

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

Use Cases lesen und schreiben: Eine Eye-Tracking-Studie mit Empfehlungen

Bachelorarbeit

im Studiengang Informatik

von

Alexandra Risch

**Prüfer: Prof. Dr. Kurt Schneider
Zweitprüfer: Prof. Dr. Michael Rohs
Betreuer: Oliver Karras**

Hannover, 24. Februar 2017

Erklärung der Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keinem anderen Prüfungsamt vorgelegen.

Hannover, den 24. Februar 2017

Alexandra Risch

Zusammenfassung

Use Cases sind eine weitverbreitete Methode in der Softwareentwicklung und dem Requirements Engineering. Sie beschreiben eine Interaktion zwischen einem Akteur und einem System. Es ist unbekannt, wie Use Cases gelesen und geschrieben werden. Mit diesem Wissen wäre es möglich, das Lesen und Schreiben von Use Cases effizienter zu gestalten. In dieser Arbeit wird der Einfluss von Anforderungsverlinkungen in Use Cases auf das Lesen und Schreiben von Use Cases untersucht. Von drei verschiedenen Verlinkungsvarianten soll die effizienteste identifiziert werden. Dazu wurde der Einfluss der Verlinkungsvarianten auf den Umgang mit den Anforderungen und die Art und Weise, wie Use Cases gelesen und geschrieben werden, betrachtet. Unter anderem wurden die Schreib- und Lesereihenfolge sowie die Leseintensität der Use Case Komponenten evaluiert. Außerdem wurde eine Relevanzbewertung der Komponenten vorgenommen. Die Untersuchung wurde als einer Eye-Tracking-Studie durchgeführt.

Die Studie konnte signifikante Unterschiede bei der Bewertung der Relevanz der Use Case Komponenten nachweisen. Diese hat jedoch keinen Einfluss darauf, wie die Use Cases gelesen und geschrieben werden. Ebenso hat die Verlinkungsvariante keinen Einfluss auf die Art und Weise wie Use Cases gelesen und geschrieben werden. Allerdings führt die Verlinkung der Anforderungen im Use Case zu einer differenzierteren Nutzung der Anforderungen.

Abstract

Use cases are a widely used method in software development and requirements engineering. They describe an interaction between an actor and a system. It is unknown how use cases are read and written. With this knowledge it would be possible to make the reading and writing of use cases more efficient. In this thesis, the influence of requirement linkings in use cases on the reading and writing of use cases is investigated. The most efficient is to be identified from three different linking variants. For this, the influence of the linking variants on the handling of the requirements and the way in which use cases are read and written was examined. Among other things, the read and write sequences as well as the reading intensity of the use case components were evaluated. In addition, a relevance assessment of the components was carried out. The study was conducted as an eye tracking study.

The study showed significant differences in the assessment of the relevance of use case components. Though, this does not affect how the use cases are read and written. Likewise, the linking variant has no influence on the way in which use cases are read and written. However, the linking of the requirements in the use case leads to a more differentiated use of the requirements.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziel der Arbeit	2
1.3	Struktur der Arbeit	3
2	Grundlagen	5
2.1	Anforderungen	5
2.2	Use Case	5
2.3	Eye-Tracking	7
2.3.1	Visuelle Wahrnehmung	8
2.3.2	Funktionsweise des Eyetrackers	9
2.3.3	Verwendeter Eyetracker und Analysesoftware	10
3	Verwandte Arbeiten	11
4	Planung der Studie	15
4.1	Zielsetzung mittels GQM	15
4.2	Forschungsfragen und Variablen	19
4.3	Kontextbeschreibung	21
4.3.1	Kontext	21
4.3.2	Subjekte	22
4.4	Hypothesen	22
4.4.1	Grundlagen Hypothesen	22
4.4.2	Formulierung der Hypothesen	23
4.5	Design des Experiments	26
4.5.1	Randomisierung	27
4.5.2	Blocking	28
4.5.3	Balancing	28
4.6	Threats to validity	28
4.6.1	Conclusion validity	28
4.6.2	Internal validity	29

4.6.3	Construct validity	29
4.6.4	External validity	30
5	Durchführung der Studie	31
5.1	Vorbereitung des Experiments	31
5.1.1	Umgebung	31
5.1.2	Untersuchungsobjekt	32
5.1.3	Begleitdokumente	33
5.1.4	Eyetracking Experiment	35
5.2	Ablauf	35
5.2.1	Änderungen des Ablaufs	36
5.3	Beobachtungen während der Studie	37
6	Analyse und Interpretation	39
6.1	Population	39
6.2	Aufbereitung der Rohdaten	40
6.3	Validierung der Messdaten	41
6.4	Auswertung der Daten	42
6.5	Bewertung der Ergebnisse	52
7	Fazit und Ausblick	57
7.1	Fazit	57
7.2	Ausblick	58
A	Abstraction Sheets	59
B	Begleitdokumente der Studie	63
C	Studienergebnisse	73
D	Inhalt der CD	79

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Use Cases sind eine Methode, um eine Interaktion zwischen mindestens einem Akteur und dem System, durch das ein Ziel des Hauptakteurs erreicht wird, zu beschreiben [1]. Adolph et al. [2] beschreiben Use Cases als Geschichten darüber, wie Personen ein System nutzen, um eine Aufgabe auszuführen. Sie bieten einen semiformalen Rahmen, um diese Geschichten zu strukturieren. Mehrere Use Cases zusammen können das funktionale Verhalten eines Systems beschreiben, die funktionalen Anforderungen an ein System darstellen und stellen die Grundlage, um die Objekte zu designen, die dieses Verhalten implementieren. Use Cases sind in der Regel auch für Laien leicht zu lesen, da sie natürlich sprachlich sind und einer einfachen Form folgen [2], [3].

Weidmann et al. [4] haben in einer empirischen Untersuchung zum Einsatz und Nutzen von Use Cases herausgefunden, Use Cases „werden in Unternehmen aller Größenklassen in Projekten unterschiedlicher Größe nach diversen Prozessmodellen für ein breites Spektrum von Anwendungsbereichen verwendet“ [4, S. 5]. Der größte Nutzen von Use Cases sind die Spezifikation von funktionalen Anforderungen, aber auch die Unterstützung der Kommunikation mit Anwendern und der Erstellung von Testfällen und Benutzungsdokumenten. Gross et al. [5] und Ahrens et al. [6] haben untersucht, welche Artefakte von Anforderungsdokumenten für verschiedene Rollen, wie UI-Designer, Softwarearchitekt, Tester und Entwickler relevant sind. Dabei kamen sie unter anderem zu dem Ergebnis, dass großer Wert auf Use Cases gelegt wird.

Es gibt zwar ausführliche Literatur über das Verfassen von Use Cases und einige Untersuchungen zu der Anwendung von Use Cases in der Praxis, aber

es konnten kaum Berichte gefunden werden, die sich mit der untersten Ebene befassen und zwar dem Lesen und Schreiben von Use Cases. In dieser Arbeit wird untersucht, wie Use Cases gelesen und geschrieben werden. Der Fokus liegt auf dem Lesen.

Außerdem soll die Verlinkung zwischen Use Cases und den darin enthaltenen Anforderungen untersucht werden. Alle Anforderungen an ein System sind in einer Anforderungsspezifikation dokumentiert. Use Cases stehen mit diesen Anforderungen in Verbindung, da sie eine Form der Anforderungsspezifikation sind. Es gibt verschiedene Varianten Anforderungen in Use Cases zu verlinken. So können die Nummern der Anforderungen direkt unter die einzelnen Schritte des Use Cases geschrieben werden [7], oder die Anforderungsnummern werden alle gemeinsam in eine eigene Komponente in den betreffenden Use Case geschrieben [8]. Eine andere Variante ist, die Anforderungsnummern im Use Case nicht zu vermerken.

Es bleibt zu untersuchen, ob diese verschiedenen Varianten, Use Cases mit Anforderungen zu verlinken, die Art und Weise wie die Use Cases gelesen werden, beeinflusst. Und ob eine der genannten Varianten dazu führt, dass die Anforderungen häufiger beim Lesen und Schreiben von Use Cases beachtet werden.

Um detaillierte und objektive Ergebnisse zu erhalten, wird diese Studie als Eye-Tracking-Studie durchgeführt. Der Eyetracker bietet die Möglichkeit die Augenbewegungen wahrzunehmen, sodass auch unbewusste Reaktionen untersucht werden können.

1.2 Ziel der Arbeit

Das zentrale Ziel dieser Arbeit...

ist die Analyse verschiedener Varianten Anforderungen im Use Case zu verlinken sowie der Anordnung der Use Case Komponenten bezüglich ihrer Effizienz beim Lesen und Schreiben aus der Sicht eines Requirements Engineers.

Aus dieser Analyse wird eine Empfehlung erarbeitet, welches Modell zu einer Steigerung der Effizienz beim Lesen und Schreiben von Use Cases führt.

In dieser Arbeit sollen also der Lese- und Schreibprozess von Use Cases effizienter gestaltet werden. Dabei wurden zwei verschiedene Ansätze betrachtet. Zum einen wurde untersucht, wie Use Cases gelesen und geschrieben werden. Hierzu wurde untersucht, ob es ein Schema gibt, wie die Komponenten des Use Cases gelesen und geschrieben werden. Zum anderen wurden drei verschiedene Varianten, wie man Use Cases mit Anforderungen verlinken

kann, untersucht. Die Verlinkung sieht in diesem Fall so aus, dass die Nummern der Anforderungen, die mit dem Use Case in Zusammenhang stehen, in dem Use Case vermerkt werden. Die drei Varianten sind wie folgt definiert:

Definition 1 *Treatment ohne:*

Es stehen keine Anforderungsnummern im Use Case.

Definition 2 *Treatment unten:*

Es stehen Anforderungsnummern in einer eigenen Use Case Komponente unter den anderen Komponenten.

Definition 3 *Treatment drinnen:*

Es stehen Anforderungsnummern im Use Case unter dem Schritt, auf die sich die Anforderung bezieht.

Im Rahmen einer Eyetracking-Studie wurden Use Cases aller drei Verlinkungsvarianten gelesen und ein Use Case geschrieben. Dabei wurde die Effizienz anhand von verschiedenen Metriken gemessen. Diese werden in Kapitel 4 genauer definiert.

Unter anderem wird untersucht in welcher Reihenfolge und mit welcher Intensität die Komponenten eines Use Cases gelesen werden und welche Relevanz ihnen aus Sicht des Lesers zukommt, also in welchen Komponenten die wichtigen Informationen stehen.

Am Ende der Arbeit sollte eine Verlinkungsvariante im Hinblick auf Effizienz beim Lesen und Schreiben für die Nutzung empfohlen werden, sowie möglicherweise eine Empfehlung gegeben werden, wie die Use Case Komponenten angeordnet werden sollen.

1.3 Struktur der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit werden verwendete Konzepte im Grundlagenteil erklärt. Anschließend werden Arbeiten, die ähnliche Themen wie diese Arbeit haben, vorgestellt. Im Anschluss wird die Planung der Studie gehört beschrieben. Darunter fallen unter anderem die verfolgten Ziele, das Studiendesign sowie die Betrachtung der Threats to validity. Daraufhin werden alle Aktivitäten zur Vorbereitung der Studie und der Ablauf der Studie beschrieben. Im nächsten Kapitel werden die aus der Studie resultierenden Daten analysiert und interpretiert. Im Anschluss werden die Forschungsfragen beantwortet und ein Fazit gezogen.

Kapitel 2

Grundlagen

In den Grundlagen werden die Konzepte, die im Fokus dieser Arbeit stehen, vorgestellt.

2.1 Anforderungen

Anforderungen beschreiben die Eigenschaften, die ein Softwaresystem besitzen muss, sowie die Rahmenbedingungen, die für seinen Lebenszyklus bestehend aus Entwicklung, Betrieb und Wartung gelten. Dadurch sind die Anforderungen Bezugspunkt für den Entwurf, die Entwicklung und den Test von dem System.

Anforderungen werden durch Befragungen des Kunden sowie durch Analysen von vorhandenen Systemen und Dokumenten erhoben. Sie werden in Lasten- und Pflichtenheften dokumentiert.

Es werden mehrere Klassen von Anforderungen unterschieden. Funktionale Anforderungen beschreiben welche Funktionen das System besitzen soll. **Nicht-funktionale Anforderungen** (NFR) beschreiben weitere, nicht-funktionale, Eigenschaften, die das System aufweisen soll. Dazu gehören unter anderem Qualitätsanforderungen. Prozess- und Projektanforderungen legen fest, mit welchen Mitteln und auf welchem Wege das Projekt ablaufen soll. Constraints stellen Einschränkungen an die Umsetzung dar [1], [9].

2.2 Use Case

Eine Möglichkeit funktionale Anforderungen darzustellen sind Use Cases. Sie werden definiert als „Beschreibung einer Interaktion zwischen (min.) einem Akteur und dem System, durch das ein Ziel des Hauptakteurs erreicht wird“ [1, S. 108].

Das Konzept der Use Cases wurde zuerst Ende der 60er Jahre von Ivar Jacobsen vorgestellt. Seit Ende der 80er Jahre werden sie als Anforderungsanalysemethode in der objektorientierten Programmierung verwendet. Heute versteht man unter Use Case oft zwei verschiedene Methoden. Zum einen den in dieser Arbeit untersuchten, textuellen Use Case, wie Jacobsen ihn vorgestellt hat. Zum anderen das Use Case Diagramm, das Teil der Unified Modeling Language ist. Das Use Case Diagramm dient dem Überblick über die Use Cases eines Systems und deren Beziehung untereinander.

Die textuellen Use Cases beschreiben vollständig das extern wahrnehmbare Verhalten eines System. Sie werden für unterschiedliche Zwecke verwendet. Die Hauptfunktion ist das Darstellen der funktionalen Anforderungen. Durch den Geschichtencharakter von Use Cases dienen sie als Kommunikationsmittel zwischen allen Beteiligten des Projekts. Sie werden aber auch verwendet, um von den Use Cases Anforderungen und Testfälle abzuleiten. Cockburn hält es für sinnvoller, erst Use Cases zu erstellen und aus diesen anschließend Anforderungen zu erstellen. Es gibt aber auch die umgekehrte Verfahrensweise.

Use Cases bestehen aus mehreren Komponenten, die hier definiert werden. Teilweise werden zwei Bezeichnungen angegeben. Die erste ist die Bezeichnung, die in dieser Arbeit verwendet wird. Die zweite ist die, die Cockburn verwendet.

- **Nummer:** Jedem Use Case wird eine Nummer zugeteilt über die der Use Case eindeutig bestimmt ist.
- **Name:** Der Name des Use Cases benennt ein Ziel, das der Hauptakteur von dem System unterstützt sehen will. Der Name wird als kurzer Satz mit aktivem Verb umgesetzt.
- **Umfeld/Anwendungskontext:** Das Umfeld beschreibt wo und unter welchen Umständen das System verwendet wird.
- **Systemgrenze/Umfang:** Die Systemgrenze beschreibt alle Hardware- und Systemgrenzen, die innerhalb des zu gestaltenden Systems liegen.
- **Ebene:** Die Ebene beschreibt die Positionierung des jeweiligen Use Cases in dem System. Cockburn unterscheidet die Ebenen Überblicksziele, Anwenderziel und Subfunktionen.
- **Hauptakteur/Primärakteur:** Der Hauptakteur ist derjenige Stakeholder, der eine Interaktion mit dem System auslöst, um ein Ziel zu erreichen.

- **Stakeholder und Interessen:** Stakeholder sind Personen und Dinge, die ein eigenes Interesse am Verhalten des Systems haben, aber nicht unbedingt direkt mit dem System interagieren.
- **Voraussetzungen/Vorbedingungen:** Voraussetzungen beschreiben die Bedingungen, die vor Beginn des Use Case Ablaufs garantiert sein müssen.
- **Garantie/Invarianten:** Die Garantie beschreibt die Mindestgarantien des Systems an die Stakeholder, die in jedem Fall gewährleistet sind.
- **Erfolgsfall/Nachbedingung:** Der Erfolgsfall beschreibt die Bedingungen, die nach dem erfolgreichen Ablauf des Use Cases gelten.
- **Auslöser/Trigger:** Der Auslöser beschreibt das Ereignis, das den Use Case auslöst.
- **Beschreibung/Standardablauf:** Die Beschreibung beschreibt den Ablauf in einem Use Case bestehend aus einfachen Aktionsschritten. So ein Ablauf wird auch Szenario genannt. Manchmal werden die Aktionsschritte nummeriert.
- **Erweiterungen:** Die Erweiterungen beschreiben Abweichungen von dem Standardablauf aus der Beschreibung. Sie sind in der Form „WENN *Bedingung* DANN *alternativer Aktionsschritt*“ geschrieben.
- **Technologie/Technik- und Datenvariationen:** Die Technologie beschreibt Variationen durch Technikvariationen.

Es gibt verschiedene Formen von Use Cases, die sich hauptsächlich im Grad der Ausarbeitung und dem Verwendungszweck unterscheiden. Jedes Unternehmen soll die Form wählen, die für sie am besten geeignet ist. Wichtig ist nur, dass innerhalb des Unternehmens die gleiche Form verwendet wird [1], [3].

In dieser Arbeit wird der vollständig ausgearbeitete Use Case verwendet.

2.3 Eye-Tracking

In diesem Unterkapitel werden die Grundlagen des Eye-Trackings und der visuellen Wahrnehmung erläutert, sowie den in dieser Arbeit verwendeten Eyetracker und die Analysesoftware beschrieben.

Unter Eye-Tracking versteht man das Aufzeichnen der Blickbewegungen einer Person. Eye-Tracking ist eine wissenschaftliche Methode, die in den Neurowissenschaften, der Wahrnehmungs-, Kognitions- und Werbepsychologie, der kognitiven und klinischen Linguistik, im Produktdesign und der Leseforschung eingesetzt wird [10]. Weitere Anwendungsgebiete sind die Bewertung des menschlichen Faktors bei der Bedienung von Fahrzeugen, sowie der Interaktion mit Produkten. Anwendung findet Eye-Tracking auch im professionellen Sporttraining und in der Ergonomie[11].

2.3.1 Visuelle Wahrnehmung

Um zu Verstehen, wie ein Eyetracker funktioniert, muss man verstehen wie die visuelle Wahrnehmung beim Menschen funktioniert. Insbesondere ist für diese Arbeit wichtig, das verstanden wird wie der Leseprozess abläuft.

Beim Sehen fallen Lichtstrahlen auf lichtempfindliche Rezeptoren im Auge und regen dadurch Nerven an, die Signale an das Gehirn senden. Das Gehirn verarbeitet diese Signale zu einer visuellen Wahrnehmung [12].

Man unterscheidet zwei Typen von Augenbewegungen, Fixationen und Sakkaden. Von Fixation spricht man, wenn ein bestimmter Punkt für mehr als 100 ms fokussiert wird. Auch während einer Fixation steht das Auge nicht vollständig still, denn es treten immer leichte Zitterbewegungen des Augapfels auf. Den Sprung von einer Fixation zur nächsten bezeichnet man als Sakkade. Dies sind schnelle, ruckartige Augenbewegungen, während derer keine visuellen Informationen aufgenommen werden [13].

Außerdem unterscheidet man zwischen peripheren und fovealem Sehen. Menschen sehen nur in einem kleinen Bereich scharf und zwar in dem Bereich, der fixiert wird. Das ist das foveale Sehen. Bei dem peripheren Sehen nimmt man Informationen aus dem gesamten Blickfeld wahr. Das periphere Sehen dient zur Bewegungsdetektion, zur räumlichen Orientierung und zur Kontrolle der Augenbewegung. Darum ist es auch kein Problem, dass man in dem peripheren Blickfeld nur unscharf und farblos sieht[14].

Für das Lesen ergibt sich aus diesen Voraussetzungen folgender Ablauf. Ein bestimmter Punkt wird fixiert und man nimmt etwa 4 Buchstaben links und 6 Buchstaben rechts von diesem Fixpunkt wahr. Um ein Wort zu Erkennen muss der Mensch nicht alle Buchstaben fixiert haben. Über das periphere Sehen wird die Wortform und Leerzeichen erkannt. Diese dienen als Basis für den nächsten Fixpunkt [14]. Die Abbildung 2.1 zeigt wie sich ein Leseprozess aus Fixationen und Sakkaden zusammensetzt. Die Kreise stehen dabei für die Fixationen und die Linien für die Sakkaden.

