	0.1225	0.0414	0.0432	0.0265	0.0008
AOID - AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions	5	2	0.04	4152.0	830.40	8304	1660.80	2	0.2355	0.2248	0.1625	0.1203	0.0394	0.0408	0.0256	0.0007
AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIB - AOIAND_split	5	2	0.02	3469.0	693.80	6938	1387.60	2	0.2157	0.2010	0.1595	0.1163	0.0360	0.0366	0.0242	0.0006
AOID - AOIAND_split - AOIB - AOIQuestions - AOIB	5	2	0.04	3338.0	667.60	6676	1335.20	2	0.2118	0.1964	0.1590	0.1156	0.0353	0.0358	0.0239	0.0006
AOIE - AOIXOR_split - AOIQuestions - AOIE - AOIXOR_split	5	2	0.03	2921.5	584.30	5843	1168.60	2	0.1997	0.1819	0.1572	0.1132	0.0332	0.0333	0.0230	0.0005
AOIB - AOID - AOIB - AOID - AOIQuestions	5	2	0.02	2796.0	559.20	5592	1118.40	2	0.1961	0.1775	0.1566	0.1125	0.0326	0.0325	0.0227	0.0005
AOIA - AOIE - AOIXOR_split - AOIAND_split - AOIA	5	2	0.03	2426.0	485.20	4852	970.40	2	0.1854	0.1646	0.1550	0.1103	0.0307	0.0302	0.0220	0.0005
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOID	6	2	0.02	8297.0	1382.83	16594	2765.67	1	0.2194	0.2633	0.0299	0.0398	0.0476	0.0542	0.0231	0.0009
AOIQuestions - AOID - AOIAND_split - AOIB - AOIQuestions - AOIB	6	2	0.02	5656.0	942.67	11312	1885.33	2	0.2518	0.2443	0.1649	0.1235	0.0423	0.0442	0.0268	0.0009

Tabelle A.9: Ergebnisse der Mustersuche mit allen entwickelten Scores zur Evaluation des Score. Die manuell als relevant identifizierten Muster für die einzelnen Parameter sind unterstrichen und rot eingefärbt.

## A.9 Manuell als relevant identifizierte Muster

Muster	f	$\frac{t_{avg}}{l}$	n
AOIQuestions - AOIAND_split - AOIQuestions	2	<u>2294,83</u>	2
AOIB - AOIQuestions - AOIAND_split - AOIQuestions	2	<u>1871,25</u>	2
AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB	<u>4</u>	<u>1861,56</u>	2
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIA	2	<u>1839,25</u>	2
AOIQuestions - AOIB - AOIA - AOIC	2	<u>1827,75</u>	2
AOIQuestions - AOIB - AOID - AOIQuestions	3	<u>1756,50</u>	3
AOIXOR_split - AOIE - AOIQuestions	3	<u>1723,78</u>	3
AOIQuestions - AOIA - AOIB	2	<u>1708,33</u>	2
AOIB - AOIC - AOIQuestions	5	<u>1698,20</u>	5
AOIQuestions - AOIXOR_split - AOIE - AOIQuestions	2	<u>1631,75</u>	2
AOIB - AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions - AOIB	2	<u>1612,10</u>	1
AOIAND_split - AOIQuestions	10	<u>1589,40</u>	8
AOIQuestions - AOIA	8	<u>1554,63</u>	6
AOIQuestions - AOIB - AOIQuestions	6	<u>1551,61</u>	4
AOIQuestions - AOID	9	<u>1550,28</u>	6

Tabelle A.10: Die manuell für den Parameter durchschnittliche Betrachtungsdauer dividiert durch die Länge als relevant bewertete Muster

<b>Muster</b>	<b>f</b>	<b><math>\frac{t_{total}}{l}</math></b>	<b>n</b>
AOIQuestions - AOIB	<u>35</u>	<u>45849,50</u>	<u>11</u>
AOIQuestions - AOIE	<u>26</u>	<u>33696,50</u>	<u>11</u>
AOIB - AOIQuestions	<u>24</u>	<u>31410,50</u>	<u>10</u>
AOIC - AOIQuestions	18	<u>26528,00</u>	<u>9</u>
AOIE - AOIQuestions	19	<u>21041,00</u>	<u>9</u>
AOIB - AOIQuestions - AOIB	<u>14</u>	<u>18832,33</u>	<u>8</u>
AOIAND_split - AOIQuestions	10	<u>15894,00</u>	8
AOIQuestions - AOID	9	<u>13952,50</u>	6
AOIA - AOIQuestions	10	<u>13841,00</u>	6
AOIQuestions - AOIA	8	<u>12437,00</u>	6
AOID - AOIQuestions	11	<u>11328,00</u>	8
AOIQuestions - AOIB - AOID	<u>12</u>	<u>11328,00</u>	<u>8</u>
AOIB - AOID	<u>29</u>	<u>10357,50</u>	<u>10</u>
AOIQuestions - AOIAND_split	11	<u>10166,00</u>	5
AOIQuestions - AOIE - AOIQuestions	<u>7</u>	<u>9873,33</u>	4