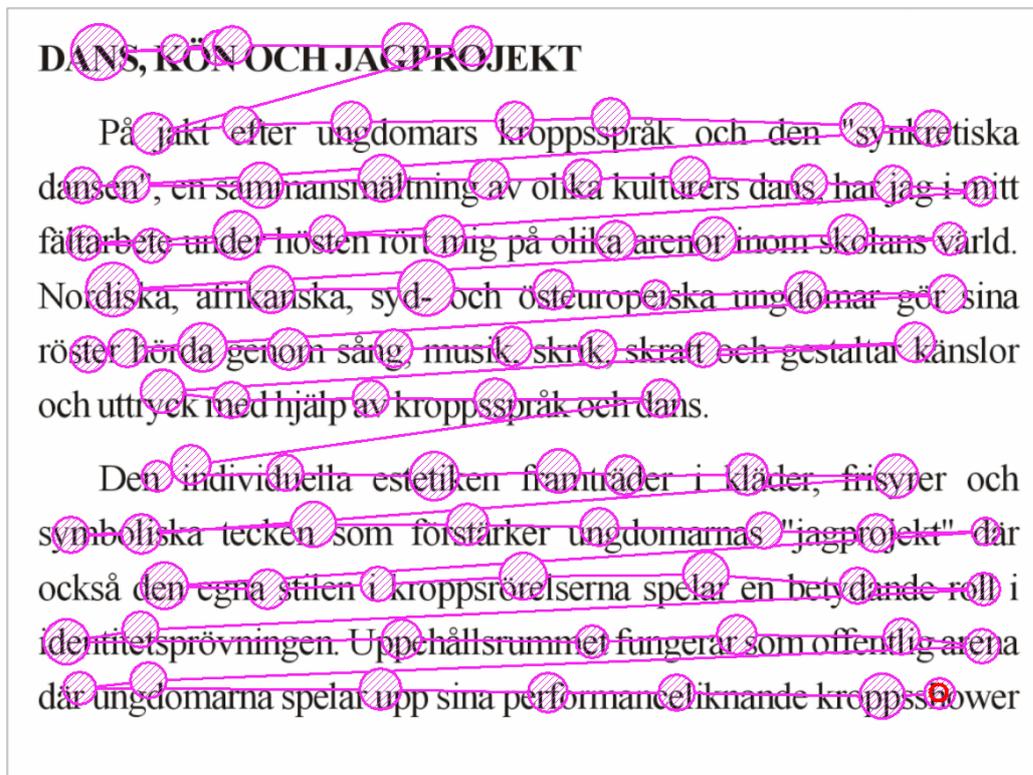


Abbildung 2.1: Fixationen und Sakkaden beim Lesen [15]

2.3.2 Funktionsweise des Eyetrackers

Heutige Eyetracker nutzen häufig die Infrarot-Technik. Dabei sendet der Eyetracker einen schwachen Infrarot-Lichtstrahl aus. Dieses Licht wird von der Hornhaut der Augen reflektiert und von dem Eyetracker erfasst. Der Eyetracker berechnet aus dem Abstand zwischen dem Eyetracker und den Augen und dem reflektierten infraroten Licht die Augenbewegungen. Um die Genauigkeit zu steigern und den Zusammenhang zwischen Blickpunkten und Stimulus herzustellen, wird eine Kalibrierung vorgenommen. Während der Kalibrierung muss man einen oder mehrere Punkte fixieren. Aus diesen Daten ermittelt der Eyetracker, wie die Augen das Licht reflektieren [16], [13], [17].

Bei der Analyse von Eyetrackingdaten müssen einige Punkte beachtet werden. Der Eyetracker liefert nicht zwangsläufig einwandfreie Daten. Es können verfälschte Daten durch Brillen, Kontaktlinsen, schlechten Umgebungs- und Lichtverhältnissen und Berechnungsfehlern entstehen. Außerdem kann der Eyetracker nur Daten des fovealen Sehfeldes, also dem Zentrum des

Blickfeldes, messen. Der Mensch kann jedoch auch Informationen aus dem peripheren Sehfeld wahrnehmen. Dies kann der Eyetracker nicht messen. Außerdem müssen fixierte Dinge, nicht auch tatsächlich von dem Menschen wahrgenommen und verarbeitet werden. Vor allem muss beachtet werden, dass ein Eyetracker in der Regel nur quantitative und keine qualitativen Daten liefert [13].

2.3.3 Verwendeter Eyetracker und Analysesoftware

In dieser Arbeit wurde der RED250mobile Eyetracker von Senso Motoric Instruments (SMI) verwendet [11]. Dies ist ein externes System. Das bedeutet der Eyetracker wird für berührungslose Messungen verwendet. Daraus folgt, dass sich der Proband zwar in einer festen Position befinden muss, aber sich nach einer erfolgreichen Kalibrierung in einem gewissen Radius frei bewegen kann. Dies ist möglich, weil der Eyetracker bis zu einem bestimmten Grad die Kopfbewegungen des Probanden kompensiert [10].

Der RED250mobile hat eine Abtastrate von 250 Hz und liefert Daten über die Richtung von Sakkaden, Regression, Geschwindigkeit, Amplitude, Fixationen und Blinzeln. Er besitzt eine hohe Toleranz gegenüber Kopfbewegungen und Brillen und liefert hohe Präzision und Genauigkeit durch seine verwendeten Eye-Tracking-Algorithmen [18].

Für die Aufnahme, Verarbeitung und Analyse der Eye-Tracking-Daten wurde die SMI Experiment Suite verwendet. Diese setzt sich zusammen aus SMI Experiment Center, SMI iViewX und SMI BeGaze. Das SMI Experiment Center bietet eine Umgebung zur Gestaltung, Planung und Ausführung eines Eye-Tracking-Experiments. Es ist möglich Text, Bilder, Videos, Webseiten oder interaktive Programme als Stimuli zu verwenden. Die Blickposition wird überwacht und aufgezeichnet. Die Aufzeichnung wird von SMI iView X durchgeführt. Außerdem wird ein Eye-Tracking-Video aufgezeichnet, das den Blickverlauf über die Stimuli darstellt und das man mit der Analysesoftware BeGaze abspielen kann. BeGaze bietet verschiedene Funktionen, um die Eye-Tracking-Daten und Stimuli zu visualisieren und auszuwerten. Außerdem bietet BeGaze die Möglichkeit Tabellen mit Daten und Graphiken zu exportieren[19].

Kapitel 3

Verwandte Arbeiten

Vor der Planung der Studie wurde nach Literatur gesucht, die ähnliche Ziele oder Themen wie diese Arbeit besitzt.

Für die systematische Suche nach verwandten Arbeiten wurde das Schneeballprinzip [20] angewendet. Nach diesem Prinzip wird ausgehend von einem Start Set neue Literatur erschlossen. Dazu wird auf Basis der Referenzlisten der Literatur aus dem Start Set neue Literatur identifiziert und auf Nützlichkeit überprüft. Auch Literatur, die die Literatur aus dem Start Set referenzieren wird überprüft. Geeignete Literatur wird in das Start Set übernommen und weitere Iterationen durchgeführt.

Das Start Set besteht aus Literatur, die aus einer vorangegangenen Literaturrecherche herausgegangen sind und Literatur, die der Betreuer dieser Arbeit bereitgestellt hat.

Die grundlegende Recherche bestand aus Suchanfragen an verschiedene Suchmaschinen, vorrangig Google Scholar, Google und IEEE Xplore Digital Library. Es trat das Problem auf, dass für Suchbegriffe wie „Use Case“ viel Literatur vorgeschlagen wurde, die für diese Arbeit nicht relevant ist. Es gab überwiegend Ergebnisse über Use Case Diagramme, aber selten welche über den Use Case in Textform, wie er in dieser Arbeit behandelt wird. Nachdem ein Start Set ermittelt wurde, konnte das Schneeballprinzip angewendet werden und die angesprochene Problematik trat in den Hintergrund, weil das Schneeballprinzip überwiegend kontextbezogene Literatur identifiziert. Nachdem Literatur gefunden wurde, trat dieses Problem in den Hintergrund, weil das Schneeballprinzip dafür sorgt, dass überwiegend nur kontextbezogene Literatur gefunden wird.

Rösch [21] befasst sich mit dem Rezeptionsverhalten von Nutzern von Wikipedia. Sie stellte sich die Frage wie Nutzer mit Wikipedia Artikeln interagieren und wie sie mit den gegebenen Bild- oder Textelementen

umgehen. Ein besonderer Fokus lag auf der Untersuchung, wie Leser in die vorgegebenen Artikel einsteigen, also welche Inhalte zuerst die Aufmerksamkeit erregen und welche Kombinationen von Reihenfolgen von betrachteten Elementen am häufigsten auftreten. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde ein Blickverfolgungsexperiment mittels Eyetracker verwendet. Es zeigte sich, dass die Einleitung und das Inhaltsverzeichnis die wichtigsten Elemente für den Einstieg in die Artikel sind, unter der Voraussetzung, dass sich ein Überblick über das im Artikel behandelte Thema verschafft werden soll. Ab dem zweiten Blickkontakt sind auch Bilder häufig betrachtet worden. Die Reihenfolge der häufigsten Blicke gehen vom Inhaltsverzeichnis in die Einleitung oder von der Einleitung in die Überschrift.

Ahrens [16] untersuchte für verschiedene Rollen welche Abschnitte einer Spezifikation relevant und welche eher unwichtig sind. Dazu führte sie eine Studie durch. Zum einen wurde die Relevanz über einen Fragebogen evaluiert. Zum andern mussten die Teilnehmer eine Spezifikation lesen und deren Augenbewegungen wurden dabei von einem Eyetracker aufgenommen. Über die normalisierten Lesezeiten wurde eine Relevanzeinschätzung aufgestellt. Es wurden die Rollen UI-Designer, Softwarearchitekt, Tester und Entwickler betrachtet. Es ergab sich, dass ,abgesehen von dem Tester, sich für die Rollen ähnliche Relevanzbewertungen für die Spezifikationsabschnitte ergeben. Die Use Cases gehören zu den relevantesten Abschnitten. Die technischen Anforderungen liegen im oberen Mittelfeld.

Araujo und Coutinho [22] schlagen eine sichten-orientierte Anforderungsmethode vor. Dazu werden für jede Sicht Tabellen für Sichten, Use Cases und NFRs erstellt, in denen unter anderem auch alle NFRs und Use Cases vermerkt werden, die diese Sicht betreffen. Nach dem gleichen Prinzip werden auch Tabellen für Use Cases und NFRs erstellt, in denen die jeweils anderen abhängigen Aspekte vermerkt werden. Dies soll dafür sorgen, dass sich überschneidende Sichten, Use Cases und NFRs leicht identifiziert werden und so Inkonsistenzen und Konflikte früh erkannt und gelöst werden können. Die herausgefundenen Vorteile durch die Kombination von Use Cases und Sichten sind bessere Modularisierung, Nachverfolgbarkeit und Entwicklung von Systemmodellen in frühen Phasen sowie die Förderung von der Entdeckung und Auflösung von Konflikten.

Basirati et al. [23] erforschten wie sich Use Cases und insbesondere welche Komponenten eines Use Cases sich im Verlauf eines Projekts ändern. Dazu haben sie über einen Zeitraum von 15 Monate in einem Software Projekt

der Industrie Änderungen in Use Cases analysiert. In dieser Zeit wurden 405 Änderungen vorgenommen. Die häufigsten Änderungen erfolgten, weil sich zu diesem Use Case in Beziehung stehende Use Cases geändert haben. Es ergab sich, dass vor allem Use Cases geändert wurden, die Strukturprobleme haben. Darauf folgten Änderungen im Ablauf und im alternativen Ablauf, danach semantische und syntaktische Änderungen.

Anda et al. [24] untersuchten in einer Studie drei verschiedene Typen von Leitfäden für Use Case Modellierung. Davon war ein Leitfadentyp ohne spezifische Details, wie Use Cases zu schreiben sind. Ein Typ basierte auf Templates, der also eine bestimmte Use Case Struktur vorgibt und ein Typ, der Empfehlungen gibt wie die Beschreibung des Ablaufs strukturiert werden soll. Sie haben herausgefunden, dass besonders Template basierte Leitfäden zu Use Cases führen, die für den Leser leicht verständlich sind und auch von den Studienteilnehmern als am nützlichsten eingestuft wurden. Template- und Stilleitfäden haben zudem zu Qualitätseigenschaften beigetragen. Anda et al. schlagen eine Kombination aus diesen beiden Typen vor.

Kapitel 4

Planung der Studie

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Planung der Studie. Ausgehend von dem Ziel der Arbeit werden mithilfe der **Goal- Question- Metric-Methode** (GQM) geeignete Forschungsfragen und Metriken hergeleitet, deren Beantwortung zur Zielerreichung beitragen. Es werden die Hypothesen formuliert und der Kontext und das Design der Studie beschrieben. Abschließend werden Threats to Validity aufgestellt, die während der Planung, der Durchführung und Auswertung der Studie beachtet werden mussten.

4.1 Zielsetzung mittels GQM

Dieses Unterkapitel beschreibt ausführlich das Vorgehen, wie ausgehend von dem Hauptziel dieser Arbeit die Planung der Studie vorbereitet wurde. Durch die Anwendung der GQM-Methode [25] [26] wurde zuerst das Hauptziel in kleinere und einfacher zu untersuchende Teilziele aufgeteilt und anschließend Fragen, Metriken und Indikatoren zur Messung relevanter Daten entwickelt.

GQM ist eine systematische Methode, um zielgerichtet Software und Prozesse zu messen. Durch die Anwendung von GQM wird sichergestellt, dass nur Metriken gewählt werden, die für den untersuchten Sachverhalt und den Zielen geeignet und aussagekräftig sind, sodass in jedem Fall eine Beziehung zwischen den erhobenen Daten und den angestrebten Messzielen besteht. GQM basiert auf dem Top-Down-Prinzip. Zuerst wird das Hauptziel auf mehrere genauere Unterziele heruntergebrochen. Zu jedem Unterziel werden Fragen erarbeitet, mit denen man beantworten kann, in wie weit das Unterziel erreicht worden ist. Von den Fragen werden passende Metriken abgeleitet, auf Basis derer die Fragen beantwortet werden. Metriken

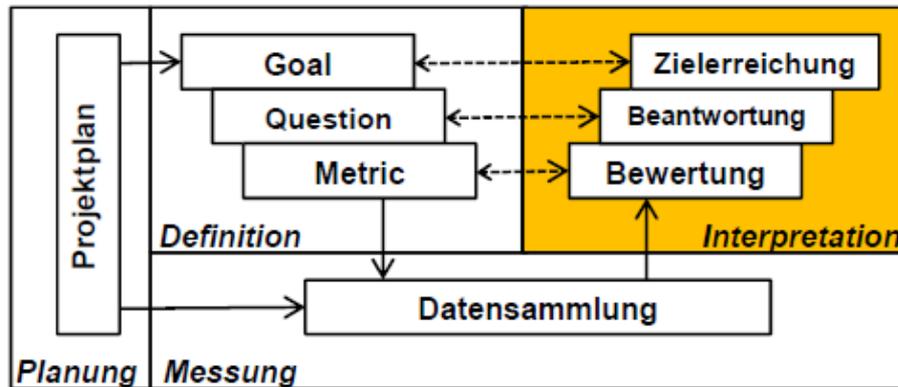


Abbildung 4.1: Vorgehen bei GQM [27]

sind das Maß, mit denen die zu untersuchenden Eigenschaften des Projekts gemessen werden. Die gemessenen Daten werden analysiert und interpretiert. Abbildung 4.1 verdeutlicht die Vorgehensweise von GQM.

Das Hauptziel (siehe Kapitel 1.2), wurde in mehrere Unterziele aufgeteilt. Für einen besseren Überblick der Unterziele dient der Zielbaum in Abbildung 4.2. Die untersten Ziele G1.1.1, G1.2.1 und G1.2.2 werden in Abbildung 4.3 und 4.4 noch konkretisiert.

Der Teilbaum G1.1 ergab sich aus der Überlegung, dass nicht alle Komponenten eines Use Case die gleiche Relevanz wie andere Komponenten besitzen. Manche Komponenten enthalten aus Sicht eines Software Engineers möglicherweise wichtigere bzw. häufiger brauchbare Informationen als andere Komponenten. Wenn dies der Fall ist, ist es möglicherweise sinnvoll einen Use Case nach der Relevanz seiner Komponenten zu strukturieren, indem zum Beispiel die Komponenten nach absteigender Relevanz angeordnet werden. In dieser Arbeit soll dazu die Relevanz der einzelnen Use Case Komponenten untersucht werden. Die Anwendung eines Templates, das nach der Relevanz der Komponenten sortiert ist, und dessen tatsächlichen Nutzen wird in dieser Arbeit nicht behandelt.

Der Teilbaum G1.2.1 gehört zu der Überlegung, dass die Verlinkung von Anforderungen in Use Cases zu einem besseren Verständnis des Use Cases führt. Wenn die Anforderungen im Use Case verlinkt sind, schaut man wahrscheinlich häufiger in die Anforderungen, die vertiefende Informationen liefern, die nicht zwingend direkt im Use Case stehen müssen, aber im Zusammenhang mit der im Use Case beschriebenen Interaktion stehen. Das Linking ermöglicht ein schnelleres Identifizieren dieser Anforderungen.

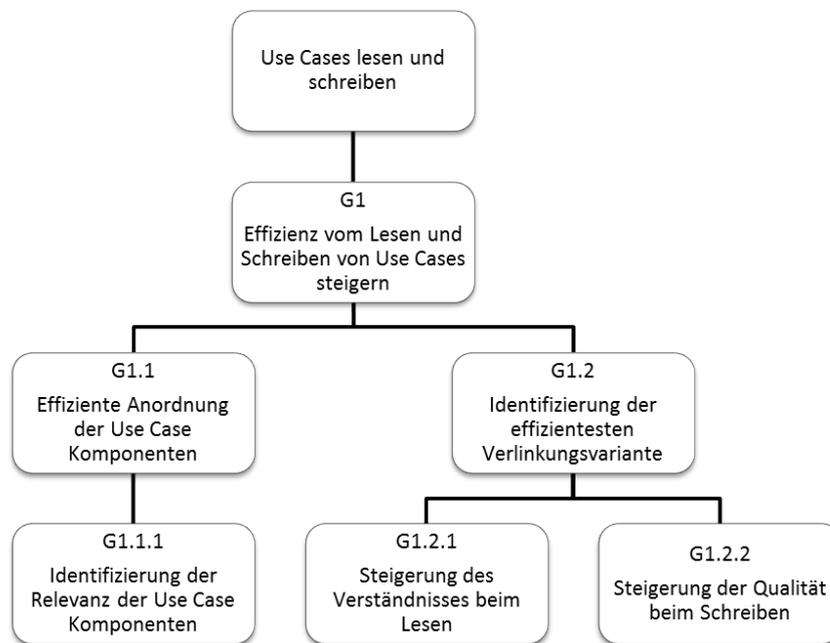


Abbildung 4.2: Zielbaum

Die Rückverfolgung der Anforderungen wird also erleichtert. Dies kann auch zur Überprüfung der Anforderungsabdeckung durch die Use Cases verwendet werden. In dieser Arbeit wurde untersucht, ob durch Verlinkungen Anforderungen beim Lesen von Use Cases häufiger verwendet werden und ob es dabei Unterschiede zwischen den drei verschiedenen Varianten gibt.

Außerdem wurde untersucht (siehe Teilbaum G1.2.2), ob die verwendete Verlinkung beeinflusst, in welchem Umfang die Anforderungen beim Schreiben eines Use Cases verwendet werden. Wenn häufiger in die Anforderungen geschaut wird, sinkt auch die Wahrscheinlichkeit, dass Anforderungen, die beim Schreiben des Use Cases beachtet werden müssen, übersehen werden.