Tabelle A.11: Die manuell für den Parameter Gesamtbetrachtungsdauer dividiert durch die Länge als relevant bewertete Muster

## A.10 Höchst bewertete Muster der Scores 1-4

Muster	l	f	t_avg [in ms]	t_avg l	t_total [in ms]	t_total l	n	Score 1
AOIQuestions - AOIB	2	<u>36</u>	2571,94	1285,97	92590	<u>46295,00</u>	<u>11</u>	0,8535
AOIQuestions - AOIE	2	<u>27</u>	2643,7	1321,85	71380	<u>35690,00</u>	<u>11</u>	0,7753
AOIB - AOIQuestions	2	<u>24</u>	2617,54	1308,77	62821	<u>31410,50</u>	<u>10</u>	0,7324
AOIC - AOIQuestions	2	18	2947,56	1473,78	53056	<u>26528,00</u>	<u>9</u>	0,6862
AOIB - AOID	2	<u>28</u>	723,75	361,88	20265	<u>10132,50</u>	<u>10</u>	0,6319
AOIE - AOIQuestions	2	18	2318,94	1159,47	41741	<u>20870,50</u>	8	0,6241
AOIB - AOIQuestions - AOIB	3	<u>14</u>	4035,5	1345,17	56497	<u>18832,33</u>	<u>8</u>	0,6141
AOIAND_split - AOIQuestions	2	10	3178,8	<u>1589,40</u>	31788	<u>15894,00</u>	8	0,6125
AOIQuestions - AOID	2	11	3301,18	<u>1650,59</u>	36313	<u>18156,50</u>	7	0,6121
AOIA - AOIQuestions	2	10	2923,2	1461,60	29232	<u>14616,00</u>	6	0,5540

Tabelle A.12: Die zehn höchst bewerteten Muster des ersten Scores

Muster	l	f	t_avg [in ms]	t_avg l	t_total [in ms]	t_total l	n	Score 2
AOIQuestions - AOIB	2	<u>36</u>	2571,94	1285,97	92590	<u>46295,00</u>	<u>11</u>	0,8242
AOIQuestions - AOIE	2	<u>27</u>	2643,7	1321,85	71380	<u>35690,00</u>	<u>11</u>	0,7304
AOIB - AOIQuestions	2	<u>24</u>	2617,54	1308,77	62821	<u>31410,50</u>	<u>10</u>	0,6868
AOIC - AOIQuestions	2	18	2947,56	1473,78	53056	<u>26528,00</u>	<u>9</u>	0,6401
AOIE - AOIQuestions	2	18	2318,94	1159,47	41741	<u>20870,50</u>	8	0,5755
AOIQuestions - AOID	2	11	3301,18	<u>1650,59</u>	36313	<u>18156,50</u>	7	0,5722
AOIB - AOID	2	<u>28</u>	723,75	361,88	20265	<u>10132,50</u>	<u>10</u>	0,5662
AOIB - AOIQuestions - AOIB	3	<u>14</u>	4035,5	1345,17	56497	<u>18832,33</u>	<u>8</u>	0,5635
AOIAND_split - AOIQuestions	2	10	3178,8	<u>1589,40</u>	31788	<u>15894,00</u>	8	0,5616
AOIA - AOIQuestions	2	10	2923,2	1461,60	29232	<u>14616,00</u>	6	0,5153

Tabelle A.13: Die zehn höchst bewerteten Muster des zweiten Scores

Muster	l	f	t_avg [in ms]	$\frac{t\_avg}{l}$	t_total [in ms]	$\frac{t\_total}{l}$	n	Score 3
AOIQuestions - AOIB	2	<u>36</u>	2571,94	1285,97	92590	<u>46295,00</u>	<u>11</u>	1,0000
AOIQuestions - AOIE	2	<u>27</u>	2643,7	1321,85	71380	<u>35690,00</u>	<u>11</u>	0,8855
AOIB - AOIQuestions	2	<u>24</u>	2617,54	1308,77	62821	<u>31410,50</u>	<u>10</u>	0,8194
AOIC - AOIQuestions	2	18	2947,56	1473,78	53056	<u>26528,00</u>	<u>9</u>	0,7447
AOIE - AOIQuestions	2	18	2318,94	1159,47	41741	20870,50	8	0,6590
AOIB - AOIQuestions - AOIB	3	<u>14</u>	4035,5	1345,17	56497	<u>18832,33</u>	<u>8</u>	0,6370
AOIAND_split - AOIQuestions	2	10	3178,8	<u>1589,40</u>	31788	<u>15894,00</u>	8	0,6053
AOIQuestions - AOID	2	11	3301,18	<u>1650,59</u>	36313	<u>18156,50</u>	7	0,6018
AOIB - AOID	2	<u>28</u>	723,75	361,88	20265	<u>10132,50</u>	<u>10</u>	0,5896
AOID - AOIB	2	18	870,67	435,34	15672	7836,00	<u>10</u>	0,5648

Tabelle A.14: Die zehn höchst bewerteten Muster des dritten Scores

Muster	l	f	t_avg [in ms]	$\frac{t\_avg}{l}$	t_total [in ms]	$\frac{t\_total}{l}$	n	Score 3
AOIQuestions - AOIB	2	<u>36</u>	2571,94	1285,97	92590	<u>46295,00</u>	<u>11</u>	1,0000
AOIQuestions - AOIE	2	<u>27</u>	2643,7	1321,85	71380	<u>35690,00</u>	<u>11</u>	0,8473
AOIB - AOIQuestions	2	<u>24</u>	2617,54	1308,77	62821	<u>31410,50</u>	<u>10</u>	0,7724
AOIC - AOIQuestions	2	18	2947,56	1473,78	53056	<u>26528,00</u>	<u>9</u>	0,6875
AOIE - AOIQuestions	2	18	2318,94	1159,47	41741	<u>20870,50</u>	8	0,5896
AOIB - AOIQuestions - AOIB	3	<u>14</u>	4035,5	1345,17	56497	<u>18832,33</u>	<u>8</u>	0,5603
AOIQuestions - AOID	2	11	3301,18	<u>1650,59</u>	36313	<u>18156,50</u>	7	0,5320
AOIAND_split - AOIQuestions	2	10	3178,8	<u>1589,40</u>	31788	<u>15894,00</u>	8	0,5179
AOIB - AOID	2	<u>28</u>	723,75	361,88	20265	<u>10132,50</u>	<u>10</u>	0,4660
AOIA - AOIQuestions	2	10	2923,2	1461,60	29232	<u>14616,00</u>	6	0,4596

Tabelle A.15: Die zehn höchst bewerteten Muster des vierten Scores

## A.11 Evaluation Score einzelne Eingabedatei

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_avg 1	t_total [in ms]	t_total 1	n	Score 1 & 2	Score 3 & 4	Score 5 & 6	Score 7 & 8
AOIQuestions - AOID	2	3	0,5	2985,67	1492,84	8957	4478,5	1	1,0000	1,0000	0,6591	0,8168
AOIB - AOIC	2	2	0,4	803,0	401,5	1606	803	1	0,4678	0,1793	0,2995	0,1465
AOIC - AOIB	2	2	0,5	621,0	310,5	1242	621	1	0,4373	0,1387	0,2781	0,1133
AOID - AOIAND_split	2	2	0,5	1184,0	592	2368	1184	1	0,5316	0,2644	0,3444	0,2159
AOIQuestions - AOID - AOIAND_split	3	2	0,33	4128	1376	8256	2752	1	0,7942	0,6145	0,5291	0,5019

Tabelle A.16: Ergebnisse der Mustersuche mit allen entwickelten Scores für die Eingabedatei aus Tabelle A.5