Ausgehend von der untersten Ebene der Ziele werden Zielfacetten aufgestellt und diese in Abstraction Sheets ausgearbeitet. Eine Zielfacetten besteht aus den Teilen *Zweck*, *Qualitätsaspekt*, *Betrachtungsgegenstand* und *Perspektive*. Der Qualitätsaspekt bezeichnet dabei diejenige Eigenschaft des Betrachtungsgegenstandes, der betrachtet werden soll. In dem Abstraction Sheet wird zuerst die betrachtete Zielfacetten genannt und dann in U-Form die Felder Qualitätsfaktoren, Ausgangshypothese, Einflusshypothese und Einflussfaktoren ausgefüllt. Die Qualitätsfaktoren sind die Faktoren, die den

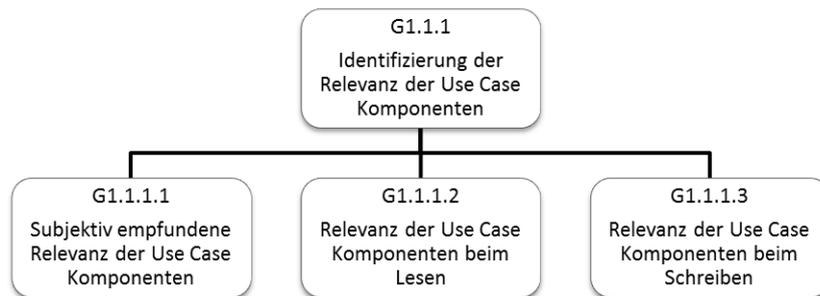


Abbildung 4.3: Teilbaum G1.1.1

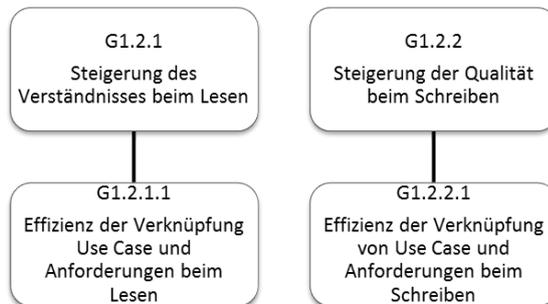


Abbildung 4.4: Teilbaum G1.2.1 und G1.2.2

Qualitätsaspekt charakterisieren. In der Ausgangshypothese werden Vermutungen aufgestellt, wie die Qualitätsfaktoren aktuell ausgeprägt sind. In der Einflusshypothese werden dann Vermutungen gemacht, welche Faktoren auf welche Weise die Qualitätsfaktoren beeinflussen. Aus den Einflusshypothesen werden die konkreten Faktoren extrahiert, die Einfluss auf die Qualitätsfaktoren haben. Diese Faktoren gehören in das Feld Einflussfaktoren. Wie ein Abstraction Sheet aufgebaut ist, ist beispielhaft an dem Ziel G1.2.1 in Abbildung 4.5 dargestellt.

Im nächsten Schritt werden Qualitätsfaktoren und Einflussfaktoren gegenübergestellt und dazugehörige Fragen, Metriken und Indikatoren abgeleitet. Diese Gegenüberstellung für das Abstraction Sheet ist in der Abbildung 4.6 veranschaulicht. Auch für die restlichen Facetten wurden Abstraction Sheets und entsprechende Gegenüberstellungen erstellt. Diese sind im Anhang A zu finden.

Zweck:	Qualitätsaspekt:	Betrachtungsgegenstand:	Perspektive:
Steigere	Effizienz	Verknüpfung Use Case mit Anforderungen beim Lesen	Requirements Engineer
Qualitätsfaktoren:		Einflussfaktoren:	
<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Betrachtungen der Anforderungen - Betrachtungsdauer 		<ul style="list-style-type: none"> - Verwendete Verlinkungsvariante der Anforderungen im Use Case 	
Ausgangshypothese:		Einflusshypothese:	
Die Anforderungen werden beim Lesen von Use Cases nur wenig betrachtet.		Durch die Anzeige der Anforderungsnummern im Use Case werden die Anforderungen häufiger und länger gelesen.	

Abbildung 4.5: Abstraction Sheet: Effizienz der Verknüpfung Use Case mit Anforderungen beim Lesen

	Qualitätsfaktor	Einflussfaktor
Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Betrachtungen der Anforderungen - Betrachtungsdauer 	<ul style="list-style-type: none"> - Verlinkungsvariante
Frage	Wie oft und wie lange werden die Anforderungen beim Lesen von Use Cases angeschaut?	Welche Verlinkungsvariante führt dazu, dass die Anforderungen häufiger und länger betrachtet werden?
Metrik/Indikator	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Seitenwechsel von Use Case auf Anforderungen Gemessen in: [Anzahl der Seitenwechsel] - Relative Lesezeit der Anforderungen Gemessen in: [Lesezeit Anforderungen / Gesamtlesezeit*100] 	<ul style="list-style-type: none"> - Durchschnittliche Seitenwechsel von Use Case auf Anforderungen für jede Verlinkungsvariante Gemessen in: [Anzahl der Seitenwechsel] - Durchschnittliche relative Lesezeit der Anforderungen Gemessen in: [Lesezeit Anforderungen / Gesamtlesezeit*100]

Abbildung 4.6: Gegenüberstellung: Effizienz der Verknüpfung Use Case mit Anforderungen beim Lesen

4.2 Forschungsfragen und Variablen

In diesem Kapitel werden Forschungsfragen und Variablen definiert und erläutert. Auf Grundlage der durch GQM gewonnenen Erkenntnisse sind folgende Forschungsfragen aufgestellt worden, die durch die Ergebnisse der Studie beantwortet werden sollen.

Forschungsfragen

- I. Existieren Use Case Komponenten, die eine höhere subjektiv empfundene Relevanz als andere Komponenten besitzen?
- II. Mit welcher Intensität werden die Use Case Komponenten gelesen und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?
- III. Existiert ein Muster in welcher Reihenfolge die Use Case Komponenten gelesen werden und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?
- IV. Wie viele Folgebesuche besitzen die Use Case Komponenten und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?
- V. Existiert ein Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Relevanz der Use Case Komponenten und der Art und Weise wie die Komponenten gelesen werden?
- VI. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer stärkeren Nutzung der Anforderungen beim Lesen im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?
- VII. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer stärkeren Nutzung der Anforderungen beim Schreiben im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?
- VIII. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer größeren Anforderungsüberdeckung beim Schreiben im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?
- IX. Existiert ein Muster in welcher Reihenfolge die Use Case Komponenten geschrieben werden und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Es wird zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen unterschieden. Die unabhängigen Variablen sind jene, die kontrolliert und selbstständig geändert werden können. In einem Experiment wird untersucht, welche Effekte die gewählten unabhängigen Variablen auf die abhängigen Variablen haben. Die abhängigen Variablen werden in einem Experiment gemessen und dienen als Basis zur Beurteilung der Ziele [28].

Es sind die folgenden unabhängigen Variablen definiert worden.

Unabhängige Variablen

- Die Verlinkungsvariante der Anforderungen im Use Case

Unter Berücksichtigung der zuvor formulierten Forschungsfragen und der Ergebnisse der GQM-Methode wurden die folgenden zu messenden, abhängigen Variablen identifiziert. In der Studie wurde ein Use Case gelesen und ein Use Case geschrieben. Zur Zuordnung der abhängigen Variablen zu der Situation gibt es die Anhänge „beim Lesen“ und „beim Schreiben“

Abhängige Variablen

- Die subjektiv empfundene Relevanz der Use Case Komponenten
- Die Anzahl der Fixationen pro Use Case Komponente beim Lesen
- Die Lesereihenfolge der Komponenten
- Die Anzahl der Folgebesuche pro Use Case Komponente beim Lesen
- Die Lesezeit der Anforderungen beim Lesen
- Die Anzahl der Seitenwechsel von Use Case zu Anforderungen beim Lesen
- Die Anzahl der berücksichtigten Anforderungen beim Schreiben
- Die Anzahl der Blicke auf die Anforderungen beim Schreiben
- Der Schreibreihenfolge der Komponenten

4.3 Kontextbeschreibung

4.3.1 Kontext

Um allgemeingültige Ergebnisse zu erhalten, sollte ein Experiment in großen echten Softwareprojekten mit professionellem Personal durchgeführt werden. Da diese Studie im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführt wurde, standen dafür nicht die Ressourcen zur Verfügung. Stattdessen wurde die Studie als offline Quasi-Experiment durchgeführt. Das bedeutet, dass die Studie in einer definierten Forschungsumgebung an der Universität Hannover mit Informatikstudenten als Probanden durchgeführt wurde. Dadurch ergab sich der Vorteil, dass die meisten Faktoren, wie Subjekte, Durchführungsort, Aufbau und zeitliche Durchführung leicht kontrollierbar waren.

Die angestrebte Probandenzahl betrug 20 Personen. Es gibt nur eine beschränkte Anzahl an Informatikstudenten mit Use Case Erfahrung und davon hat nur ein Bruchteil an der Studie teilgenommen.

Die Studie wurde in einem Raum des Fachgebiet Software Engineering der Leibniz Universität Hannover durchgeführt. Im Kapitel 4.6 werden alle *Threats to validity* dargestellt, die sich aus der Planung und der Wahl des Kontextes ergaben.

4.3.2 Subjekte

Die Probanden sind sehr wichtig für ein Experiment, da die Ergebnisse auf den Handlungen und Entscheidungen der Probanden basieren. Eine gute Probandenauswahl, wäre eine Auswahl, die die Gesamtheit der Menschen abdeckt, die mit Use Cases arbeiten. In dieser Studie ist es jedoch nicht möglich, so eine Probandenmenge zu erreichen. Darum wurden die für das Experiment verfügbaren am geeignetsten Personen gewählt. Diese Personen müssen das Kriterium erfüllen, dass sie wissen was Use Cases sind, dass sie Use Cases bereits gelesen und selbst verfasst haben und bestenfalls bereits die verschiedenen Verlinkungsvarianten kennen.

Geeignete Personen finden sich unter den Studenten der Leibniz Universität Hannover, die die Lehrveranstaltung Software-Technik besucht haben. Dort werden Use Cases zum ersten Mal im Studium behandelt. Dies sind zumeist Informatikstudenten ab dem dritten Fachsemester. Leicht vertiefte Erfahrungen erhalten Studenten in den Veranstaltungen Software-Qualität, Software-Projekt und dem Labor „Requirements Engineering“.

Die Gruppe der Probanden ist homogen, dadurch können die Daten des Experiments sehr gut ausgewertet werden, da diese nur von dem gewählten Treatment und von der spezifischen Person abhängen. Jedoch kann man aus dem gleichen Grund die Ergebnisse schlecht für verschiedene Personengruppen generalisieren (siehe Kapitel 4.6).

Es handelt sich bei den Teilnehmer um eine Stichprobe der Gesamtheit.

4.4 Hypothesen

4.4.1 Grundlagen Hypothesen

Die Grundlage der statistischen Analyse ist das Testen von Hypothesen. Ein Hypothesentest ist eine statistische Vorgehensweise zur Überprüfung von Behauptungen. Es soll in der Regel eine Aussage über eine Eigenschaft der Grundgesamtheit gemacht werden. Da jedoch schlecht die Grundgesamtheit im Ganzen untersucht werden kann, werden auf Basis von Stichproben Aussagen über die Grundgesamtheit gemacht. Dazu werden Hypothesen formal aufgestellt und untersucht, ob diese durch die gesammelten Daten des

Experiments abgelehnt werden können. Die Hypothese, die man ablehnen will, nennt man Nullhypothese H_0 . Wenn die Nullhypothese abgelehnt wird, wird die Alternativhypothese H_1 angenommen. Die Alternativhypothese wird also indirekt über die Nullhypothese überprüft. Die Nullhypothese besagt in der Regel, dass es keine realen zugrundeliegenden Tendenzen oder Muster in der Ausprägung einer Eigenschaft gibt. Das bedeutet alle gemessenen Unterschiede beruhen auf Zufällen [28], [29].

Beim Testen der Hypothesen müssen verschiedene Risiken beachtet werden. Der Fehler der 1. Art bezeichnet, dass die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen wird, obwohl die Nullhypothese richtig ist. Diese Irrtumswahrscheinlichkeit, auch Signifikanzniveau, wird mit α bezeichnet und üblicherweise wird dafür der Wert 0,05 gewählt. Als Fehler der 2. Art wird der Fall beschrieben, dass die Nullhypothese angenommen wird, obwohl die Alternativhypothese richtig ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler der 2. Art auftritt, wird mit β bezeichnet. Je kleiner α ist, desto größer ist β und je größer α , desto kleiner ist β . Ist der Stichprobenumfang n hinreichend groß ist, können α und β beliebig klein gewählt werden [30].

4.4.2 Formulierung der Hypothesen

Aus den in Kapitel 4.1 und 4.2 formulierten Forschungsfragen, Metriken und Indikatoren werden Hypothesen aufgestellt. Die Alternativhypothesen H_1 sind diejenigen Hypothesen, die angenommen werden sollen. Dazu wird versucht auf Basis der Daten aus der Studie die Nullhypothese H_0 abzulehnen. Es werden für jede Forschungsfrage eigene Hypothesen aufgestellt. In der Bezeichnung der Hypothesen $H_{x,y}$ steht x für die Art der Hypothese und y für die Forschungsfrage.

I. Existieren Use Case Komponenten, die eine höhere subjektiv empfundene Relevanz als andere Komponenten besitzen?

Metrik	Subjektiv empfundene Relevanz
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,1}$: Es existiert mindestens eine Komponente, deren Relevanzbewertung ungleich der Relevanzbewertung der anderen Komponenten ist. $y_i \neq y_j$ für mindestens ein Paar (i,j)</p> <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,1}$: Für alle Komponenten ist die Relevanzbewertung gleich. $y_i = y_j$ für alle i, j</p>

II. Mit welcher Intensität werden die Use Case Komponenten gelesen und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Metrik	Prozentuale Häufigkeit der Fixationen
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,2.1}$: Es existiert mindestens eine Komponente, deren prozentuale Häufigkeit der Fixationen ungleich der prozentualen Häufigkeit der Fixationen der anderen Komponenten ist.</p> $y_i \neq y_j \text{ für mindestens ein Paar } (i,j)$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,2.1}$: Für alle Komponenten ist die prozentuale Häufigkeit der Fixationen gleich.</p> $y_i = y_j \text{ für alle } i, j$

Metrik	Prozentuale Häufigkeit der Fixationen
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,2.2}$: Es existiert mindestens ein Treatment, dessen prozentuale Häufigkeit der Fixationen ungleich der prozentualen Häufigkeit der Fixationen der anderen Treatments ist.</p> $y_i \neq y_j \text{ für mindestens ein Paar } (i,j),$ $i,j \in \{\text{ohne, unten, drinnen}\}$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,2.2}$: Für alle Treatments ist die prozentuale Häufigkeit der Fixationen pro Komponente gleich.</p> $y_{\text{ohne}} = y_{\text{unten}} = y_{\text{drinnen}}$

IV. Wie viele Folgebesuche besitzen die Use Case Komponenten und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Metrik	Prozentuale Häufigkeit der Folgebesuchen
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,4.1}$: Es existiert mindestens eine Komponente, deren prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche ungleich der prozentualen Häufigkeit der Folgebesuche der anderen Komponenten ist.</p> $y_i \neq y_j \text{ für mindestens ein Paar } (i,j)$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,4.1}$: Für alle Komponenten ist der prozentuale Anteil der Folgebesuche gleich.</p> $y_i = y_j \text{ für alle } i, j$

Metrik	Prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,4.2}$: Es existiert mindestens ein Treatment, dessen prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche ungleich der prozentualen Häufigkeit der Folgebesuche der anderen Treatments ist.</p> $y_i \neq y_j \text{ für mindestens ein Paar } (i,j),$ $i,j \in \{\text{ohne, unten, drinnen}\}$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,4.2}$: Für alle Treatments ist die prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche pro Komponente gleich.</p> $y_{\text{ohne}} = y_{\text{unten}} = y_{\text{drinnen}}$

VI. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer stärkeren Nutzung der Anforderungen beim Lesen im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?

Metrik	Anzahl der Seitenwechsln von Use Case zu Anforderungen
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,6.1}$: Treatment <i>ohne</i> führt zu weniger Seitenwechsln als Treatment <i>unten</i> und Treatment <i>unten</i> führt zu weniger Seitenwechsln als Treatment <i>drinnen</i>.</p> $y_{\text{ohne}} \leq y_{\text{unten}} \leq y_{\text{drinnen}}$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,6.1}$: Für alle Treatments ist die Anzahl der Seitenwechsel gleich.</p> $y_{\text{ohne}} = y_{\text{unten}} = y_{\text{drinnen}}$

Metrik	Prozentuale Lesezeit der Anforderungen
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,6.2}$: Es existiert mindestens ein Treatment, dessen prozentuale Lesezeit ungleich der prozentualen Lesezeit der anderen Treatments ist.</p> $y_i \neq y_j \text{ für mindestens ein Paar } (i,j),$ $i,j \in \{\text{ohne, unten, drinnen}\}$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,6.2}$: Für alle Treatments ist die prozentuale Lesezeit gleich.</p> $y_{\text{ohne}} = y_{\text{unten}} = y_{\text{drinnen}}$

VII. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer stärkeren Nutzung der Anforderungen beim Schreiben im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?

Metrik	Anzahl der Betrachtungen der Anforderungen beim Schreiben
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,7}$: Treatment <i>ohne</i> führt zu weniger Betrachtungen als Treatment <i>unten</i> und Treatment <i>unten</i> führt zu weniger Betrachtungen als Treatment <i>drinnen</i>.</p> $y_{\text{ohne}} \leq y_{\text{unten}} \leq y_{\text{drinnen}}$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,7}$: Für alle Treatments ist die Anzahl der Betrachtungen gleich.</p> $y_{\text{ohne}} = y_{\text{unten}} = y_{\text{drinnen}}$

VIII. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer größeren Anforderungsüberdeckung beim Schreiben im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?

Metrik	Anzahl der berücksichtigten Anforderungen beim Schreiben
Hypothesen	<p><i>Alternativhypothese</i> $H_{1,8}$: Es existiert mindestens ein Treatment, dessen Anzahl der berücksichtigten Anforderungen ungleich der Anzahl an berücksichtigten Anforderungen der anderen Treatments ist.</p> $y_i \neq y_j \text{ für mindestens ein Paar } (i,j),$ $i,j \in \{\text{ohne}, \text{unten}, \text{drinnen}\}$ <p><i>Nullhypothese</i> $H_{0,8}$: Für alle Treatments ist die Anzahl der berücksichtigten Anforderungen gleich.</p> $y_{\text{ohne}} = y_{\text{unten}} = y_{\text{drinnen}}$

4.5 Design des Experiments

Das Design des Experiments beschreibt wie die Durchführung der Studie organisiert und ausgeführt wurde. Dabei sind unter anderem auch die allgemeinen Designprinzipien Randomization, Blocking und Balancing beachtet worden. Je nach gewähltem Design ergeben sich Möglichkeiten und

Beschränkungen der Ergebnisanalyse. So entscheidet das Design auch über erhaltene Erkenntnisse.

Das Experiment untersuchte einen Faktor mit drei Treatments. Faktor bezieht sich in dieser Studie auf die Verlinkungsvariante von Use Case mit Anforderungen. Es gibt die drei Treatments *ohne*, *unten* und *drinnen*. Diese sind in Kapitel 1.2 definiert. Für den Fall ein Faktor mit mehr als zwei Treatments gibt Wohlin [28] zwei mögliche Designtypen zur Auswahl, „completely randomized design“ oder „randomized complete block design“.

„Completely randomized design“ steht dafür, dass es ein einziges Objekt gibt, auf das alle Treatments angewandt werden. Dabei werden die Probanden jeweils zu einem einzigen der drei Treatments zufällig zugeordnet. Zu beachten ist dabei auch, dass alle Treatments unter den gleichen Bedingungen durchgeführt werden.

Die Idee hinter „Randomized complete block design“ ist, dass alle Probanden alle Treatments bearbeiten. Das heißt, das Experiment ist unabhängig (blocked) von den Subjekten, da jedes Subjekt jedes Treatment bearbeitet. Die Reihenfolge, in welcher die Probanden die Treatments bearbeiten, wird zufällig entschieden. Dieses Design wird vor allem angewendet, wenn die Varianz zwischen den Probanden sehr groß ist.

In der Studie wurde das „completely randomized design“ angewandt, da die Probandengruppe homogen war und durch dieses Design, das Risiko entfällt, dass Ergebnisse durch Lerneffekte verfälscht werden. Außerdem konnte so die Ausführungszeit und Belastung pro Proband gering gehalten werden. Für eine Studiensitzung waren etwa 30 Minuten angesetzt.