## A.12 Ergebnisse automatische Mustersuche

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1
AOID - AOIG	2	16	0,25	879,25	14068	7	0,9372
AOIC - AOIF	2	14	0,31	793,71	11112	9	0,832
AOIB - AOIG	2	12	0,32	827,5	9930	7	0,7411
AOIE - AOID	2	13	0,28	676,92	8800	8	0,7061
AOIAND_split - AOIA	2	15	0,6	671,93	10079	5	0,7014
AOIC - AOIE	2	10	0,22	826,8	8268	8	0,6809
AOIF - AOID	2	10	0,23	850,0	8500	7	0,6733
AOIB - AOID	2	8	0,21	1055,38	8443	6	0,6492
AOIF - AOIC	2	10	0,23	736,6	7366	7	0,6196
AOIXOR_join - AOIXOR_split	2	4	0,2	2760,5	11042	2	0,6196
AOIF - AOIE	2	10	0,23	820,9	8209	5	0,6127
AOIA - AOIB	2	8	0,21	957,75	7662	6	0,6122
AOID - AOIC	2	9	0,14	696,44	6268	9	0,6025
AOIG - AOIA	2	11	0,22	714,09	7855	5	0,596
AOIE - AOIF	2	6	0,13	1268,33	7610	5	0,5844
AOIC - AOIG	2	5	0,11	1488,8	7444	5	0,5765
AOIG - AOIB	2	9	0,18	745,22	6707	6	0,5669
AOIE - AOIB	2	7	0,15	1006,0	7042	5	0,5574
AOIG - AOIAND_split	2	7	0,14	910,29	6372	6	0,551
AOIA - AOID	2	9	0,24	592,56	5333	7	0,5232
AOIG - AOID	2	9	0,18	761,89	6857	4	0,5177
AOIA - AOIG	2	8	0,21	726,38	5811	5	0,4991
AOIXOR_split - AOIF	2	8	0,3	623,88	4991	5	0,4602
AOIE - AOIC	2	7	0,15	709,43	4966	5	0,4591
AOID - AOIXOR_join	2	7	0,11	788,29	5518	4	0,4542
AOIE - AOIXOR_split	2	6	0,13	798,67	4792	5	0,4508
AOIXOR_split - AOIC	2	6	0,22	882,0	5292	4	0,4435
AOID - AOIB	2	6	0,09	740,67	4444	4	0,4033
AOIC - AOIF - AOID	3	4	0,09	1623,5	6494	4	0,3979
AOIC - AOIXOR_split	2	4	0,09	1052,0	4208	4	0,3921
AOIC - AOID	2	5	0,11	698,2	3491	5	0,3892
AOIXOR_split - AOIE	2	6	0,22	565,17	3391	5	0,3844
AOIF - AOIXOR_split	2	5	0,11	796,8	3984	4	0,3815
AOIB - AOIAND_join	2	6	0,16	792,0	4752	3	0,3779
AOIB - AOIG - AOIA	3	5	0,13	1130,0	5650	4	0,3712
AOID - AOIG - AOIB	3	5	0,08	1065,4	5327	4	0,361
AOIF - AOIC - AOIF	3	5	0,11	1035,2	5176	4	0,3562
AOIC - AOIF - AOIXOR_split	3	4	0,09	1256,5	5026	4	0,3515
AOID - AOIG - AOID	3	4	0,06	1502,25	6009	3	0,3426
AOID - AOIXOR_join - AOIXOR_split	3	2	0,03	4427,0	8854	1	0,2797
AOIA - AOIC	2	2	0,05	2568,5	5137	2	0,3398
AOID - AOIC - AOIE	3	4	0,06	1129,5	4518	4	0,3354
AOIF - AOID - AOIG	3	4	0,09	1437,5	5750	3	0,3344
AOID - AOIA	2	5	0,08	536,8	2684	4	0,3199
AOIG - AOIA - AOID	3	4	0,08	936,75	3747	4	0,3111
AOIXOR_split - AOIAND_split	2	3	0,11	1109,0	3327	3	0,3104
AOIG - AOIA - AOIC	3	2	0,04	3373,0	6746	2	0,3095

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1
AOIA - AOID - AOIC	3	4	0,11	900,0	3600	4	0,3064
AOIG - AOIAND_split - AOIA	3	4	0,08	1210,0	4840	3	0,3056
AOIC - AOIF - AOID - AOIG	4	3	0,07	2100,33	6301	3	0,302
AOIA - AOIB - AOIG	3	3	0,08	1557,33	4672	3	0,3003
AOID - AOIAND_split	2	5	0,08	622,0	3110	3	0,3001
AOIC - AOIXOR_join	2	4	0,09	722,75	2891	3	0,2897
AOIXOR_split - AOIC - AOIF	3	3	0,11	1397,33	4192	3	0,2852
AOIF - AOIE - AOID	3	4	0,09	1018,0	4072	3	0,2814
AOIG - AOIE	2	3	0,06	899,33	2698	3	0,2806
AOID - AOIG - AOIAND_split	3	3	0,05	1328,67	3986	3	0,2786
AOIB - AOIE	2	3	0,08	884,33	2653	3	0,2784
AOIE - AOID - AOIG	3	3	0,07	1306,33	3919	3	0,2765
AOIF - AOIXOR_split - AOIC	3	3	0,07	1298,0	3894	3	0,2757
AOIC - AOIF - AOIXOR_split - AOIC	4	3	0,07	1708,67	5126	3	0,2742
AOID - AOIF	2	3	0,05	829,67	2489	3	0,2707
AOIG - AOIB - AOIAND_join	3	3	0,06	1233,0	3699	3	0,2696
AOIAND_split - AOIG	2	3	0,12	810,67	2432	3	0,268
AOIB - AOIF	2	2	0,05	1755,5	3511	2	0,2627
AOIAND_split - AOID	2	4	0,16	576,0	2304	3	0,2619
AOIXOR_join - AOID	2	4	0,2	573,25	2293	3	0,2614
AOID - AOIAND_split - AOIA	3	4	0,06	859,0	3436	3	0,2613
AOIAND_split - AOIA - AOID	3	4	0,16	855,5	3422	3	0,2608
AOIC - AOIF - AOIE	3	3	0,07	1115,67	3347	3	0,2585
AOIA - AOIF - AOIC	3	3	0,08	1091,0	3273	3	0,2561
AOID - AOIXOR_split	2	3	0,05	710,33	2131	3	0,2537
AOIC - AOIG - AOIA	3	2	0,04	2434,5	4869	2	0,2502
AOID - AOIA - AOIG	3	3	0,05	1003,0	3009	3	0,2478
AOIA - AOIAND_split	2	3	0,08	642,0	1926	3	0,244
AOIE - AOIC - AOID	3	3	0,07	963,0	2889	3	0,244
AOIA - AOIF	2	3	0,08	594,0	1782	3	0,2372
AOIXOR_join - AOIC	2	4	0,2	739,5	2958	2	0,2365
AOIG - AOIA - AOIB	3	3	0,06	1408,0	4224	2	0,2298
AOIB - AOIA	2	2	0,05	1375,0	2750	2	0,2267
AOIA - AOIB - AOIF	3	2	0,05	2005,0	4010	2	0,223
AOIAND_split - AOIA - AOIG	3	4	0,16	959,25	3837	2	0,2176
AOIF - AOIE - AOIXOR_split	3	3	0,07	1221,67	3665	2	0,2121
AOIG - AOIAND_join	2	3	0,06	802,33	2407	2	0,2104
AOIAND_join - AOIB	2	3	0,23	791,67	2375	2	0,2089
AOIF - AOID - AOIXOR_join	3	2	0,05	1768,5	3537	2	0,2081
AOIC - AOIE - AOIXOR_split	3	2	0,04	1729,5	3459	2	0,2056
AOIF - AOIC - AOIF - AOID	4	2	0,05	2255,0	4510	2	0,2032
AOIG - AOIB - AOIA	3	2	0,04	1678,0	3356	2	0,2024
AOIE - AOIXOR_split - AOIXOR_join	3	2	0,04	1671,5	3343	2	0,202
AOIC - AOIG - AOIC	3	2	0,04	1655,0	3310	2	0,2009
AOIB - AOIG - AOID	3	3	0,08	1091,67	3275	2	0,1998
AOIG - AOIF	2	3	0,06	705,33	2116	2	0,1966
AOIXOR_split - AOIXOR_join	2	2	0,07	1054,5	2109	2	0,1963

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1
AOID - AOIF - AOIE	3	2	0,03	1569,5	3139	2	0,1955
AOIF - AOIB	2	3	0,07	697,0	2091	2	0,1954
AOIF - AOIB - AOIG	3	3	0,07	1043,0	3129	2	0,1952
AOIXOR_join - AOIC - AOIF	3	3	0,15	1028,0	3084	2	0,1938
AOIF - AOIC - AOIF - AOID - AOIG	5	2	0,05	2558,5	5117	2	0,1934
AOID - AOIB - AOID	3	2	0,03	1533,5	3067	2	0,1932
AOIF - AOIE - AOIB	3	2	0,05	1463,5	2927	2	0,1888
AOIG - AOIB - AOID	3	2	0,04	1438,0	2876	2	0,1872
AOIB - AOIC	2	3	0,08	636,0	1908	2	0,1868
AOIA - AOIG - AOIAND_split	3	2	0,05	1418,5	2837	2	0,186
AOIE - AOIF - AOID	3	2	0,04	1408,5	2817	2	0,1854
AOIC - AOID - AOIG	3	2	0,04	1386,5	2773	2	0,184
AOID - AOIG - AOID - AOIG	4	2	0,03	1842,0	3684	2	0,1836
AOIG - AOID - AOIG	3	3	0,06	919,33	2758	2	0,1835
AOIG - AOIAND_split - AOIA - AOIG	4	2	0,04	1839,5	3679	2	0,1835
AOID - AOIG - AOIAND_split - AOIA	4	2	0,03	1801,5	3603	2	0,1817
AOIAND_join - AOIE	2	3	0,23	594,33	1783	2	0,1808
AOIB - AOID - AOIG - AOIAND_split - AOIA	5	2	0,05	2146,5	4293	2	0,1777
AOID - AOIG - AOIAND_split - AOIA - AOIG	5	2	0,03	2135,0	4270	2	0,1773
AOIB - AOID - AOIG - AOIAND_split	4	2	0,05	1679,0	3358	2	0,1759
AOIG - AOIC	2	2	0,04	834,0	1668	2	0,1754
AOIF - AOIC - AOIXOR_join	3	2	0,05	1245,0	2490	2	0,175
AOIB - AOID - AOIG - AOIAND_split - AOIA - AOIG	6	2	0,05	2480,0	4960	2	0,1747
AOIF - AOID - AOIB	3	2	0,05	1230,0	2460	2	0,1741
AOIB - AOID - AOIG	3	2	0,05	1211,5	2423	2	0,1729
AOIC - AOIE - AOIB	3	2	0,04	1212,0	2424	2	0,1729
AOIA - AOIG - AOIE	3	2	0,05	1179,0	2358	2	0,1709
AOIXOR_split - AOIE - AOIC	3	2	0,07	1166,5	2333	2	0,1701
AOIF - AOIC - AOIXOR_split	3	2	0,05	1158,0	2316	2	0,1695
AOIC - AOIB	2	2	0,04	763,5	1527	2	0,1687
AOIB - AOIG - AOIA - AOID	4	2	0,05	1523,5	3047	2	0,1686
AOIA - AOIB - AOIG - AOIA	4	2	0,05	1520,5	3041	2	0,1684
AOIE - AOIAND_split	2	2	0,04	758,5	1517	2	0,1682
AOID - AOIG - AOIA	3	2	0,03	1133,0	2266	2	0,1679
AOIF - AOIG - AOIB	3	2	0,05	1124,5	2249	2	0,1674
AOIB - AOIG - AOIF	3	2	0,05	1124,5	2249	2	0,1674
AOIAND_split - AOIA - AOIF - AOIC	4	2	0,08	1499,0	2998	2	0,1674
AOIG - AOIE - AOIB	3	2	0,04	1120,0	2240	2	0,1671
AOIF - AOIB - AOIG - AOIA	4	2	0,05	1490,5	2981	2	0,167
AOIG - AOIB - AOIG	3	2	0,04	1096,0	2192	2	0,1656