4.5.1 Randomisierung

Randomisierung bezieht sich auf die Zuweisung von Probanden, Objekten und in welcher Reihenfolge die Tests zu den Treatments durchgeführt werden. Die zufällige Zuweisung und Reihenfolge sollen zu einer repräsentativen Probandengruppe führen und mögliche Effekte ausgleichen, die durch eine bestimmte Zuweisungsstruktur entstehen könnten.

Randomisierung wurde in dieser Studie dadurch erreicht, dass in mehreren Veranstaltungen des SE die Teilnahme an der Studie angeboten wurde und sich die Teilnehmer dann freiwillig für die Studie melden konnten. Die Probanden entschieden sich auch freiwillig für einen Termin an dem sie das Experiment durchführen wollen. Es gab über zwei Wochen verteilt mehrere wählbare Zeitslots. Die Zuordnung des Treatments erfolgte über den Termin. Die Treatments wurden der Reihe nach den Terminen zugeordnet.

4.5.2 Blocking

Es ist denkbar, dass es einen Faktor gibt, der einen Einfluss auf die Ergebnisse hat, der für uns aber uninteressant ist. Wenn ein solcher Faktor bekannt und kontrollierbar ist, kann Blocking verwendet werden, um den unerwünschten Einfluss zu unterbinden. Dazu werden Gruppen für jede Ausprägung des unerwünschten Faktors erstellt. Innerhalb einer Gruppe hat der Faktor dieselbe Ausprägung und man kann die gewünschten Effekte innerhalb einer Gruppe bedenkenlos analysieren.

Blocking spielte in dieser Studie keine Rolle. Nur unterschiedliche Erfahrung der Probanden könnte unerwünschte Effekte erzielen, aber alle Probanden sollten einen ungefähr gleichen Erfahrungsstand haben. Vorsichtshalber wurden die Probanden nach ihren besuchten SE Veranstaltungen befragt, als Indiz für den Erfahrungsstand. Hätte sich bei der Auswertung der Ergebnisse zeigen, dass es starke Diskrepanzen gibt, wären die Probanden in Erfahrungsblocks einsortiert und die Ergebnisse erneut ausgewertet worden.

4.5.3 Balancing

Balancing wird verwendet um die statistische Analyse zu vereinfachen und die Aussagekraft zu erhöhen. Dabei wird jedem Treatment die gleiche Anzahl an Probanden zugeteilt. Das wurde in dieser Studie beachtet.

4.6 Threats to validity

4.6.1 Conclusion validity

Conclusion validity befasst sich mit Bedrohungen, die verhindern, dass die richtigen Schlüsse über die Beziehung zwischen Treatments und Ergebnissen gezogen werden.

An der Studie nehmen nur wenige Personen teil, so dass nur in den wenigsten Fällen eine statistische Signifikanz gezeigt werden kann. Wenn die statistische Signifikanz nicht gegeben ist, muss man beachten, dass die Ergebnisse möglicherweise zufällig zustande gekommen sind und nicht für die Allgemeinheit gelten müssen.

Der Studienentwickler hat bestimmte Vorstellungen, was für Ergebnisse er gerne erhalten möchte. Bei dem Design, der Durchführung und der Auswertung der Studie muss darauf geachtet werden, dass man sich dadurch nicht beeinflussen lässt.

4.6.2 Internal validity

Bedrohungen der Internal validity sind Einflüsse, die die unabhängige Variable unbemerkt beeinflussen und dadurch die Kausalität zwischen Treatment und Ergebnis gefährden.

Der einzige unkontrollierbare Einfluss ist das Verhalten der Teilnehmer. Die Studie wurde so konstruiert, dass der Teilnehmer nur die wesentlichen Informationen erhält und keine die seine Entscheidungen beeinflussen könnten. Daraus ergibt sich die Problematik, dass die Aufgabenstellung knapp, aber dennoch eindeutig formuliert werden musste.

Ein wichtiger Faktor für diese Studie war es, dass die Teilnehmer vorher nicht wissen, wie die Studie und die Aufgaben aufgebaut sind. Durch dieses Wissen würden sie sich anders Verhalten und die Studienergebnisse würden verfälscht. Darum wurde jeder Teilnehmer zur Geheimhaltung verpflichtet. Es wurde sich für ein Design entschieden, in dem jeder Teilnehmer nur ein Treatment bearbeitet, um Lerneffekte zu verhindern.

Ein weiterer Punkt der genau beobachtet werden musste, ist der Eyetracker. Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass er funktionierte und richtig maß, aber das kann nicht garantiert werden. Es musste auch bedacht werden, dass die Tatsache, dass der Eyetracker verwendet wird, den Teilnehmern bekannt war und dadurch möglicherweise das Verhalten der Teilnehmer beeinflusst wurde.

Es besteht die Gefahr, dass die Ergebnisse nur für die in dieser Studie gegebenen Voraussetzungen gelten und bei anderen Bedingungen andere Ergebnisse erhalten werden.

4.6.3 Construct validity

Construct validity bezieht sich auf die Beziehung zwischen der Theorie hinter der Studie und dem Resultat der Studie. Es ist die Frage, ob man von den Resultaten auf die Theorie rückschließen kann. Einige Bedrohungen beziehen sich auf das Studiendesign, andere auf soziale Faktoren.

In ähnlicher Weise ist es bedrohlich, wenn Teilnehmer versuchen die gewünschten Studienergebnisse zu erraten und ihr Verhalten darauf ausrichten. Um diesen Effekt zu verhindern, wurden die Teilnehmer in der Aufgabenstellung darauf hingewiesen, dass sie sich so verhalten sollen, wie sie es in ihrer normalen Umgebung auch tun würden.

Manche Informationen, die für den Teilnehmer wahrscheinlich hilfreich sein würden, konnten nicht in die Aufgabenstellung übernommen werden. Es wurde nicht erklärt, dass es in der Studie auch darum geht, Verlinkungen von Anforderungen im Use Case zu untersuchen. Wenn man dies in der

Aufgabenstellung angesprochen hätte, hätte man die Teilnehmer beeinflusst. Und sie hätten wahrscheinlich extra Aufmerksamkeit daraufgelegt. In der Realität wird den Mitarbeitern auch nicht erklärt, nach welchem Template die Spezifikationen oder die Use Cases geschrieben werden. Die Teilnehmer sollten den Use Case so unvoreingenommen wie möglich lesen.

Ganz zum Schluss mussten die Teilnehmer noch einen Fragebogen ausfüllen. Dieser Fragebogen enthielt auch Fragen zu der Leseaufgabe. Diese ist je nach Teilnehmer in 10 bis 20 Minuten bearbeitet worden. Durch den Zeitversatz ist es möglich, dass sich die Probanden nicht mehr genau an ihre Entscheidungen und ihr Verhalten erinnern können. Würde man diesen Fragebogen zwischen den Aufgaben stellen, würde der Arbeitsfluss jedoch unnötig gestört und der Proband möglicherweise beeinflusst. Um dem Problem entgegenzuwirken, gab es die Möglichkeit die Frage mit „Weiß ich nicht“ zu beantworten. Auch wenn dadurch die Analyse der Ergebnisse erschwert wurde.

4.6.4 External validity

Threats to external validity sind Faktoren, die verhindern, dass die erhaltenen Ergebnisse für die allgemeine Praxis generalisiert werden können.

Der gewählte Studienaufbau ist nicht gut generalisierbar. Am besten wären erfahrene Entwickler, die in ihrem realen Arbeitsumfeld untersucht werden. In diesem Fall war dies nicht möglich. Die Probandenauswahl repräsentiert eine sehr eingeschränkte Menge, nämlich nur Studenten, und das Experiment hatte nicht die Möglichkeit, ein reales Arbeitsumfeld näherungsweise nachzustellen. Die gewählte Lösung ist eine sehr homogene Teilnehmergruppe, um für diese Gruppe statisch signifikante Ergebnisse zu erzielen.

Außerdem ist davon auszugehen, dass bei einer Wiederholung der Studie mit anderen Teilnehmern wahrscheinlich andere Daten erhalten werden. Die Ergebnisse sind stark von dem Teilnehmerverhalten abhängig.

Kapitel 5

Durchführung der Studie

In diesem Kapitel werden die die Studienumgebung, die Untersuchungsobjekte und die für die Studie erstellten Dokumente detailliert beschrieben. Anschließend wird ein typischer Ablauf einer Studiensitzung geschildert sowie Änderungen im Ablauf und Beobachtungen während der Studiendurchführung.

5.1 Vorbereitung des Experiments

5.1.1 Umgebung

Die Studie wurde in einem geschlossenen Raum des Fachgebietes **Software Engineering (SE)** der Leibniz Universität Hannover durchgeführt. Es wurde dafür gesorgt, dass die Umgebung während der Studiendurchführung ruhig und störungsfrei war.

Die Teilnehmer saßen an einem Tisch vor einem 24 Zoll Monitor. An dem Monitor ist ein Gestell angebracht, an dem der Eyetracker befestigt wurde. Dadurch wurde sichergestellt, dass der Eyetracker bei jedem Teilnehmer gleich positioniert war. Vor dem Monitor stand eine Tastatur, die der Teilnehmer benötigte, um zwischen den Seiten des untersuchten Dokuments zu blättern. Außerdem war zwischen der Tischkante und der Tastatur eine freie Fläche für die Blätter, die während des Experiments dem Teilnehmer ausgeteilt wurden. Zudem lag für Aufgaben, die handschriftlich bearbeitet werden, ein Kugelschreiber bereit. Durch diesen Aufbau hatte der Teilnehmer sowohl die Dokumente auf dem Monitor als auch die ausgedruckten Dokumente im Blick. Die Teilnehmer saßen auf einem Stuhl ohne Rollen. Dies war notwendig, um zu gewährleisten, dass sich die Teilnehmer während des Experiments so wenig wie möglich bewegen. Zu starke Positionsände-

rungen und Kopfbewegungen wirken sich negativ auf die Wahrnehmung des Eyetrackers aus und verschlechtern so die Ergebnisqualität.

Der Experimentator saß links im 80 Grad Winkel zum Probanden am Tisch. Vor ihm stand ein Laptop, auf dem die Eye-Tracking-Software läuft. An den Laptop waren der Eyetracker, der Monitor und die Tastatur angeschlossen. Der Laptop war so positioniert, dass er nicht direkt im Blickfeld der Teilnehmer war und die Teilnehmer nicht auf den Bildschirm schauen konnten. Der Experimentator war so positioniert, dass er die Teilnehmer nicht ablenkte, aber dennoch die Teilnehmer beobachten konnte.

Die Studie wurde in einem Zeitraum von 2 Wochen durchgeführt. Es gab stündliche Zeitslots zwischen 9 und 15 Uhr, die die Teilnehmer sich entweder über eine Doodleumfrage oder persönlich reservieren konnten.

5.1.2 Untersuchungsobjekt

Das Untersuchungsobjekt ist ein Ausschnitt aus einer Spezifikation, die während des Software-Projekts WiSe06/07 erstellt wurde. Keiner der Probanden sollte diese vorher bereits kennen.

Es handelt sich um die Anforderungsspezifikation Sinologie in Würzburg. Die Mission des Projekts war die Erstellung eines Computerprogramms für das Institut für Kulturwissenschaften Ost- und Südasiens - Sinologie an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg sein. Die Aufgabe des Programms ist es, Daten von Studierenden und deren Leistungen, Lehrpersonen und Veranstaltungen zu verwalten.

Der Spezifikationsausschnitt besteht aus einem Use Case und einem Teil der Anforderungen.

Der Use Case folgt einem Template aus der Lehrveranstaltung Software-Technik an der Leibniz Universität. Dieses Template ist angelegt an ein Template von Alistair Cockburn [3].

Es gibt zahlreiche Templates für Use Cases. Es ist nicht möglich innerhalb dieses Experiments mehrere Templates zu untersuchen und die Daten miteinander zu vergleichen. Allerdings kommen in den meisten Templates ähnliche Use Case Komponenten vor. Es wurde sich für das Template aus der Software-Technik Veranstaltung entschieden, da der verwendete Use Case nach diesem Template geschrieben wurde und die Teilnehmer mit diesem Template vertraut sind.

Den Use Case, den die Probanden in der Studie gelesen haben, heißt „Lehrperson erstellen“. Der Use Case beschreibt, wie man einen neuen Datensatz für eine Lehrperson erstellt und die nötigen Daten eingibt. Zudem wurde in der Studie ein Ausschnitt der Anforderungen aus der

Spezifikation verwendet. Zum einen wurden diese teilweise umformuliert, um einer einheitlichen Anforderungsdefinition zu genügen. Zum anderen wurden weitere Anforderungen erstellt, um die Anforderungen der Studie erfüllen zu können. Auch der Use Case wurde leicht abgewandelt, um ihn für die Aufgaben, die in der Studie bearbeitet wurden, anzupassen und insgesamt konsistent zu formulieren. Beispielsweise wurde einheitlich der Begriff „System“ statt „Programm“ und „System“ verwendet. Ein weiterer Aspekt war diejenigen Anforderungen zu identifizieren, die von dem Use Case abgedeckt werden, und den Use Case für jede der Verlinkungsvarianten anzupassen.

Eine Aufgabe in der Studie war das Schreiben des Use Cases „Lehrperson bearbeiten“. Dieser Use Case beschreibt das Editieren des vorher angelegten Datensatzes einer Lehrperson. Der Use Case steht auch in der Anforderungsspezifikation und wurde als Referenz zur Bewertung der Aufgabe verwendet. Dieser Use Case wurde formal an den Use Case „Lehrperson erstellen“ angepasst.

Definition 4 *Lese Use Case:*

Der Use Case „Lehrperson erstellen“, der in der Leseaufgabe gelesen wurde.

Definition 5 *Schreib Use Case:*

Der Use Case „Lehrperson bearbeiten“, der in der Schreibaufgabe erstellt wurde.

Der Use Case und der Anforderungsausschnitt nehmen jeweils maximal eine DIN A4 Seite ein. Dadurch wurde erreicht, dass die Teilnehmer nur Seiten wechseln, aber nicht scrollen mussten. Die Seitenränder wurden schmal gewählt, dadurch konnte die Schriftgröße vergrößert werden, sodass der Bereich, den jede Use Case Komponente auf dem Blatt einnimmt, maximiert wurde. Dies ist wünschenswert, da der Eyetracker nur einen gewissen Genauigkeitsgrad besitzt und auf diese Weise Genauigkeitsfehler reduziert werden. Dies ist vor allem für die Messung der Leseintensitäten der Use Case Komponenten wichtig.

5.1.3 Begleitdokumente

Alle wichtigen Begleitdokumente sind in Anhang B zu finden.

Vor Beginn des Experiments mussten der Proband und der Experimentator eine Einverständniserklärung unterschreiben. Diese besteht aus den Abschnitten „Bezeichnung der Studie/des Experiments“, „Beschreibung“, „Risiken und Vorteile“, „Kosten und Entgelt“, „Vertraulichkeit“, „Abbruch des

Experiments“, „Freiwilliges Einverständnis“, „Unterschrift des Teilnehmers“, „Bestätigung des Experimentators“ und „Unterschrift des Experimentators“. Außerdem gibt es ein „Experiment Guide Sheet“. Dieses dient der Datenerhebung über den Hintergrund der Teilnehmer bestehend aus „Angestrebter Abschluss“ und „Studiengang“, „Aktuelles Fachsemester“, „Besuchte SE-Veranstaltungen“, „Berufserfahrung“, und „Erfahrung mit Use Cases“. Außerdem enthält es Informationen zum „Ablauf des Experiments“, „Hinweise zur Bearbeitung“ und „Hinweise zu dem Eyetracker“.

Danach gab es einen Fragebogen, in dem die Probanden nach ihrer eigenen Erfahrung und persönlichen Meinung die Relevanz der einzelnen Komponenten eines Use Cases bewerten sollten. Es gibt die Kategorien „Unwichtig“, „Eher unwichtig“, „Eher wichtig“, „Wichtig“.

Des weiteren gibt es zwei Blätter mit den Aufgabenbeschreibungen für die Lese- und Schreibaufgabe.

Für den Use Case, den die Probanden schreiben mussten, wurde ein Blatt vorbereitet, auf dem der Name des Use Cases und für jede Use Case Komponente des bekannten Templates Bereiche zum Schreiben vorgegeben waren. Es wurde darauf geachtet, dass die Bereiche genug Platz zum Schreiben bieten und keinen Hinweis auf den Umfang des zu schreibenden Texts geben.

Danach gab es einen weiteren Fragebogen. Dieser diente vor allem dazu, nachzuvollziehen, was die Teilnehmer sich während der Bearbeitung der Schreibaufgabe gedacht haben und die gemessenen Eyetrackingdaten besser zu verstehen. Der Fragebogen besteht aus mehreren Aussagen, denen der Teilnehmer zustimmen, widersprechen oder keine Angabe geben konnte. Aus dem Fragebogen für die Teilnehmer des Treatments ohne Linking wurden die Fragen 05, 06 und 07 entfernt. Da der Use Case aus diesem Treatment keine Verlinkung enthält, sind auch die Fragen nicht sinnvoll.

Das Experimentator Sheet füllt der Experimentator während der Durchführung des Experiments aus. Es werden das Treatment, die Startuhrzeit sowie die Enduhrzeit, die Kalibrierungs- und Validierungswerte, sowie die Bearbeitungszeiten der Lese- und Schreibaufgabe vermerkt. Außerdem bewertet der Experimentator die Anzahl der Blicke auf den Use Case und die Anforderungen während der Schreibaufgabe. Des weiteren werden die Schreibreihenfolge der Use Case Komponenten und etwaige Anmerkungen festgehalten.

5.1.4 Eyetracking Experiment

Die Leseaufgabe wurde von dem Eyetracker aufgezeichnet.

Schön wäre es gewesen, wenn auch die Schreibaufgabe aufgezeichnet würde. Aber das Risiko, dass sich die Teilnehmer bei der Schreibaufgabe und der Gesamtbearbeitungszeit von 30 Minuten bewegen und so die Aussagekraft des Aufnahmeverfahrens ruinieren, ist hoch. Außerdem ist es eine starke Belastung für den Teilnehmer sich 30 Minuten kaum zu bewegen. Deswegen wurde sich dafür entschieden, dass der Experimentator über Beobachtung Daten sammelt.

Mit der Software ExperimentCenter von SMI wurde das Eye-Tracking-Experiment erstellt. Es besteht aus einer Kalibrierungs- und einer Validierungsphase. Sind diese abgeschlossen, wird ein PDF Dokument angezeigt. Das PDF besteht aus vier Seiten. Die erste und die letzte Seite, sind Pufferseiten, damit der Teilnehmer nicht aus Versehen die Validierungsphase erneut startet oder die Aufnahme beendet. Dies ist notwendig, da die Software keine Möglichkeit bietet das anderweitig zu verhindern. Die zweite Seite enthält den Use Case „Lehrperson erstellen“ und die dritte Seite die Anforderungen. Die Kalibrierung wurde als 5-Punkte-Kalibrierung durchgeführt und die Maussteuerung wurde deaktiviert.

5.2 Ablauf

Der Proband wird zur vereinbarten Zeit in den Raum hereingeholt. Der Proband und der Experimentator setzen sich gemeinsam an den Tisch mit dem Experimentaufbau. Der Proband setzt sich auf den Stuhl vor dem Monitor, an dem der EyeTracker angebracht ist. Der Experimentator setzt sich links im 90 Grad Winkel neben den Probanden vor den Laptop, der für die Experimentsteuerung genutzt wird.

Zuerst reicht der Experimentator dem Probanden die Einverständniserklärung mit einer kurzen Erläuterung der Unterpunkte und bittet ihn diese zu lesen. Wenn der Proband keine Fragen dazu hat, unterschreiben Proband und Experimentator die Einverständniserklärung. Daraufhin wird dem Probanden das Experiment Guide Sheet ausgehändigt und gebeten dieses zu lesen und auszufüllen.

Als nächstes wird dem Probanden ein Bewertungsbogen zur Relevanz der Use Case Komponenten ausgehändigt. Er wird gebeten, diesen nach seiner eigenen Meinung auszufüllen.

Danach bekommt der Student den ersten Aufgabenzettel ausgehändigt.