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1
AOIF - AOIB - AOIG - AOIA - AOID	5	2	0,05	1823,5	3647	2	0,1655
AOIF - AOID - AOIG - AOIB	4	2	0,05	1446,5	2893	2	0,1649
AOID - AOIA - AOIG - AOIE	4	2	0,03	1421,0	2842	2	0,1637
AOID - AOIG - AOIB - AOIG	4	2	0,03	1421,5	2843	2	0,1637
AOID - AOIXOR_split - AOIF	3	2	0,03	1062,0	2124	2	0,1635
AOIAND_split - AOIA - AOIB	3	2	0,08	1050,0	2100	2	0,1627
AOIF - AOID - AOIG - AOIB - AOIG	5	2	0,05	1738,5	3477	2	0,1623
AOID - AOIE	2	3	0,05	1140,0	3420	1	0,1621
AOIG - AOIA - AOIAND_split	3	2	0,04	1041,0	2082	2	0,1621
AOIA - AOIB - AOID	3	2	0,05	1025,5	2051	2	0,1612
AOID - AOIC - AOIG	3	2	0,03	1024,5	2049	2	0,1611
AOIA - AOIG - AOIAND_join	3	2	0,05	1021,0	2042	2	0,1609
AOIC - AOIF - AOIC	3	2	0,04	1009,0	2018	2	0,1601
AOIAND_join - AOIB - AOIC	3	2	0,15	995,5	1991	2	0,1593
AOIA - AOID - AOIG	3	2	0,05	981,0	1962	2	0,1583
AOIA - AOIXOR_split	2	2	0,05	642,0	1284	2	0,1572
AOIG - AOID - AOIF	3	2	0,04	949,5	1899	2	0,1563
AOIAND_split - AOIA - AOID - AOIC	4	2	0,08	1258,0	2516	2	0,156
AOIXOR_join - AOIF	2	2	0,1	625,0	1250	2	0,1556
AOIF - AOIXOR_join	2	2	0,05	616,5	1233	2	0,1548
AOIAND_split - AOIA - AOIF	3	2	0,08	920,5	1841	2	0,1545
AOIF - AOIG	2	2	0,05	611,5	1223	2	0,1543
AOIE - AOID - AOIC	3	2	0,04	903,0	1806	2	0,1534
AOIE - AOIXOR_split - AOIE	3	2	0,04	900,0	1800	2	0,1532
AOIA - AOIF - AOIC - AOIF	4	2	0,05	1175,5	2351	2	0,1521
AOIG - AOIA - AOID - AOIC	4	2	0,04	1079,0	2158	2	0,1475
AOIC - AOIE - AOID	3	2	0,04	799,5	1599	2	0,1469
AOIXOR_split - AOIF - AOID	3	2	0,07	733,0	1466	2	0,1427
AOIAND_split - AOID - AOIAND_split	3	2	0,08	715,5	1431	2	0,1416
AOIE - AOID - AOIA	3	2	0,04	708,5	1417	2	0,1411
AOIAND_split - AOID - AOIAND_split - AOIA	4	2	0,08	940,5	1881	2	0,1409
AOID - AOIAND_split - AOIA - AOIG	4	2	0,03	936,0	1872	2	0,1407
AOIAND_split - AOID - AOIAND_split - AOIA - AOIG	5	2	0,08	1140,5	2281	2	0,1396
AOIE - AOIF - AOIE	3	2	0,04	1942,5	3885	1	0,1227
AOIB - AOID - AOIE	3	2	0,05	1839,0	3678	1	0,1162
AOID - AOIB - AOIG	3	2	0,03	1255,0	2510	1	0,0793
AOIC - AOIXOR_join - AOIC	3	2	0,04	1250,0	2500	1	0,079
AOIG - AOID - AOIB	3	2	0,04	1224,5	2449	1	0,0774
AOIC - AOIXOR_join - AOIC - AOIF	4	2	0,04	1558,5	3117	1	0,0739
AOIB - AOIAND_join - AOIE	3	2	0,05	1067,5	2135	1	0,0675
AOIAND_join - AOID	2	2	0,15	683,0	1366	1	0,0647
AOIB - AOIAND_join - AOID	3	2	0,05	1012,5	2025	1	0,064

Fortsetzung der vorherigen Seite

Muster	l	f	Anteil der ersten AOI	t_avg [in ms]	t_total [in ms]	n	Score 1
AOID - AOIXOR_join - AOID	3	2	0,03	1004,0	2008	1	0,0634
AOIE - AOIB - AOIG	3	2	0,04	961,5	1923	1	0,0608
AOIE - AOIB - AOIG - AOID	4	2	0,04	1245,0	2490	1	0,059
AOIAND_join - AOIAND_split	2	2	0,15	620,5	1241	1	0,0588
AOIAND_join - AOIAND_split - AOIA	3	2	0,15	912,0	1824	1	0,0576
AOIXOR_join - AOIE - AOID	3	2	0,1	856,5	1713	1	0,0541
AOID - AOIAND_join	2	2	0,03	516,0	1032	1	0,0489
AOIXOR_join - AOIE	2	2	0,1	502,5	1005	1	0,0476

Tabelle A.17: Alle gefundenen Muster mit der automatischen Filterung für das BPMN Diagramm G2Q2a-A-1

# Literaturverzeichnis

- [1] JavaFX Tutorial, Jakob Jenkov [Online]. Verfügbar unter: <http://tutorials.jenkov.com/javafx/index.html>. Zugriff am: 9. Juni 2021.
- [2] Opencsv User Guide [Online]. Verfügbar unter: <http://opencsv.sourceforge.net>. Zugriff am: 9. Juni 2021.
- [3] Tobii Pro X3-120, Tobii Pro AB [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-x3-120/>. Zugriff am: 1. Mai 2021.
- [4] Tobii Pro X3-120 Eye Tracker Product Description, Tobii Pro AB [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/product-descriptions/tobii-pro-x3-120-product-description.pdf>. Zugriff am: 2. Mai 2021.
- [5] R. Agrawal and R. Srikant. Mining sequential patterns. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Data Engineering*, pages 3–14, 1995.
- [6] R. Agrawal, R. Srikant, et al. Fast algorithms for mining association rules. In *Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB*, volume 1215, pages 487–499. Citeseer, 1994.
- [7] J. Arafat. Unterstützung der automatischen Eye Tracking Datenanalyse mit Interaktionsdaten. Verfügbar unter: <https://www.pi.uni-hannover.de/fileadmin/pi/se/Stud-Arbeiten/2020/Arafat2020.pdf>, 08 2020. Fachgebiet Software Engineering, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.
- [8] J. Ayres, J. Flannick, J. Gehrke, and T. Yiu. Sequential PAttern Mining Using a Bitmap Representation. In *Proceedings of the Eighth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD '02, page 429–435, New York, NY, USA, 2002. Association for Computing Machinery.