Auf diesem stehen die Aufgabenstellung und die Situation in der sich der Aufgabenbearbeiter befindet. Der Proband sei ein Entwickler, der neu in dem Projekt Sinologie in Würzburg ist. Er soll sich in einen Ausschnitt der Spezifikation einarbeiten, als Vorbereitung auf eine folgende Aufgabe. In diesem Fall besteht der Spezifikationsausschnitt aus einem Use Case und ein paar Anforderungen. Für das Lesen dieses Spezifikationsausschnitts hat der Proband ein Zeitlimit von zehn Minuten. Außerdem steht auf dem Aufgabenzettel wie durch das PDF navigiert wird. Es sind nur Seitenwechsel möglich, kein Scrollen.

Wenn der Proband signalisiert, dass er die Aufgabe verstanden hat und bereit ist, positioniert der Experimentator den Probanden richtig vor den Eyetracker. Die Augen des Probanden müssen mittig und in einen bestimmten Abstand, etwa zwischen 55cm und 70cm, zu dem Eyetracker sein. Der Experimentator weist den Probanden darauf hin, sich und den Kopf während des Experiments nicht allzu stark zu bewegen. Dann startet der Experimentator das im Experiment Center erstellte Experiment für das entsprechende Treatment. Zuerst findet eine Kalibrierung des Eyetrackers statt. Dies kann je nach Teilnehmer einige Zeit in Anspruch nehmen und wiederholt werden müssen. Auf ein Zeichen des Experimentators wird das PDF angezeigt und der Proband kann mit der Leseaufgabe starten.

Wenn der Proband nach seinem eigenen Empfinden, die Aufgabe beendet hat, signalisiert er dem Experimentator dies. Der Experimentator reicht dem Probanden die nächste Aufgabenstellung. Der Proband soll einen Use Case schreiben und bekommt dafür einen ausgedruckten Vordruck mit der Einteilung in die Use Case Komponenten und dem Use Case Namen. Der Student darf gern, wenn er es für nötig hält auf das PDF am Monitor gucken. Das Zeitlimit beträgt 20 Minuten.

Im Anschluss daran füllt der Proband den Fragebogen aus. Dieser dient der Klärung und Versicherung von Entscheidungen, die der Proband getroffen hat und durch die gesammelten Daten nur vermutet werden können.

Während der Durchführung des Experiments aufgetretene Fragen stellt der Experimentator zum Schluss.

5.2.1 Änderungen des Ablaufs

Zuerst war gedacht, dass die Teilnehmer von sich aus auf die Idee kommen, dass sie das PDF Dokument am Monitor gut als Hilfe für die Schreibaufgabe nutzen können. Es sollte untersucht werden, ob die Teilnehmer von selbst auf diese Erkenntnis kommen. Es wurde jedoch sehr früh deutlich, dass jeder Teilnehmer das PDF nutzt, sobald er weiß, dass es nicht verboten ist. Deswegen wurde dazu übergegangen den Teilnehmern innerhalb der ersten

zwei Bearbeitungsminuten darauf hinzuweisen, dass sie das Material nutzen dürfen.

Schon während der Durchführung der Studie zeichnete sich ab, dass die Qualität mehrerer Datensätzen des Eye-Trackings für das Treatment *drinnen* schlecht waren. Der Eyetracker hat für größere Zeiträume die Augenbewegungen oft ungenau oder gar nicht wahrgenommen. Darum hat Teilnehmer P16 Treatment *drinnen* bearbeitet, statt wie nach der üblichen Reihenfolge Treatment *ohne*.

5.3 Beobachtungen während der Studie

Jeder Teilnehmer konnte die Aufgaben in der vorgegeben Zeit vollständig bearbeiten, auch wenn die Zeit für die Schreibaufgabe manchmal sehr knapp wurde.

Es ist aufgefallen, dass die Teilnehmer die Leseaufgabe teilweise unterschiedlich interpretiert haben. Manche sahen das einmalige Durchlesen des PDFs als ausreichend, andere hatten die Annahme, sie müssten sich so viele Informationen wie möglich merken.

Außerdem gab es teilweise starke Unterschiede bei der Aufnahmequalität des Eyetrackers. Vor der Analyse musste überprüft werden, ob alle Datensätze für die Auswertung verwendet werden können.

Obwohl das PDF der Leseaufgabe Pufferseiten besitzt, haben zwei Teilnehmer die Eye-Trackingaufnahme zwischendurch beendet. Dies ist glücklicherweise nie während der Leseaufgabe passiert. Deswegen entstehen daraus keine Folgen für die Auswertung.

Kapitel 6

Analyse und Interpretation

In diesem Kapitel werden zunächst die in der Studie erhaltenen Daten präsentiert. Dazu werden die einzelnen Analyseschritte und Ergebnisse beschrieben. Anschließend werden die gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich der Forschungsfragen bewertet und Schlussfolgerungen bezüglich der Studienziele gezogen.

6.1 Population

Den Teilnehmern wurde in aufsteigender Reihenfolge eine ID zugeordnet. In abwechselnder Reihenfolge wurden die drei Treatments den Teilnehmern zugeordnet (siehe Tabelle 6.1).

Es haben 16 Personen an der Studie teilgenommen. Darunter waren zehn Bachelorstudenten und fünf Masterstudenten der Informatik und ein Bachelorstudent der Technischen Informatik der Leibniz Universität Hannover. Der Student der Technischen Informatik ist im dritten Fachsemester, die anderen Bachelorstudenten sind mindestens im fünften Fachsemester und von den Masterstudenten ist jeweils eine Person im ersten bis zum fünften Fachsemester. Alle Teilnehmer haben die Lehrveranstaltungen Software-Technik und Software-Projekt besucht. In diesen Veranstaltungen werden auch die Themen Use Case und Anforderungen behandelt. 13 Personen haben zudem noch die Lehrveranstaltung Software-Qualität besucht. Keiner der Teilnehmer hat vorher außerhalb der Universität mit Use Cases gearbeitet. Die Use Case Erfahrung wurde mit „wenig“ bis „eher viel“ bewertet. Zwei Mal wurde die Bewertung „wenig“ gewählt, zehn Mal „eher wenig“ und vier Mal „eher viel“, darunter drei Masterstudenten.

Teilnehmer	Treatment ohne	Treatment unten	Treatment drinnen
P01	x		
P02		x	
P03			x
P04	x		
P05		x	
P06			x
P07	x		
P08		x	
P09			x
P10	x		
P11		x	
P12			x
P13	x		
P14		x	
P15			x
P16			x

Tabelle 6.1: Zuordnung der Teilnehmer zu den Treatments

6.2 Aufbereitung der Rohdaten

Nach der Durchführung des Experiments wurden die gesamten gesammelten Eye-Tracking-Daten in die Analysesoftware BeGaze von SMI übertragen. BeGaze bietet zahlreiche Funktionen die Daten auszuwerten und graphisch darstellen zu lassen. Zuerst mussten in den Eye-Tracking-Daten das Bearbeitungsende der Leseaufgabe festgelegt werden. Dazu wurden die mit der Stoppuhr gemessenen Zeiten verwendet und überprüft, wann in dem Zeitraum die Teilnehmer den Blick von dem Monitor abgewendet haben. Die Zeiten sind bis auf die Zehntelste Millisekunde genau. Da auch das Leseverhalten des Use Cases analysiert werden sollte, mussten für jeden Studienteilnehmer die einzelnen Abschnitte der gesamten Aufnahme, in der der Use Case gelesen wurde, zusammengeschnitten werden. Die zusammengeschnittenen Aufnahmen werden im folgenden als Custom Trial bezeichnet. Die direkt von dem Eyetracker aufgenommen Aufnahme besteht aus der Validierung und den vier Seiten des PDFs (siehe 5.1.4).

Durch den Entwurf des PDFs kam es zu dem Phänomen, dass die Teilnehmer zu Beginn der Leseaufgabe immer die Komponente „Voraussetzungen“ angeschaut haben. Dadurch wurden die Daten beeinflusst. Als Reaktion wurde der Beginn der zugeschnittenen Aufnahme auf den Zeitpunkt festgelegt, an dem die Teilnehmer bewusst angefangen haben zu lesen.

Auf den so erhaltenen Aufnahmen des Use Cases wurden für alle drei Treatments **Areas of Interest (AOI)** für jede Komponente des Use Cases definiert. In Abbildung C.1 im Anhang wird für das Treatment *ohne* die Einteilung der AOIs dargestellt. Über jede Use Case Komponente wurde je eine AOI gelegt und die AOI nach der jeweiligen Komponente benannt.

BeGaze berechnet für jede AOI bestimmte Werte, sogenannte **Key Performance Indicators (KPI)**. Das sind zum Beispiel die Eintrittszeit in eine AOI, die Verweilzeit in einer AOI oder die AOI Größe und zahlreiche andere Werte.

Alle relevanten Informationen wurden in Exceltabellen exportiert. Auch die Ergebnisse der Fragebögen und des Experimentator Sheets wurden in Exceltabellen übertragen.

6.3 Validierung der Messdaten

Schon während der Durchführung der Studie ist aufgefallen, dass die Qualität von manchen Eyetrackeraufnahmen nicht optimal war. Zum Beispiel gab es öfters längere Unterbrechungen und Sprünge des Blickpunkts, die durch die Eyetrackererfassung verursacht wurden. Für die Analyse der Leseintensität und Reihenfolge der Komponenten sind genaue Daten notwendig, ansonsten besteht das Risiko, dass die Ergebnisse verfälscht werden. BeGaze berechnet die Trackingrate. Alle Datensätze, die eine Trackingrate von unter 98,5% haben, wurden nicht berücksichtigt. Damit fielen die Datensätze von P02, P09 und P10 weg. In einem zweiten Schritt wurden die AOI Sequence Charts der Custom Trials überprüft. Viele schnell zwischen den AOIs wechselnde Blicke sowie dünn besiedelte Zeitbereiche weisen auf Erfassungsfehler des Eyetrackers hin. Datensätze, die viele solche Bereiche aufweisen, mussten auch aus der Bewertung entfernt werden. Dies betrifft P02, P07, P08, P09, P10, P12 und P15. Somit blieben für die Analyse der Leseintensität und Reihenfolge der Komponenten die folgenden Datensätze.

Treatment ohne: P01, P04 und P13

Treatment unten: P05, P11 und P14

Treatment drinnen: P03, P06 und P16

Die Auswertung der anderen Metriken wurden nicht beeinflusst und es konnten alle Datensätze verwendet werden.

6.4 Auswertung der Daten

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse für jede abhängige Variable präsentiert und die Hypothesen auf statistische Signifikanz getestet. Zu jeder Metrik ist die ausführliche Datentabelle im Anhang C zu finden.

Definition 6 Stakeholder:

Stakeholder steht, wenn nicht anders kenntlich gemacht, für die Komponente „Stakeholder und Interessen“.

Subjektiv empfundene Relevanz der Use Case Komponenten

In einem Fragebogen zu Anfang der Studiensitzung haben alle 16 Teilnehmer eine subjektive Bewertung der Use Case Komponenten nach ihrer Relevanz angegeben. Die Teilnehmer konnten für jede Komponente einen der folgenden Werte wählen, „Wichtig“, „Eher wichtig“, „Eher unwichtig“ und „Unwichtig“. Tabelle 6.2 zeigt die vergebenen Häufigkeiten der einzelnen Bewertungswerte und den Median für jede Komponente.

Bewertung	Use Case Komponente												
	Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie
1	11	3	4	1	8	4	11	12	9	5	10	2	1
2	5	11	4	6	6	4	4	4	7	9	5	8	2
3	0	2	8	8	2	8	1	0	0	2	1	6	12
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Median	1	2	2,5	3	1,5	2,5	1	1	1	2	1	2	3

Legende	1	2	3	4
	Wichtig	Eher wichtig	Eher unwichtig	Unwichtig

Tabelle 6.2: Subjektive Bewertung der Relevanz der Use Case Komponenten

Betrachtet man den Median, dann sind die Komponenten *Name*, *Voraussetzungen*, *Garantie*, *Erfolgsfall* und *Beschreibung* mit einem Median von 1 als am relevantesten bewertet wurden. Die Komponenten *Ebene* und *Technologie* als am wenigsten relevant mit einem Median von 3. Keine der Komponenten wird insgesamt als „Unwichtig“ bewertet.

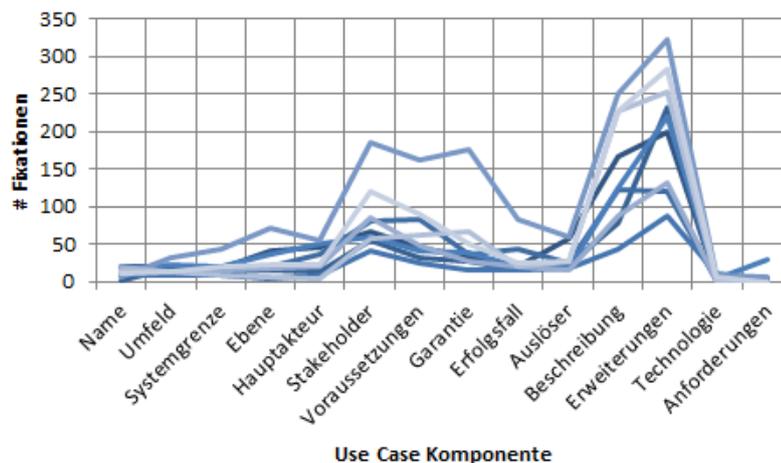


Abbildung 6.1: Anzahl der Fixationen der Use Case Komponenten

An den Häufigkeiten für jede Bewertungsstufe kann man sehen, dass sich bei den meisten Komponenten ein eindeutiger Bewertungstrend abzeichnet. Besonders eindeutig sind die Bewertungen bei den Komponenten *Name*, *Umfeld*, *Voraussetzungen*, *Garantie*, *Beschreibung* und *Technologie*. Bei den Komponenten *Systemgrenze* und *Stakeholder und Interessen* sind die Bewertungen vergleichsweise gleichmäßig verteilt.

Die Nullhypothese $H_{0,1}$ „Für alle Komponenten ist die Relevanzbewertung gleich“ wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit α von 5% getestet. Dazu wurde die *einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA)* durchgeführt. Die Nullhypothese konnte abgelehnt und die Alternativhypothese $H_{1,1}$ „Es existiert mindestens eine Komponente, deren Relevanzbewertung ungleich der Relevanzbewertung der anderen Komponenten ist“ angenommen werden.

Anzahl der Fixationen pro Use Case Komponente

Es soll untersucht werden mit welcher Intensität die einzelnen Use Case Komponenten gelesen werden. Dazu wurden die Augenfixationen für jede Komponente gemessen. Jede Fixation ist in etwa gleich lang, dadurch geben die Fixationen ein Maß für die Lesezeit und somit auch für die Lesintensität ab. Die Fixationen für jeden Probanden werden in Abbildung 6.1 dargestellt. Auf der horizontalen Achse stehen die Use Case Komponenten und auf der vertikalen Achse die Anzahl der Fixationen für jede Komponente.

Für die Auswertung der Fixationen und dem Testen der Hypothesen wird für jeden Probanden die prozentuale Häufigkeit der Fixationen für eine

Komponente verwendet. Mittels ANOVA wurde die Nullhypothese $H_{0,2,2}$ „Für alle Treatments ist die prozentuale Häufigkeit der Fixationen pro Komponente gleich“ überprüft. Für alle Komponenten wurde die Nullhypothese angenommen. Das verwendete Treatment hat also keine Auswirkung auf die Leseintensität der Komponenten. In Tabelle 6.3 sind die Mittelwerte der prozentualen Häufigkeiten der Fixationen für jedes Treatment und jede Komponente dargestellt. Die farbliche Darstellung stellt deutlich dar, dass die Mittelwerte der einzelnen Treatments sehr ähnlich sind. Am intensivsten wird die Komponente *Erweiterungen* gelesen, darauf folgen die *Beschreibung*, die *Stakeholder und Interessen* und die *Voraussetzungen*. Die Komponenten *Name*, *Umfeld*, *Systemgrenze* und *Technologie* werden im Vergleich wenig gelesen. Die Komponente *Anforderungen* kommt in dem Use Case für Treatment *ohne* und *drinnen* nicht vor, darum ist der Wert dort 0%. Die Anforderungen im Treatment *unten* werden wenig intensiv gelesen.

		Prozentuale Häufigkeit der Fixationen													
		Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie	Anforderungen
Mittelwert	ohne	1,58	2,92	2,13	4,04	4,93	10,84	8,55	5,23	4,24	5,36	19,24	30,35	0,59	0,00
	unten	1,96	2,65	2,85	3,85	4,55	11,65	8,37	7,67	4,56	4,14	16,62	27,65	1,45	2,03
	drinnen	2,32	2,00	2,21	2,24	2,33	12,49	9,08	6,56	3,17	3,18	23,97	30,03	0,43	0,00

Tabelle 6.3: Prozentuale Häufigkeit der Fixationen

Lesereihenfolge der Use Case Komponenten

Es wird die Lesereihenfolge der Use Case Komponenten analysiert. Um die Analyse handlicher zu gestalten, wird hier nur der Rang des ersten Leseintritts für jede Komponente verglichen. In den Eye-Tracking-Videos war erkennbar, dass die Teilnehmer wenig zwischen den Komponenten gewechselt haben. Die Analyse welche Komponenten wiederholt gelesen wurden, erfolgt in dem nächsten Abschnitt „Die Anzahl der Folgebesuche pro Use Case Komponente“.

Die Lesereihenfolge der Komponenten wird durch BeGaze in der KPI *Sequence* gemessen. Die Reihenfolge wird auf Basis der Eintrittszeit in eine Komponente berechnet. Tabelle 6.4 zeigt unterteilt nach den Treatments und den Probanden den Leserang für jede Use Case Komponente. Treatment *ohne* und *drinnen* haben keine Werte für die Komponente *Anforderungen*, weil diese Komponente nicht in ihrem Use Case vorkommt.

Anhand des Farbverlaufs sieht man leicht, dass alle Probanden unabhängig

		Leserang der Use Case Komponenten													
Treatment	Proband	Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie	Anforderungen
ohne	P1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	P4	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	P13	2	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
unten	P5	3	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	P11	2	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	3
	P14	13	14	2	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
drinnen	P3	1	2	4	6	7	5	8	9	10	11	12	13	3	
	P6	3	2	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	P16	2	6	1	4	3	5	7	8	9	10	11	12	13	

Tabelle 6.4: Leserang der Use Case Komponenten

vom Treatment die Komponenten in der gleichen Reihenfolge gelesen haben. Es gibt nur einzelne Abweichungen. Es zeichnet sich der allgemeine Trend ab, dass der Use Case von oben nach unten gelesen wird.

Anzahl der Folgebesuchen pro Use Case Komponente

Eine weiteres Merkmal, dass zur Bewertung der Relevanz einer Use Case Komponente beiträgt, ist die Anzahl der Folgebesuche. Folgebesuche beschreibt wie oft eine Komponenten gelesen wird, mit der Einschränkung, dass zwischen zweimal Lesen mindestens eine andere Komponente gelesen wurde. Diese Metrik wird von BeGaze in Form einer KPI namens *Revisits* gestellt. Anhand der prozentualen Häufigkeit der Folgebesuche einer Komponente wird die Nullhypothese $H_{0,4.2}$ „Für alle Treatments ist die prozentuale Häufigkeit der Folgebesuchen pro Komponente gleich“ mit ANOVA getestet. Für alle Komponenten wurde die Nullhypothese angenommen. Die prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche ist nicht vom verwendeten Treatment abhängig. In Tabelle 6.5 sind die Mittelwerte der prozentualen Häufigkeit der Folgebesuche für jedes Treatment und jede Komponente dargestellt. Die Werte sind für die Komponenten *Beschreibung*, *Stakeholder und Interessen* und *Erweiterungen* am höchsten. Besonders niedrige Werte sind bei *Technologie* und *Anforderungen*. Dabei muss man

beachten, dass die 0% bei den *Anforderungen* für Treatment *ohne* und *drinnen* dadurch zustande kommen, dass diese Komponente im Use Case für diese Treatments nicht vorkommt.

		Prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche													
		Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie	Anforderungen
Mittelwert	ohne	3,43	4,32	4,83	9,25	9,73	11,35	7,31	8,18	6,80	9,84	13,06	10,71	1,20	0,00
	unten	4,02	5,43	7,55	7,48	8,78	11,61	11,34	9,75	7,49	6,96	8,51	7,58	1,41	2,08
	drinnen	6,39	6,46	6,24	5,97	6,60	11,77	8,24	7,78	7,26	6,75	13,83	11,99	0,71	0,00

Tabelle 6.5: Prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche

Relative Lesezeit der Anforderungen

Um die Auswirkungen des verwendeten Anforderungslinkings zu untersuchen, wird analysiert wie sich die Treatments auf die Lesezeit der Anforderungen auswirken. Für die Analyse wird die relative Lesezeit der Anforderungen, also der Anteil der Lesezeit der Anforderungen an der Gesamtlesezeit, gewählt.

relative Lesezeit der Anforderungen [%]		Median	Mittelwert
Treatment	ohne	53,63	54,06
	unten	44,44	47,60
	drinnen	45,94	46,39

Tabelle 6.6: Relative Lesezeiten der Anforderungen

In Tabelle 6.6 sind der Median und der Mittelwert der relativen Lesezeiten der Anforderungen für die drei Treatments dargestellt. Die relativen Lesezeiten der Teilnehmer sind zudem in Abbildung 6.2 abgebildet.

Schon anhand der Graphik und der Median- und Mittelwerte sieht man sehr gut, dass die relativen Lesezeiten überall etwa gleich sind. Nur die Werte für das Treatment *ohne* sind leicht erhöht. Mit dem Shapiro-Wilk-Test wurden die Werte für jedes Treatment zuerst auf Normalverteilung getestet. Für alle drei Treatments liegt Normalverteilung der Daten vor. Im nächsten Schritt wurde mit der *einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA)* die Nullhypothese

„Die relativen Lesezeiten der Anforderungen sind in allen Treatments gleich“ getestet. Die Nullhypothese musste mit einem Signifikanzniveau von 5% angenommen werden.

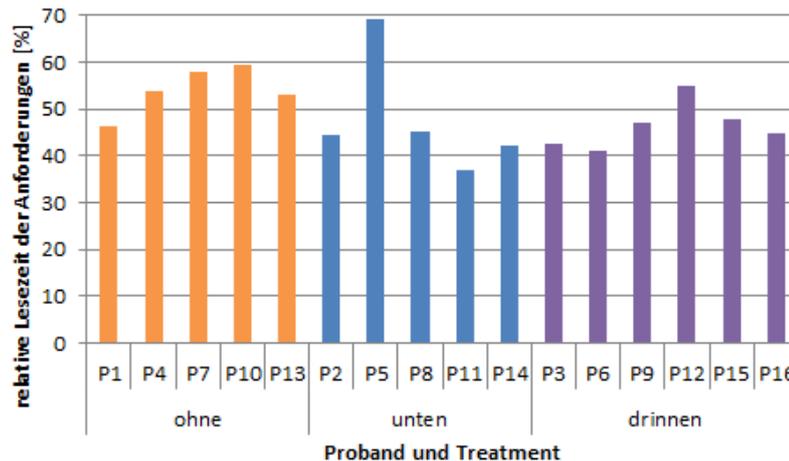


Abbildung 6.2: Relative Lesezeiten der Anforderungen

Anzahl der Seitenwechsel von Use Case zu Anforderungen

Es wird untersucht, ob das verwendete Treatment Auswirkungen auf die Anzahl der Seitenwechsel von dem Use Case zu den Anforderungen hat. Die Anzahl der Seitenwechsel wurde durch Analyse der Eye-Tracking-Videos erhoben. In Tabelle 6.7 sind die Anzahl der Seitenwechsel für jeden Probanden und die Median- und Mittelwerte der Treatments dargelegt. Treatment *ohne* hat einen Median von 1, Treatment *unten* einen Median von 3 und Treatment *drinnen* einen Median von 6.

Mit dem Jonckheere-Terpstra-Test [31] wurde diese Ordnung auf statistische Signifikanz getestet. Der Jonckheere-Terpstra-Test ist ein parameterfreier statistischer Test, mit dem getestet wird, ob sich verschiedene unabhängige Stichproben in einer ordinalskalierten Variable unterscheiden. Es wird getestet, ob ein Trend zwischen den Gruppen vorliegt. Mit einem Signifikanzniveau von 5% wird die Nullhypothese $H_{0,6.1}$ „Für alle Treatments ist die Anzahl der Seitenwechsel gleich“ abgelehnt und die Alternativhypothese $H_{1,6.1}$ „ $y_{\text{ohne}} \leq y_{\text{unten}} \leq y_{\text{drinnen}}$ “ angenommen.

Treatment	Proband	Seitenwechsel	Median	Mittelwert
ohne	P1	1	1	1
	P4	1		
	P7	1		
	P10	1		
	P13	2		
unten	P2	3	3	3
	P5	1		
	P8	2		
	P11	5		
	P14	4		
drinnen	P3	2	5,5	6
	P6	7		
	P9	13		
	P12	4		
	P15	1		
	P16	11		

Tabelle 6.7: Anzahl der Seitenwechsel

Anzahl der Blicke auf die Anforderungen beim Schreiben

Es wird untersucht, ob ein Treatment dazu führt, dass die Anforderungen beim Schreiben mehr betrachtet werden. Dazu wurde die Anzahl der Blicke während des Schreibens des Use Cases gezählt. Da die Dauer der Blicke unterschiedlich waren, manche sehr kurz und manche eher lang, wurde die Anzahl der Blicke mit der Länge verbunden und in Form einer ordinalskalierten Anzahlwertung abgeschätzt. Es werden die Ausprägungen „Keine“, „Wenige“, „Eher wenige“, „Eher viele“ und „Viele“ Blicke unterschieden. In Tabelle 6.8 sind die Ergebnisse pro Treatment dargestellt.

Treatment *ohne* hat einen Median von 1, Treatment *unten* einen Median von 2 und Treatment *drinnen* einen Median von 3. Mit dem Jonckheere-Terpstra-Test wurde die Nullhypothese $H_{0,7}$ „Für alle Treatments ist die Anzahl der Betrachtungen gleich“ getestet. Die Nullhypothese konnte auf einem Signifikanzniveau von 5% abgelehnt werden und die Alternativhypothese $H_{1,7}$ „ $Y_{\text{ohne}} = Y_{\text{unten}} = Y_{\text{drinnen}}$ “ angenommen werden.

	Treatment		
Anzahl Blicke	ohne	unten	drinnen
0	1	2	0
1	2	0	0
2	1	1	2
3	0	2	3
4	1	0	0
Median	1	2	3

Legende	0	1	2	3	4
	Keine	Wenige	Eher wenige	Eher viele	Viele

Tabelle 6.8: Anzahl der Blicke auf Anforderungen

Anzahl der berücksichtigten Anforderungen beim Schreiben

Es sollte die Abhängigkeit zwischen der Anzahl der berücksichtigten Anforderungen beim Schreiben und dem verwendeten Treatment untersucht werden. Dazu wurden für den geschriebenen Use Case jedes Probanden gezählt, wie viele Anforderungen aus den vorgegebenen Anforderungen inhaltlich in dem geschriebenen Use Case enthalten sind. Die Probanden wussten, dass sie den Use Case und die Anforderungen aus der Leseaufgabe als Hilfe nutzen dürfen. Ihnen wurde aber nicht explizit gesagt, dass sie sie beachten müssen.

Es wurden alle explizit und implizit enthaltenen Anforderungen berücksichtigt. Zum Beispiel waren in dem Lese Use Case mehrere Anforderungen implizit enthalten. Die Anforderungen waren also nicht wörtlich oder umschrieben im Use Case, aber sie gehören zu Aussagen im Use Case. Wenn die Probanden eine ähnliche Formulierung dieser Abschnitte gewählt haben, wurden diese Anforderungen als berücksichtigt angesehen. Wenn der Proband alle Abschnitte die man aus dem Lese Use Case übernehmen kann, übernommen hat, waren schon acht Anforderungen berücksichtigt.

In Tabelle 6.9 sind für jeden Probanden die Anzahl an inhaltlich enthaltenen Anforderungen dargestellt. Zudem sind der Median und der Mittelwert für jedes Treatment gegeben. Treatment *ohne* und *drinnen* haben einen Median von 8, Treatment *unten* einen Mittelwert von 8,5. Die Mediane sind also sehr ähnlich. Die Nullhypothese $H_{0,8}$ „Für alle Treatments ist die Anzahl an berücksichtigten Anforderungen gleich“ wurde mit ANOVA getestet. Mit

einem Signifikanzniveau von 5% wird die Nullhypothese angenommen.

Treatment	Proband	Anzahl inhaltlich enthaltener Anforderungen	Anzahl an Anforderungslinks	Median	Mittelwert
ohne	P1	7	0	8	7,8
	P4	8	0		
	P7	8	0		
	P10	8	0		
	P13	8	0		
unten	P5	9	0	8,5	8,8
	P8	8	0		
	P11	10	0		
	P14	8	0		
drinnen	P3	8	6	8	8,0
	P6	8	3		
	P9	8	6		
	P12	10	6		
	P15	7	3		
	P16	7	5		

Tabelle 6.9: Anzahl der berücksichtigten Anforderungen und Links

Es gab zwei Anforderungen, die nur für den Schreib Use Case zu beachten waren und nicht im Lese Use Case. Nur Proband P9 und P11 haben diese Anforderungen beim Schreiben berücksichtigt. Beide Probanden gehören zum Treatment *unten*. Es kann jedoch nicht festgestellt werden, ob dieses Phänomen vom Treatment oder von den Probanden abhängt.

Es wurde auch gezählt, wie oft die Probanden beim Schreiben eigene Anforderungslinks gesetzt haben. Die Zahlen sind auch in Tabelle 6.9 abgebildet. Es ist deutlich zu erkennen, dass nur die Probanden aus Treatment *drinnen* Links verwendet haben, wenn auch nicht für alle berücksichtigten Anforderungen. Ein möglicher Erklärungsansatz, warum die Probanden aus Treatment *unten* keine Links gesetzt haben, ist, dass die Use Case Vorlage, die die Probanden zum Schreiben bekommen haben, nicht wie der Lese Use Case dieses Treatments eine Komponente für die Anforderungen hatte.

Schreibreihenfolge der Use Case Komponenten

Es wird untersucht in welcher Reihenfolge die Probanden die Use Case Komponenten beim Schreiben ausfüllen. Dazu wurde bei der Durchführung der Studie, die Schreibreihenfolge durch Beobachtung aufgezeichnet. In Tabelle 6.10 sind die Schreibreihenfolge der Komponenten für jeden Probanden dargestellt. Teilweise haben die Probanden eine Komponente im Nachhinein bearbeitet. In der Tabelle ist nur der Rang der ersten Bearbeitung abgebildet. Dadurch kommt es manchmal dazu, dass die Rangfolge nicht durchgängig ist und manche Ränge fehlen. Weiße Felder bedeuten, dass der Proband diese Komponente nicht bearbeitet hat.

Die Daten von Proband P2 müssen aus der Wertung genommen werden, da dieser Proband für das Schreiben des Use Cases anders als die anderen Probanden weder den Leses Use Case noch die Anforderungen genutzt hat. Besonders bei den Treatments *unten* und *drinnen* zeigt sich, dass der Use Case von oben nach unten geschrieben wurde. Auch bei Treatment *ohne* zeigt sich dieses Muster. Allerdings gibt es kleine Abweichungen.

Treatment	Proband	Schreibrang der Use Case Komponenten													
		Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Interessen	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie
ohne	P1		1	8	2	3	4	9	5		6	12	7	11	14
	P4		1	4	5	6	7	8	9	10	3	11	12	13	2
	P7		1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12
	P10		1	2	3	4	5	5	6	8	7	9	10	11	12
	P13		5	6	1	2	12	12	9	7	3	8	10	11	13
unten	P2		11	12	13	2	1	5	14	8	3	4	6	7	10
	P5		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	P8		1	2	3	4	5	5	6	7	8	10	11	12	13
	P11		3	2	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	P14		1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	
drinnen	P3		1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12
	P6	14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	P9		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	P12		1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	14
	P15		1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	13
	P16		1	2	3	4	5	6	7	14	8	9	11	15	16

Tabelle 6.10: Schreibrang der Use Case Komponenten

6.5 Bewertung der Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Forschungsfragen auf Basis der Ausführungen im Abschnitt 6.4 beantwortet.

Beantwortung der Forschungsfragen

- I. Existieren Use Case Komponenten, die eine höhere subjektiv empfundene Relevanz als andere Komponenten besitzen?

Es konnte statistisch signifikant gezeigt werden, dass die Use Case Komponenten nicht gleich bewertet werden. Für die meisten Komponenten zeichnet sich in dieser Stichprobe ein eindeutiger Bewertungstrend ab. Die durchschnittlichen Bewertungen sehen wie folgt aus:

- Wichtig (Median 1-1,5): *Name, Hauptakteur, Voraussetzungen, Garantie, Erfolgsfall, Beschreibung*
- Eher wichtig (Median 2-2,5): *Umfeld, Systemgrenze, Stakeholder und Interessen, Auslöser, Erweiterungen*
- Eher unwichtig (Median 3): *Ebene, Technologie*

- II. Mit welcher Intensität werden die Use Case Komponenten gelesen und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Die Mittelwerte der Fixationen aller Komponenten sind für jedes Treatment annähernd gleich. Das Treatment hat damit keine Auswirkung auf die Intensität mit der die Komponenten gelesen werden. Am intensivsten gelesen werden absteigend sortiert die *Erweiterungen*, die *Beschreibung*, die *Stakeholder und Interessen* und die *Voraussetzungen*. Die Werte für die anderen Komponenten liegen nahe beieinander. Am wenigsten intensiv wird die Komponente *Technologie* gelesen. Wenn man die Größe der Komponenten betrachtet (siehe C.1), ergibt sich die Vermutung, dass die Anzahl der Fixationen von der Komponentengröße abhängt und nicht so sehr von der Komponente selbst.

- III. Existiert ein Muster in welcher Reihenfolge die Use Case Komponenten gelesen werden und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Der Use Case wird von oben nach unten gelesen und somit werden die Use Case Komponenten in der Reihenfolge ihrer Position gelesen. Zwischen den Treatments gibt es keinen Unterschied in der Lesereihenfolge. Auffällig ist, dass die Ränge der ersten drei Komponenten *Name*, *Umfeld* und *Systemgrenze* oft nicht in der Reihenfolge 1, 2, 3 sind. Eine mögliche Erklärung sind Ungenauigkeiten der Eyetrackeraufnahmen. Diese drei Komponenten sind sehr klein sind und stehen oben im Use Case. Die Genauigkeit des Eyetrackers war in dem oberen Bereich des Dokuments teilweise nicht gut.

- IV. Wie viele Folgebesuche besitzen die Use Case Komponenten und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Die Mittelwerte der Folgebesuche sind für die Treatments annähernd ähnlich. Es gibt zwar kleine Abweichungen, diese sind aber nicht signifikant. Das verwendete Treatment hat damit keine Auswirkungen auf die Anzahl der Folgebesuche. Die meisten Folgebesuche fallen auf die Komponenten *Stakeholder und Interessen*, *Beschreibung* und *Erweiterungen*. Die wenigsten Folgebesuche fallen auf die *Technologie* und für das Treatment *unten* noch auf die *Anforderungen*. Wie bei der Anzahl der Fixationen, lässt sich die Anzahl der Folgebesuche möglicherweise mit der Größe der Komponenten erklären.

- V. Existiert ein Zusammenhang zwischen der subjektiv empfundenen Relevanz der Use Case Komponenten und der Art und Weise wie die Komponenten gelesen werden?

Zwischen der subjektiv empfundenen Relevanz der Use Case Komponenten und der Art und Weise wie diese gelesen werden scheint es keinen Zusammenhang zugeben. Die Use Case Komponenten werden nicht nach ihrer Relevanz, sondern in ihrer Reihenfolge von oben nach unten gelesen. Für einige Komponenten stimmen die Relevanzbewertung und die Fixationen und Folgebesuche überein. Insgesamt ergibt sich aber keine Übereinstimmung. Auffällig ist die Komponente *Stakeholder und Interessen*. Sie hat eine durchschnittliche Relevanzbewertung von 2,5, aber die Anzahl der Fixationen und Folgebesuche ist im Vergleich mit den anderen Komponenten hoch. Außerdem hat die Komponente *Erweiterungen* eine mittlere Relevanzbewertung, hat aber mit Abstand die meisten Fixationen. Eine andere Komponente die gegen einen Zusammenhang zwischen Relevanzbewertung und Leseweise spricht, ist

die Komponente *Name*. Die Relevanz ist mit Mittelwert 1 die höchste Bewertung. Die Anzahl der Fixationen und Folgebesuche rangieren aber auf den untersten Plätzen.

Die Hypothese, dass die Art und Weise des Lesens von der Größe und Positionierung der Komponenten und nicht von der Relevanz der Komponenten abhängt, ist wahrscheinlich.

- VI. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer stärkeren Nutzung der Anforderungen beim Lesen im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?

Es konnte nicht gezeigt werden, dass eine Verlinkungsvariante statistisch signifikant die relative Lesezeit der Anforderungen ändert. Allerdings ist der durchschnittliche Wert für das Treatment *ohne* etwas höher. Das ist verwunderlich, weil in diesem Treatment die Anforderungen nicht im Use Case verlinkt sind und eigentlich die Hypothese aufgestellt wurde, dass die Verlinkung zu einer höheren Lesezeit führt.

Die verwendete Verlinkungsvariante beeinflusst jedoch wie oft zwischen dem Use Case und den Anforderungen geblättert wird. An dem Median wird deutlich, dass das Treatment *drinnen* zu mehr Seitenwechseln als Treatment *unten* und dieses zu mehr Seitenwechseln als Treatment *ohne* führt.

Aus der Analyse der Eye-Tracking-Videos hat sich ergeben, dass die Probanden des Treatments *drinnen* ausgehend von den Anforderungsnummern im Use Case die dazugehörigen Anforderungen gesucht und gelesen haben. Die Vermutung ist, dass durch die Anforderungslinks in erster Linie nur die Anforderungen gelesen wurden, die für den Use Case von Bedeutung sind und dadurch die Zeit für das Lesen der Anforderungen reduziert wurde.

- VII. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer stärkeren Nutzung der Anforderungen beim Schreiben im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?

Auf Basis des Medians der Treatments führt Treatment *drinnen* zu mehr Blicken auf die Anforderungen beim Schreiben als Treatment *unten* und dieses zu mehr Blicken als Treatment *ohne*. Die Werte

unterscheiden sich aber kaum.

- VIII. Führt eine der Verlinkungsvarianten zu einer größeren Anforderungsüberdeckung beim Schreiben im Vergleich zu den anderen zwei Verlinkungsvarianten?

Die Mediane und die Mittelwerte für die Anzahl der berücksichtigten Anforderungen beim Schreiben des Use Cases sind für alle Treatments ähnlich. Das verwendete Treatment hat keinen Einfluss auf die Anzahl der berücksichtigten Anforderungen.

Es ist aufgefallen, dass die Probanden des Treatments *drinnen* als einzige beim Schreiben Anforderungslinks gesetzt haben.

- IX. Existiert ein Muster in welcher Reihenfolge die Use Case Komponenten geschrieben werden und gibt es Unterschiede zwischen den Treatments?

Insgesamt haben alle Probanden den Use Case von oben nach unten geschrieben. Für die Schreibreihenfolge der Use Case Komponenten ist also nur die Position der Komponenten entscheidend. Es ist aufgefallen, dass sich drei Probanden des Treatments *ohne* nicht strikt an die Schreibreihenfolge oben nach unten halten. Dafür lässt sich erstmal keine Erklärung finden, außer dass es personenabhängig ist.

Kapitel 7

Fazit und Ausblick

In diesem Kapitel wird zunächst ein Fazit über die durchgeführte Studie und die erhaltenen Ergebnisse gezogen. Anschließend wird ein Ausblick über mögliche weiterführende Untersuchungen gegeben.

7.1 Fazit

Im Zuge dieser Arbeit wurde eine Studie zum Thema Use Case durchgeführt. Es wurden drei verschiedene Varianten, Anforderungen in Use Cases zu verlinken, untersucht. Es wurde untersucht, wie sie die Art und Weise beeinflussen, wie Use Cases gelesen und geschrieben werden. Und wie der Umgang mit den Anforderungen beeinflusst wird. Durch die Ergebnisse der Studie soll die effizienteste Variante ermittelt werden.