- [9] R. Bednarik. Expertise-dependent visual attention strategies develop over time during debugging with multiple code representations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(2):143–155, 2012.
- [10] N. Bissantz and J. Hagedorn. Data Mining (Datenmustererkennung). *Wirtschaftsinformatik*, 51(1):139–144, 02 2009.
- [11] M. Burmester and M. Mast. Repeated Web Page Visits and the Scanpath Theory: A Recurrent Pattern Detection Approach. *Journal of Eye Movement Research*, 3(4), 10 2010.
- [12] M. Crosby and J. Stelovsky. How do we read algorithms? A case study. *Computer*, 23(1):25–35, 1990.
- [13] S. Eraslan, Y. Yesilada, and S. Harper. Eye tracking scanpath analysis techniques on web pages: A survey, evaluation and comparison. *Journal of Eye Movement Research*, 9(1), 12 2015.
- [14] P. Fournier-Viger, A. Gomariz, M. Campos, and R. Thomas. Fast Vertical Mining of Sequential Patterns Using Co-occurrence Information. In V. S. Tseng, T. B. Ho, Z.-H. Zhou, A. L. P. Chen, and H.-Y. Kao, editors, *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 40–52, Cham, 05 2014. Springer International Publishing.
- [15] P. Fournier Viger, T. Gueniche, and V. Tseng. Using Partially-Ordered Sequential Rules to Generate More Accurate Sequence Prediction. In *Advanced Data Mining and Applications*, pages 431–442. Springer Berlin Heidelberg, 12 2012.
- [16] P. Fournier Viger, C.-W. Lin, U. Rage, Y. S. Koh, and R. Thomas. A Survey of Sequential Pattern Mining. *Data Science and Pattern Recognition*, 1:54–77, 02 2017.
- [17] J. Han, H. Cheng, D. Xin, and X. Yan. Frequent pattern mining: current status and future directions. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 15(1):55–86, 07 2007.
- [18] P. Hejmady and N. H. Narayanan. Visual Attention Patterns during Program Debugging with an IDE. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, ETRA '12, page 197–200, New York, NY, USA, 2012. Association for Computing Machinery.
- [19] A. Hernandez and M. Resnick. Placement of Call to Action Buttons for Higher Website Conversion and Acquisition: An Eye Tracking Study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 57:1042–1046, 09 2013.

- [20] T. C. Kübler, E. Kasneci, and W. Rosenstiel. SubsMatch: Scanpath Similarity in Dynamic Scenes Based on Subsequence Frequencies. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, ETRA '14, page 319–322, New York, NY, USA, 03 2014. Association for Computing Machinery.
- [21] D. Lübke, M. Ahrens, and K. Schneider. Influence of diagram layout and scrolling on understandability of BPMN processes: an eye tracking experiment with BPMN diagrams. *Information Technology and Management*, 22:1–33, 06 2021.
- [22] M. S. Magnusson. Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(1):93–110, 03 2000.
- [23] Object Management Group, Inc. (OMG). Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0. <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>, 01 2011.
- [24] A. Poole and L. Ball. *Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects*, pages 211–219. 01 2006.
- [25] K. Rayner. Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research. *Psychological bulletin*, 124:372–422, 12 1998.
- [26] M. Reani, N. Peek, and C. Jay. An Investigation of the Effects of N-Gram Length in Scanpath Analysis for Eye-Tracking Research. In *Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, ETRA '18, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [27] C. Rupp and die SOPHISTen. *Requirements-Engineering und -Management : das Handbuch für Anforderungen in jeder Situation*, Hanser eLibrary. Hanser, München, 2021.
- [28] Z. Sharafi, Y.-G. Guéhéneuc, and Z. Soh. A Systematic Literature Review on the Usage of Eye-tracking in Software Engineering. *Elsevier Journal of Software and Information Technology (IST)*, 67:79–107, 07 2015.
- [29] B. Sharif and J. Maletic. An eye tracking study on the effects of layout in understanding the role of design patterns. In *2010 IEEE International Conference on Software Maintenance*, pages 1 – 10, 10 2010.
- [30] R. Sharma and S. Gulati. *Java Unit Testing with JUnit 5 : Test Driven Development with JUnit 5*. Apress;, Berkeley, CA, 11 2017.

- [31] T. Smith and M. Waterman. Identification of common molecular subsequences. *Journal of Molecular Biology*, 147(1):195–197, 03 1981.
- [32] R. Srikant and R. Agrawal. Mining sequential patterns: Generalizations and performance improvements. In P. Apers, M. Bouzeghoub, and G. Gardarin, editors, *Advances in Database Technology — EDBT '96*, pages 1–17, Berlin, Heidelberg, 1996. Springer Berlin Heidelberg.
- [33] J. West, A. Haake, E. Rozanski, and K. Karn. EyePatterns: Software for identifying patterns and similarities across fixation sequences. In *Proceedings of the 2006 Symposium on Eye Tracking Research Applications*, pages 149–154, New York, NY, USA, 01 2006. Association for Computing Machinery.
- [34] M. J. Zaki. SPADE: An Efficient Algorithm for Mining Frequent Sequences. *Machine Learning*, 42(1):31–60, 01 2001.
- [35] S. F. Zerin and B.-S. Jeong. A Fast Contiguous Sequential Pattern Mining Technique in DNA Data Sequences Using Position Information. *IETE Technical Review*, 28(6):511–519, 11 2011.