Aus den Ergebnissen in Kapitel 6 ist abzuleiten, dass die Art und Weise wie Use Cases gelesen werden nicht mit der subjektiv empfundenen Relevanz der Use Case Komponenten zusammenhängt und sich beim Lesen und Schreiben keine besonders relevanten Komponenten ausgezeichnet haben. Alle aufgetretenen Unterschiede bei der Leseintensität und den Fixationen lassen sich durch die Position und Größe der Komponenten erklären. Daraus folgt die Erkenntnis, dass die Komponenten grundsätzlich beliebig nach eigenen Vorlieben angeordnet werden können.

Insbesondere hat die Verlinkungsvariante keinen Einfluss auf die Art und Weise wie die Use Case Komponenten gelesen werden. Die Verlinkungsvariante beeinflusst allerdings den Umgang mit den Anforderungen beim Lesen des Use Cases. Zumindest für die Verlinkungsvariante, in der die Anforderungen direkt unter den Schritten verlinkt werden, kann ausgesagt werden, dass anhand der Anforderungslinks die Anforderungen identifiziert und gelesen werden. Dadurch ergibt sich eine leicht geringere Lesezeit der Anforderungen

im Vergleich zu dem Fall, dass die Anforderungen nicht verlinkt sind. Die Anforderungen werden bei Anforderungslinks differenzierter gelesen.

Beim Schreiben werden durch die Verlinkung der Anforderungen im Lese Use Case die Anforderungen minimal stärker gelesen, dadurch wird aber nicht erreicht, dass beim Schreiben mehr Anforderungen berücksichtigt werden. Den einzigen nennenswerten Einfluss hat die Anforderungsverlinkung *drinnen* in der Form, dass die Probanden von sich aus Anforderungslinks beim Schreiben setzen. Ansonsten macht es beim Schreiben kaum einen Einfluss welche Anforderungsvariante verwendet wird.

Insgesamt lässt sich die Verlinkung der Anforderungen unter dem entsprechenden Use Case Schritt empfehlen. Man muss jedoch bedenken, dass das Verfassen von Use Cases mit dieser Verlinkungsvariante aufwändiger ist, da für jeden Schritt im Use Case identifiziert werden muss, welche Anforderungen dazugehören. Nach der Erstellung des Use Cases und den Anforderungslinks reduziert sich allerdings die Zeit, um Anforderungen zu verfolgen.

7.2 Ausblick

Zuerst muss man hervorheben, dass die Stichprobengröße dieser Studie sehr klein ist und nur ein einzelner Use Case verwendet wurde. Es ist auf jeden Fall empfehlenswert diese Studie oder ähnliche mit einer größeren Stichprobe und unterschiedlichen Use Cases durchzuführen, um umfassendere und besser begründete Ergebnisse zu erhalten. Insbesondere wäre es interessant, das Lesen und Schreiben von Use Cases und die Verwendung von Anforderungslinks in richtigen Projekten zu untersuchen und nicht nur im künstlichen Umfeld eines Experiments. Außerdem könnte man verschiedene Formen von Use Cases untersuchen.

In dieser Arbeit ist der Aspekt des Use Case Schreiben relativ kurz geraten. Es wurde beobachtet, dass ein Use Case von oben nach unten geschrieben wird, wenn die Probanden einen ähnlichen Use Case als Orientierung verwenden. Einige der Probanden haben nicht von Anfang an bedacht, dass sie den Lese Use Case als Orientierung nutzen können. Dabei ist bei der Schreibreihenfolge eine interessante Besonderheit aufgetreten. Die Probanden haben in einer komplett ungeordneten Reihe die Komponenten ausgefüllt. Es sollte also eine Betrachtung erfolgen, wie Use Cases geschrieben werden, wenn die Schreiber keinen anderen Use Case als Orientierung haben.

Anhang A

Abstraction Sheets

Zweck:	Qualitätsaspekt:	Betrachtungsgegenstand:	Perspektive:
Steigere	Effizienz	Anforderungen beim Use Case Schreiben	Requirements Engineer
Qualitätsfaktoren:		Einflussfaktoren:	
<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Blicke auf die Anforderungen - Anzahl der berücksichtigten Anforderungen 		<ul style="list-style-type: none"> - Verwendete Verlinkungsvariante der Anforderungen im bereits geschriebenen Use Case 	
Ausgangshypothese:		Einflusshypothese:	
Beim Schreiben eines Use Cases werden die Anforderungen kaum beachtet.		Wenn die Anforderungen in Use Cases verlinkt sind und diese Use Cases beim Schreiben zur Verfügung stehen, dann werden Anforderungen beim Schreiben stärker genutzt und mehr Anforderungen berücksichtigt.	

Tabelle A.1: Abstraction Sheet: Effizienz der Anforderungen beim Use Case Schreiben

	Qualitätsfaktor	Einflussfaktor
Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Blicke auf die Anforderungen - Anzahl der berücksichtigten Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verlinkungsvariante
Frage	<p>Wie oft werden die Anforderungen beim Use Case schreiben angeschaut?</p> <p>Wie viele Anforderungen werden durch den geschriebenen Use Case überdeckt?</p>	<p>Welche Verlinkungsvariante führt beim Schreiben zu einer stärkeren Nutzung und zu einer größeren Überdeckung der Anforderungen?</p>
Metrik/ Indikator	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Blicke Gemessen in: [Anzahl Blicke] - Anzahl berücksichtigter Anforderungen Gemessen in: [Anzahl berücksichtigter Anforderungen] 	<ul style="list-style-type: none"> - Durchschnittliche Anzahl Blicke Gemessen in: [Anzahl Blicke] - Durchschnittliche Anzahl berücksichtigter Anforderungen Gemessen in: [Anzahl berücksichtigter Anforderungen]

Tabelle A.2: Gegenüberstellung: Effizienz der Anforderungen beim Use Case Schreiben

Zweck:	Qualitätsaspekt:	Betrachtungsgegenstand:	Perspektive:
Analysiere	Effizienz	Use Case Komponenten beim Lesen	Requirements Engineer
Qualitätsfaktoren:		Einflussfaktoren:	
<ul style="list-style-type: none"> - Leseintensität - Folgebesuche - Lesereihenfolge 		<ul style="list-style-type: none"> - Relevanz der Use Case Komponenten - Verwendete Verlinkungsvariante der Anforderungen im Use Case 	
Ausgangshypothese:		Einflusshypothese:	
Die Use Case Komponenten werden nach einem bestimmten Muster gelesen.		Die Use Case Komponenten werden entsprechend ihrer Relevanz gelesen. Die verwendete Verlinkungsvariante der Anforderungen beeinflusst, wie der Use Case gelesen wird.	

Tabelle A.3: Abstraction Sheet: Effizienz der Use Case Komponenten beim Lesen

	Qualitätsfaktor	Einflussfaktor
Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Leseintensität - Folgebesuche - Lesereihenfolge 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevanz der Use Case Komponenten - Verlinkungsvariante
Frage	Wie werden Use Cases insbesondere deren Komponenten gelesen?	Werden die Use Case Komponenten entsprechend ihrer Relevanz intensiver, öfter und früher gelesen? Beeinflusst die Verlinkungsvariante, wie der Use Case gelesen wird?
Metrik/ Indikator	<ul style="list-style-type: none"> - Leseintensität Gemessen in: [Prozentuale Häufigkeit der Fixationen] - Folgebesuche Gemessen in: [Prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche] - Lesereihenfolge Gemessen in: [Leserang] 	<ul style="list-style-type: none"> - Subjektiv empfundene Relevanz der Komponenten Gemessen in: [Bewertungsskala]

Tabelle A.4: Gegenüberstellung: Effizienz der Use Case Komponenten beim Lesen

Anhang B

Begleitdokumente der Studie

Studie: Use Cases lesen und schreiben
Datum:

Einverständniserklärung

Bitte lesen Sie die Einverständniserklärung aufmerksam durch, bevor Sie sich entscheiden an der Studie teilzunehmen.

Bezeichnung der Studie/des Experiments:

Use Cases lesen und schreiben: Eine Eye-Tracking-Studie mit Empfehlungen

Beschreibung: Das Experiment untersucht wie Use Cases gelesen werden. Es werden ungefähr 20 Studenten teilnehmen. Teile des Experiments werden von einem stationären Eye-Tracker überwacht, um die Augenbewegungen nachzuverfolgen. Die Dauer des Experiments beschränkt sich auf ca. 30-45 Minuten.

Risiken und Vorteile: Die Teilnahme am Laborexperiment ist mit keinen Risiken oder direkten Vorteilen verbunden.

Kosten und Entgelt: Außer der eigenen Zeitinvestition entstehen keine weiteren Kosten. Weiterhin wird kein Entgelt für die Teilnahme am Experiment ausgezahlt.

Vertraulichkeit: Alle erhobenen Daten während des Experiments werden anonymisiert und nur für das Fachgebiet des Software Engineering der Leibniz Universität Hannover zugänglich sein. Die Ergebnisse werden bei der Auswertung zufällig verteilten IDs zugeordnet und sind damit keiner echten Person zuweisbar. Der Teilnehmer verpflichtet sich zur Geheimhaltung der Studieninhalte.

Abbruch des Experiments: Dem Teilnehmer ist es zu jeder Zeit möglich das Experiment zu beenden oder abubrechen. Diese Entscheidung wird keinen Nachteil oder Vorteil für den Teilnehmer mit sich bringen.

Freiwilliges Einverständnis: Die oben aufgeführten Punkte wurden mir erklärt und meine Fragen dazu beantwortet. Vor, während und nach dem Experiment werden weitere Fragen vom Experimentator beantwortet. Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich an dem beschriebenen Experiment teilnehmen möchte.

_____ Hannover, _____
(Name und Unterschrift des Teilnehmers)

Bestätigung des Experimentators: Ich bestätige, dass das Ziel und die genaue Durchführung des Experiments, sowie potentielle Vor- und Nachteile und eventuelle Risiken, dem Teilnehmer erklärt worden sind. Weitere Fragen werde ich ebenfalls beantworten.

_____ Hannover, _____
(Name und Unterschrift des Experimentators)

Abbildung B.1: Einverständniserklärung

Studie: Use Cases lesen und schreiben

Datum:

Teilnehmer-ID:

Relevanzbewertung

Bewerten Sie die Komponenten eines Use Cases nach ihrer Relevanz entsprechend ihrer persönlichen Einschätzung. Kreuzen Sie dazu das entsprechende Feld an.

Die Komponenten entsprechen dem Template aus der Vorlesung Software-Technik der Leibniz Universität Hannover.

Komponente	Erklärung	Unwichtig	Eher unwichtig	Eher wichtig	Wichtig
Use Case Name	Kurzer, aktiver Satz was erreicht werden soll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umfeld	Wo und unter welchen Umständen wird das System verwendet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Systemgrenze	Beschreibung, was zu dem System gehört und was nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ebene	Hauptfunktion oder Teilfunktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hauptakteure	Aktiver Nutzer des Use Cases	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stakeholder u. Interessen	Personen, die Einfluss und Interesse am Use Case haben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Voraussetzungen	Wovon man zu Beginn auszugehen hat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Garantie	Was in jedem Fall sichergestellt ist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erfolgsfall	Ergebnis des erfolgreichen Use Cases	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auslöser	Wodurch die Interaktion gestartet wird	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beschreibung	Erfolgreicher Standardablauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erweiterungen	Alternative Use Case Schritte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technologie	Technologische Varianten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung B.2: Relevanzbewertung

UC 03	Lehrperson eintragen		
Umfeld	PC mit lokalem Netzwerk im Institut		
Systemgrenze	Hardware, Netzwerk und Server existieren bereits		
Ebene	Teilfunktion		
Hauptakteure	Sekretärin, weitere Verwaltung des Instituts		
Stakeholder u. Interessen	Sekretärin	Umweg über Papier vermeiden, weniger Aufwand	
	Lehrperson	Komfortable Übersicht über eigene Veranstaltungen	
	Institut	Elektronische Verwaltung der Lehrpersonen	
Voraussetzungen	Benutzer ist als Nutzer mit Schreibrechten am System angemeldet, das System ist bereit Datensätze aufzunehmen		
Garantie	Client-System wird nicht beeinträchtigt, konsistenter Zustand der Datenbank wird gewährleistet		
Erfolgsfall	System speichert Daten der Lehrperson in Datenbank		
Auslöser	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“		
Beschreibung	1	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“	
	2	System zeigt Fenster zur Eingabe der Daten an	
	3	Benutzer gibt Daten ein	
	4	Benutzer wählt Funktion „Speichern“	
	5	System speichert Daten	
	6	System gibt Bestätigungsmeldung aus	
Erweiterungen	4a	WENN eingegebene Daten nicht vollständig sind, DANN gibt System Fehlermeldung aus	
	4b	WENN Lehrperson bereits in Datenbank vorhanden, DANN öffnet System Auswahldialog	
	4b.1	4b.1	WENN Benutzer „Daten ersetzen“ wählt, DANN überschreibt System alte Daten (5)
		4b.2	WENN Benutzer „Daten bearbeiten“ wählt, DANN geht System zu <u>Lehrperson bearbeiten</u>
		4b.3	WENN Benutzer „Abbrechen“ wählt, DANN bricht System ab (2)
	5a	WENN Server nicht erreichbar, DANN gibt das System eine Fehlermeldung aus und stellt eine neue Verbindung her	
Technologie	Keine		

Abbildung B.3: Use Case ohne Linking

UC 03	Lehrperson eintragen		
Umfeld	PC mit lokalem Netzwerk im Institut		
Systemgrenze	Hardware, Netzwerk und Server existieren bereits		
Ebene	Teilfunktion		
Hauptakteure	Sekretärin, weitere Verwaltung des Instituts		
Stakeholder u. Interessen	Sekretärin	Umweg über Papier vermeiden, weniger Aufwand	
	Lehrperson	Komfortable Übersicht über Veranstaltungen	
	Institut	Elektronische Verwaltung der Lehrpersonen	
Voraussetzungen	Benutzer ist als Nutzer mit Schreibrechten am System angemeldet, das System ist bereit Datensätze aufzunehmen		
Garantie	Client-System wird nicht beeinträchtigt, konsistenter Zustand der Datenbank wird gewährleistet		
Erfolgsfall	System speichert Daten der Lehrperson in Datenbank		
Auslöser	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“		
Beschreibung	1	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“	
	2	System zeigt Fenster zur Eingabe der Daten an	
	3	Benutzer gibt Daten ein	
	4	Benutzer wählt Funktion „Speichern“	
	5	System speichert Daten	
	6	System gibt Bestätigungsmeldung aus	
Erweiterungen	4a	WENN eingegebene Daten nicht vollständig sind, DANN gibt System Fehlermeldung aus	
	4b	WENN Lehrperson bereits in Datenbank vorhanden, DANN öffnet System Auswahldialog	
	4b.1	WENN Benutzer „Daten ersetzen“ wählt, DANN überschreibt System alte Daten (5)	
		4b.2	WENN Benutzer „Daten bearbeiten“ wählt, DANN geht System zu <u>Lehrperson bearbeiten</u>
		4b.3	WENN Benutzer „Abbrechen“ wählt, DANN bricht System ab (2)
5a	WENN Server nicht erreichbar, DANN gibt das System eine Fehlermeldung aus und stellt eine neue Verbindung her		
Technologie	Keine		
Anforderungen	[R101], [R103], [R107], [107.1], [R108], [R401], [R502], [R601], [R602]		

Abbildung B.4: Use Case mit Linking unten

UC 03	Lehrperson eintragen [R101]		
Umfeld	PC mit lokalem Netzwerk im Institut		
Systemgrenze	Hardware, Netzwerk und Server existieren bereits		
Ebene	Teilfunktion		
Hauptakteure	Sekretärin, weitere Verwaltung des Instituts		
Stakeholder u. Interessen	Sekretärin	Umweg über Papier vermeiden, weniger Aufwand	
	Lehrperson	Komfortable Übersicht über Veranstaltungen	
	Institut	Elektronische Verwaltung der Lehrpersonen	
Voraussetzungen	Benutzer ist als Nutzer mit Schreibrechten am System angemeldet, das System ist bereit Datensätze aufzunehmen [R601]		
Garantie	Client-System wird nicht beeinträchtigt, konsistenter Zustand der Datenbank wird gewährleistet [R602]		
Erfolgsfall	System speichert Daten der Lehrperson in Datenbank		
Auslöser	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“		
Beschreibung	1	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“	
	2	System zeigt Fenster zur Eingabe der Daten an	
	3	Benutzer gibt Daten ein [R107],[R107.1], [R108]	
	4	Benutzer wählt Funktion „Speichern“	
	5	System speichert Daten [R401]	
	6	System gibt Bestätigungsmeldung aus	
Erweiterungen	4a	WENN eingegebene Daten nicht vollständig sind, DANN gibt System Fehlermeldung aus [R107], [R502]	
	4b	4b.1	WENN Benutzer „Daten ersetzen“ wählt, DANN überschreibt System alte Daten (5)
		4b.2	WENN Benutzer „Daten bearbeiten“ wählt, DANN geht System zu <u>Lehrperson bearbeiten</u> [R103]
		4b.3	WENN Benutzer „Abbrechen“ wählt, DANN bricht System ab (2)
	5a	WENN Server nicht erreichbar, DANN gibt das System eine Fehlermeldung aus und stellt eine neue Verbindung her	
Technologie	Keine		

Abbildung B.5: Use Case mit Linking drinnen

Nummer	Anforderungen
Funktionale Anforderungen	
R101	Das System muss dem Benutzer die Möglichkeit bieten, Lehrpersonen einzutragen.
R102	Das System muss dem Benutzer die Möglichkeit geben, Lehrpersonen zu löschen.
R102.1	Eine Lehrperson kann nur gelöscht werden, wenn er keiner Veranstaltung zugeordnet ist.
R103	Das System muss dem Benutzer ermöglichen, Lehrpersonen zu bearbeiten.
R104	Wenn das System Daten aus der Datenbank benötigt, muss das System die aktuellen Daten von dem Server abrufen.
R104.1	Alle Daten, die von dem Server kommen sind verschlüsselt, und müssen vom System entschlüsselt werden.
R105	Das System soll dem Benutzer ermöglichen, eine Lehrperson nach Nachname, Vorname oder Telefonnummer zu suchen.
R106	Das System soll dem Benutzer ermöglichen, alle einer Lehrperson zugeordneten Veranstaltungen anzuzeigen.
R107	Der Datensatz einer Lehrperson muss mindestens die Elemente Nachname, Vorname und Geschlecht beinhalten.
R107.1	Der Datensatz einer Lehrperson kann zusätzlich die Elemente Titel, Adresse, E-Mail-Adresse, Telefonnummer, Sprechstunde und Raum beinhalten.
R108	Das Datenelement Geschlecht hat die Ausprägung w für weiblich oder m für männlich.
Technische Anforderungen	
R201	Das System muss mit der Programmiersprache Java entwickelt werden.
R202	Als Datenbanksystem wird MySQL Version 5.1 verwendet.
R203	Als Schnittstelle zwischen Java und MySQL wird JDBC verwendet.
Portabilität	
R301	Das System soll mit aktuellen Windows-Versionen kompatibel sein.
Effizienz	
R401	Eine Abfrage, die durch den Benutzer durch einen Funktionsaufruf ausgeführt wird, darf nicht länger als 5 Sekunden dauern, bis ein Ergebnis geliefert wird.
Usability	
R501	Die Programmoberfläche soll übersichtlich gestaltet und leicht erlernbar sein, um auch unerfahrenen Benutzers ein einfaches Arbeiten zu ermöglichen.
R502	Bei Fehlereingaben muss das Programm eine Meldung mit der Fehlerbeschreibung ausgeben. Diese Fehler dürfen das System nicht zum Absturz bringen.
RE503	Benutzer müssen die für sie relevanten Informationen schnell finden und bearbeiten können.
R504	Die Navigation soll übersichtlich und nachvollziehbar sein, damit typische Arbeitsabläufe unterstützt werden.
Integrität	
R601	Das System setzt eine Anmeldung mit Benutzername und Passwort voraus und stellt somit sicher, dass nur autorisierte Benutzer Zugriff auf die Daten haben.
R602	Die Datenbank muss immer konsistent sein.

Abbildung B.6: Anforderungen

Studie: Use Cases lesen und schreiben
Datum:
Teilnehmer-ID:

Fragebogen

Beantworten Sie die folgenden Fragen. Wählen Sie „Ja“ oder „Nein“, nur wenn Sie sich sicher sind. Ansonsten kreuzen Sie „Keine Angabe“ an. Beantworten Sie die Fragen in der gegebenen Reihenfolge.

Nr.	Frage	Ja	Nein	Keine Angabe
01	Haben Sie die Anforderungen angesehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	Haben Sie die Anforderungen gelesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03	Stehen Anforderungen im Zusammenhang mit dem Lese Use Case?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nr.	Frage	Ja	Nein	Keine Angabe
04	Wurden Anforderungen im Lese Use Case verlinkt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	Wurde durch das Linking deutlich, welche Anforderungen mit dem Use Case in Zusammenhang stehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	Haben Sie das Linking im Lese Use Case verwendet, um Anforderungen zu finden bzw. zu lesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07	Haben Sie die verlinkten Anforderungen gelesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08	Haben Sie die nicht verlinkten Anforderungen gelesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nr.	Frage	Ja	Nein	Keine Angabe
09	Haben Sie die Anforderungen beim Schreiben berücksichtigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Steht eine Anforderung in Zusammenhang mit dem Schreib Use Case, aber nicht mit dem Lese Use Case?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Haben Sie die Anforderung (siehe Frage Nr. 10) beim Schreiben berücksichtigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung B.7: Fragebogen Seite 1

Studie: Use Cases lesen und schreiben

Datum:

Teilnehmer-ID:

Nr.	Frage	Ja	Nein	Keine Angabe
12	Steht der Name des Schreib Use Cases im Lese Use Case?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Ist der Schreib Use Case eine Erweiterung des Lese Use Case?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Haben Sie Informationen aus dem Lese Use Case in den Schreib Use Case übernommen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn Sie noch Anmerkungen haben, schreiben Sie diese bitte in den Kommentar.

Kommentar

Abbildung B.8: Fragebogen Seite 2

Anhang C

Studienergebnisse

UC 03	Lehrperson eintragen Name	
Umfeld	PC mit lokalem Netzwerk Umfeld Institut	
Systemgrenze	Hardware, Netzwerk Systemgrenze existieren bereits	
Ebene	Teilfunktion Ebene	
Hauptakteure	Sekretärin, weitere Hauptakteure des Instituts	
Stakeholder u. Interessen	Sekretärin	Umweg über Papier vermeiden, weniger Aufwand
	Lehrperson	K Stakeholder/Interessen über eigene Veranstaltungen
	Institut	Elektronische Verwaltung der Lehrpersonen
Voraussetzungen	Benutzer ist als Nutzer mit Schreibrechten am System angemeldet, das System ist bereit Datensätze aufzunehmen Voraussetzungen	
Garantie	Client-System wird nicht beeinträchtigt, konsistenter Zustand der Datenbank wird gewährleistet Garantie	
Erfolgsfall	System speichert Daten Erfolgsfall Lehrperson in Datenbank	
Auslöser	Benutzer wählt Funktion Auslöser „Lehrperson eintragen“	
Beschreibung	1	Benutzer wählt Funktion „Lehrperson eintragen“
	2	System zeigt Fenster zur Eingabe der Daten an
	3	Benutzer gibt Daten ein
	4	Benutzer wählt Funktion „Speichern“
	5	System speichert Daten
	6	System gibt Bestätigungsmeldung aus
Erweiterungen	4a	WENN eingegebene Daten nicht vollständig sind, DANN gibt System Fehlermeldung aus
	4b	WENN Lehrperson bereits in Datenbank vorhanden, DANN öffnet System Auswahldialog
	4b.1	WENN Benutzer „Daten ersetzen“ wählt, DANN überschreibt System alte Daten (5)
	4b.2	WENN Benutzer „Daten bearbeiten“ wählt, DANN geht System zu <u>Lehrperson bearbeiten</u>
	4b.3	WENN Benutzer „Abbrechen“ wählt, DANN bricht System ab (2)
5a	WENN Server nicht erreichbar, DANN gibt das System eine Fehlermeldung aus und stellt eine neue Verbindung her	
Technologie	Keine	Technologie

Abbildung C.1: AOI Definition für den Lese Use Case des Treatments ohne

Proband	Angestrebter Abschluss	Studiengang	Aktuelles Fachsemester	SWT besucht	SWQ besucht	SWP besucht	Use Case Erfahrung
P01	1	1	7	1	1	1	1
P02	1	1	7	1	1	1	2
P03	1	1	5	1	1	1	2
P04	1	1	5	1	0	1	1
P05	1	1	9	1	1	1	2
P06	2	1	2	1	1	1	3
P07	1	1	5	1	0	1	2
P08	2	1	5	1	1	1	2
P09	2	1	4	1	1	1	3
P10	1	1	7	1	1	1	3
P11	2	1	3	1	1	1	2
P12	2	1	1	1	1	1	3
P13	1	2	3	1	1	1	2
P14	1	1	5	1	0	1	2
P15	1	1	5	1	1	1	2
P16	1	1	5	1	1	1	2

1 = Bachelor 1 = Informatik 0 = Nein 0 = Nein 0 = Nein 1 = wenig
 2 = Master 2 = Technische Informatik 1 = Ja 1 = Ja 1 = Ja 2 = eher wenig
 3 = eher viel
 4 = viel

Tabelle C.1: Ergebnisse des Experiment Guide Sheet

Proband	Use Case Komponente												
	Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie
P01	2	2	2	2	1	3	2	2	1	2	1	3	3
P02	2	2	3	2	1	3	2	1	1	1	2	3	3
P03	1	2	3	3	1	3	1	1	2	2	1	2	3
P04	2	2	3	2	3	3	1	1	1	3	3	2	4
P05	1	2	2	3	1	2	1	1	1	2	1	2	3
P06	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
P07	2	2	3	3	2	3	1	1	2	2	1	3	3
P08	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	3
P09	1	3	3	3	2	3	1	1	2	1	1	2	3
P10	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	3	3
P12	1	2	1	3	2	2	1	1	1	2	1	1	2
P13	2	1	3	3	1	1	3	1	2	3	2	2	3
P14	1	3	3	4	2	3	1	1	2	2	2	2	3
P15	1	2	2	3	2	3	1	2	2	2	1	3	3
P16	1	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3

Legende	1	2	3	4
	Wichtig	Eher wichtig	Eher unwichtig	Unwichtig

Tabelle C.2: Ergebnisse der Relevanzbewertung der Komponenten

Treatment	Proband	Fixationen													
		Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie	Anforderungen
ohne	P1	20	21	18	41	45	66	45	31	20	58	166	199	2	0
	P4	1	18	12	16	14	54	31	28	15	22	78	232	7	0
	P13	11	15	10	21	36	80	82	37	43	24	122	120	1	0
unten	P5	9	8	8	4	8	41	24	16	15	17	44	87	10	4
	P11	17	22	20	37	50	59	41	39	21	18	125	221	3	30
	P14	6	31	44	72	56	185	163	176	82	60	251	322	8	7
drinnen	P3	19	14	16	18	20	86	48	28	21	16	87	132	2	0
	P6	16	13	9	5	4	57	61	66	20	26	227	252	1	0
	P16	10	14	21	23	23	119	89	50	25	27	227	282	7	0

Treatment	Proband	Prozentuale Häufigkeit der Fixationen													
		Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie	Anforderungen
ohne	P1	2,73	2,87	2,46	5,60	6,15	9,02	6,15	4,23	2,73	7,92	22,68	27,19	0,27	0,00
	P4	0,19	3,41	2,27	3,03	2,65	10,23	5,87	5,30	2,84	4,17	14,77	43,94	1,33	0,00
	P13	1,83	2,49	1,66	3,49	5,98	13,29	13,62	6,15	7,14	3,99	20,27	19,93	0,17	0,00
unten	P5	3,05	2,71	2,71	1,36	2,71	13,90	8,14	5,42	5,08	5,76	14,92	29,49	3,39	1,36
	P11	2,42	3,13	2,84	5,26	7,11	8,39	5,83	5,55	2,99	2,56	17,78	31,44	0,43	4,27
	P14	0,41	2,12	3,01	4,92	3,83	12,65	11,14	12,03	5,60	4,10	17,16	22,01	0,55	0,48
drinnen	P3	3,75	2,76	3,16	3,55	3,94	16,96	9,47	5,52	4,14	3,16	17,16	26,04	0,39	0,00
	P6	2,11	1,72	1,19	0,66	0,53	7,53	8,06	8,72	2,64	3,43	29,99	33,29	0,13	0,00
	P16	1,09	1,53	2,29	2,51	2,51	12,98	9,71	5,45	2,73	2,94	24,75	30,75	0,76	0,00

Tabelle C.3: Anzahl der Fixationen der Use Case Komponenten

Treatment	Proband	Folgebesuche													
		Name	Umfeld	Systemgrenze	Ebene	Hauptakteur	Stakeholder	Voraussetzungen	Garantie	Erfolgsfall	Auslöser	Beschreibung	Erweiterungen	Technologie	Anforderungen
ohne	P1	12	7	7	21	19	13	8	13	11	34	28	18	1	0
	P4	0	3	4	7	6	9	5	5	3	2	9	10	2	0
	P13	6	7	7	9	15	20	15	15	15	13	16	11	0	0
unten	P5	4	4	4	2	3	7	9	6	6	7	5	3	2	1
	P11	8	11	15	17	22	18	9	12	4	4	14	18	0	6
	P14	3	14	32	40	36	58	66	57	49	34	41	31	5	4
drinnen	P3	10	8	11	11	12	16	9	7	8	8	7	7	1	0
	P6	11	12	6	3	2	11	13	16	10	9	29	24	0	0
	P16	7	10	12	15	19	33	19	15	19	17	37	32	3	0
ohne	P1	6,25	3,65	3,65	10,94	9,90	6,77	4,17	6,77	5,73	17,71	14,58	9,38	0,52	0,00
	P4	0,00	4,62	6,15	10,77	9,23	13,85	7,69	7,69	4,62	3,08	13,85	15,38	3,08	0,00
	P13	4,03	4,70	4,70	6,04	10,07	13,42	10,07	10,07	10,07	8,72	10,74	7,38	0,00	0,00
unten	P5	6,35	6,35	6,35	3,17	4,76	11,11	14,29	9,52	9,52	11,11	7,94	4,76	3,17	1,59
	P11	5,06	6,96	9,49	10,76	13,92	11,39	5,70	7,59	2,53	2,53	8,86	11,39	0,00	3,80
	P14	0,64	2,98	6,81	8,51	7,66	12,34	14,04	12,13	10,43	7,23	8,72	6,60	1,06	0,85
drinnen	P3	8,70	6,96	9,57	9,57	10,43	13,91	7,83	6,09	6,96	6,96	6,09	6,09	0,87	0,00
	P6	7,53	8,22	4,11	2,05	1,37	7,53	8,90	10,96	6,85	6,16	19,86	16,44	0,00	0,00
	P16	2,94	4,20	5,04	6,30	7,98	13,87	7,98	6,30	7,98	7,14	15,55	13,45	1,26	0,00

Tabelle C.4: Anzahl der Folgebesuche der Komponenten

Treatment	Proband	Lesezeit Use Case [ms]	Lesezeit Anforderungen [ms]	Summe Lesezeiten [ms]	relative Lesezeit der Anforderungen [%]	Median	Mittelwert
ohne	P1	147605	127181	274786	46,28	53,63	54,06
	P4	106587	123281	229868	53,63		
	P7	103519	142813	246332	57,98		
	P10	100820	147844	248664	59,46		
	P13	118046	132776	250822	52,94		
unten	P2	76823	61443	138266	44,44	44,44	47,60
	P5	61288	137325	198613	69,14		
	P8	109914	90804	200718	45,24		
	P11	151985	89314	241299	37,01		
	P14	344640	251245	595885	42,16		
drinnen	P3	127786	95032	222818	42,65	45,94	46,39
	P6	146096	101825	247921	41,07		
	P9	281789	248755	530544	46,89		
	P12	101130	123188	224318	54,92		
	P15	122960	112719	235679	47,83		
	P16	228082	186545	414627	44,99		

Tabelle C.5: Lesezeiten des Use Cases und der Anforderungen

Treatment	Proband	Anzahl Blicke auf Anforderungen	Median
ohne	P1	0	1
	P4	2	
	P7	1	
	P10	4	
	P13	1	
unten	P2	0	2
	P5	3	
	P8	0	
	P11	3	
	P14	2	
drinnen	P3	3	3
	P6	2	
	P9	2	
	P12	3	
	P15	3	
	P16	3	

Legende	0	1	2	3	4
	Keine	Wenige	Eher wenige	Eher viele	Viele

Tabelle C.6: Anzahl der Blicke auf die Anforderungen

Anhang D

Inhalt der CD

Dieser Bachelorarbeit ist ein CD beigelegt, die alle während der Bearbeitung entstandenen Ergebnisse beinhaltet:

1. Bachelorarbeit in digitaler Form (PDF-Datei)
2. Zwischenvortrag der Bachelorarbeit
3. Studienunterlagen bestehend aus:
 - Begleitdokumente der Studie
 - BeGaze Experiment Ordner
 - Ergebnisse und Auswertung der Studie als Excel Tabellen

Literaturverzeichnis

- [1] K. Schneider, *Software-Technik Vorlesungsskript Kapitel 3*, 2014.
- [2] S. Adolph, A. Cockburn, and P. Bramble, *Patterns for effective use cases*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.
- [3] A. Cockburn, *Use Cases effektiv erstellen*. mitp Verlags GmbH & Co. KG, 2008.
- [4] C. Weidmann, V. Hoffmann, and H. Lichter, “Einsatz und Nutzen von Use Cases-Ergebnisse einer empirischen Untersuchung,” *Softwaretechnik-Trends*, vol. 29, no. 2, 2009.
- [5] A. Gross and S. Hess, “Was erwarten Usability Experten von Anforderungsdokumenten?” *i-com Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien*, vol. 11, no. 2, pp. 50–54, 2012.
- [6] M. Ahrens, K. Schneider, and S. Kiesling, “How Do We Read Specifications? Experiences from an Eye Tracking Study,” in *International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality*. Springer, 2016, pp. 301–317.
- [7] K. Schneider, *Use Cases für SWT - Beispiele aus der Vorlesung und Template*, 2013.
- [8] J. Zhou, Y. Lu, K. Lundqvist, H. Lönn, D. Karlsson, and B. Liwång, “Towards feature-oriented requirements validation for automotive systems,” in *Requirements Engineering Conference (RE), 2014 IEEE 22nd International*. IEEE, 2014, pp. 428–436.
- [9] S. Patig and J. Dibbern. Requirements Engineering. [Zugriff am 18 Februar 2017]. [Online]. Available: <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/is-management/Systementwicklung/Hauptaktivitaten-der-Systementwicklung/Problemanalyse-/Requirements-Engineering>

- [10] Wikipedia. (2016) Eye-Tracking. [Zugriff am 9 Februar 2017]. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Eye-Tracking>
- [11] SMI. (2017) smi gaze & eye tracking systems. [Zugriff am 9 Februar 2017]. [Online]. Available: <http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/home.html>
- [12] V. Gollücke, “Eye-Tracking. Grundlagen, Technologien und Anwendungsgebiete,” Master’s thesis, Universität Oldenburg, 2009.
- [13] e-teaching.org. (2015) Eye-Tracking. [Zugriff am 9 Februar 2017]. [Online]. Available: <https://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/eye>
- [14] M. Rohs, *Mensch-Maschine-Kommunikation Vorlesungsskript*, 2015.
- [15] (2016) Augenbewegung. Wikipedia. [Zugriff am 15 Februar 2017]. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Augenbewegung>
- [16] M. Ahrens, “Wie werden Spezifikationen gelesen? Eine empirische Untersuchung mit Eye Tracking,” Master’s thesis, Leibniz Universität Hannover, Fachgebiet Software Engineering, 2015.
- [17] tobii dynavox. (2017) Wie funktioniert eyetracking? [Zugriff am 29 Februar 2017]. [Online]. Available: <http://www.tobiidynavox.de/wie-funktioniert-eyetracking/>
- [18] SMI. (2017) red250mobile. [Zugriff am 9 Februar 2017]. [Online]. Available: <http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/products/red250mobile.html>
- [19] SMI. (2017) smi experiment suite. [Zugriff am 9 Februar 2017]. [Online]. Available: <http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/products/experiment-suite-360-software.html>
- [20] C. Wohlin, “Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering,” in *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering*. ACM, 2014, p. 38.
- [21] B. Rösch, “Wie interagieren Nutzer,” Ph.D. dissertation, Universität Regensburg, 2015.

- [22] J. Araujo and P. Coutinho, “Identifying aspectual use cases using a viewpoint-oriented requirements method,” in *Early Aspects*, 2003, pp. 1–6.
- [23] M. R. Basirati, H. Femmer, S. Eder, M. Fritzsche, and A. Widera, “Understanding changes in use cases: a case study,” in *Requirements Engineering Conference (RE)*, 2015. IEEE, 2015, pp. 352–361.
- [24] B. Anda, D. Sjøberg, and M. Jørgensen, “Quality and understandability of use case models,” in *European Conference on Object-Oriented Programming*. Springer, 2001, pp. 402–428.
- [25] R. Pham. Der smarte GQM-Editor. [Zugriff am 11 Februar 2017]. [Online]. Available: http://www.se.uni-hannover.de/pages/de/projekte_gqm
- [26] C. E. Boustani, *Die Goal-Question-Metric-Methode (GQM)*, 2009.
- [27] K. Schneider, *Software-Qualität Vorlesungsskript Kapitel 4*, 2016.
- [28] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [29] D. J. Rumsey, *Statistik für Dummies*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2010.
- [30] K. Bosch, *Elementare Einführung in die angewandte Statistik*, 9th ed. Vieweg + Teubner Verlag, 2010.
- [31] V. Bewick, L. Cheek, and J. Ball, “Statistics review 10: Further nonparametric methods,” *Critical Care*, vol. 8, no. 3, pp. 196–199, 2004.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Fixationen und Sakkaden beim Lesen [15]	9
4.1	Vorgehen bei GQM [27]	16
4.2	Zielbaum	17
4.3	Teilbaum G1.1.1	18
4.4	Teilbaum G1.2.1 und G1.2.2	18
4.5	Abstraction Sheet: Effizienz der Verknüpfung Use Case mit Anforderungen beim Lesen	19
4.6	Gegenüberstellung: Effizienz der Verknüpfung Use Case mit Anforderungen beim Lesen	19
6.1	Anzahl der Fixationen der Use Case Komponenten	43
6.2	Relative Lesezeiten der Anforderungen	47
B.1	Einverständniserklärung	64
B.2	Relevanzbewertung	65
B.3	Use Case ohne Linking	66
B.4	Use Case mit Linking unten	67
B.5	Use Case mit Linking drinnen	68
B.6	Anforderungen	69
B.7	Fragebogen Seite 1	70
B.8	Fragebogen Seite 2	71
C.1	AOI Definition für den Lese Use Case des Treatments ohne	74

Tabellenverzeichnis

6.1	Zuordnung der Teilnehmer zu den Treatments	40
6.2	Subjektive Bewertung der Relevanz der Use Case Komponenten	42
6.3	Prozentuale Häufigkeit der Fixationen	44
6.4	Leserang der Use Case Komponenten	45
6.5	Prozentuale Häufigkeit der Folgebesuche	46
6.6	Relative Lesezeiten der Anforderungen	46
6.7	Anzahl der Seitenwechsel	48
6.8	Anzahl der Blicke auf Anforderungen	49
6.9	Anzahl der berücksichtigten Anforderungen und Links	50
6.10	Schreibrang der Use Case Komponenten	51
A.1	Abstraction Sheet: Effizienz der Anforderungen beim Use Case Schreiben	60
A.2	Gegenüberstellung: Effizienz der Anforderungen beim Use Case Schreiben	60
A.3	Abstraction Sheet: Effizienz der Use Case Komponenten beim Lesen	61
A.4	Gegenüberstellung: Effizienz der Use Case Komponenten beim Lesen	61
C.1	Ergebnisse des Experiment Guide Sheet	75
C.2	Ergebnisse der Relevanzbewertung der Komponenten	75
C.3	Anzahl der Fixationen der Use Case Komponenten	76
C.4	Anzahl der Folgebesuche der Komponenten	76
C.5	Lesezeiten des Use Cases und der Anforderungen	77
C.6	Anzahl der Blicke auf die Anforderungen	77

