

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit Nr. 86

Untersuchung der Korrelation zwischen Maus- und Augenbewegungen bei Webseiten

Florian Krüger

Studiengang:	Softwaretechnik
Prüfer/in:	Prof. Dr. Thomas Ertl
Betreuer/in:	Dipl.-Phys. Michael Raschke Dipl.-Inf. Dennis Thom
Beginn am:	23. Juli 2013
Beendet am:	23. Januar 2014
CR-Nummer:	H.5.4 H.5.1 H.2.8

Kurzfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung möglicher Korrelationen zwischen Maus- und Augenbewegung auf Webseiten. Dabei werden Hypothesen aufgestellt, welche mögliche Mausbewegungen skizzieren, die einen Rückschluss auf betrachtete Elemente ermöglichen. Anhand dieser Hypothesen wird eine Benutzerstudie entwickelt, wobei die Daten der Maus- und Augenbewegungen der Probanden aufgezeichnet werden. Hierfür ist die Erarbeitung eines Konzepts für das Erfassen der Daten der Probanden nötig. Für das Aufzeichnen der Augenbewegungen wird ein Eyetracking System verwendet werden. Das Ermitteln der Mausdaten jedes Probanden fordert eine Implementierung eines Systems, welches die Interaktionen während dem Besuch auf einer Webseite aufzeichnet und abspeichert. Anhand der aufgestellten Hypothesen werden theoretische Modelle erarbeitet, welche durch die Daten der Studie validiert werden. Für die Evaluation wird dabei auf *Visual Analytics*-Techniken zurückgegriffen.

Abstract

The purpose of the present work is to analyse possible correlations between mouse- and eyemovements at Webpages. A few assumptions will be hypothesized, which drafts possible behavior patterns, that offers inference to observed Elements. On the basis of this assumptions a user study will be create, at which data from mouse- and eyemovements of each proband will be recorded. The development of a concept to record this data is needed. An eyetracker-system will be used to record the gazepoints. To detect the mousemovements of the probands, a system has to be implemented, that records and saves interactions, while visiting a webpage. On the basis of the created assumptions a theoretical model will be deployed, which will be validated by the results of the study. The evaluation will be based on *Visual Analytic*-techniques.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Die Grundlagen	11
2.1	Das Mousetracking	11
2.2	Das Eyetracking	13
3	Verwandte Arbeiten	15
3.1	Eyetracking im Internet	15
3.2	Analysieren von Eyetracking Daten	16
3.3	Korrelation zwischen Mouse- und Eyetracking	17
3.4	Eyetracking im Internet	18
4	Aufgabe und Lösungsansatz	21
4.1	Zielsetzung der Arbeit	21
4.2	Lösungsansatz	21
5	Lösungskonzept	23
5.1	Ermittlung typischer Webseitenelemente	23
5.2	Typisierung existierender Webseiten	24
5.3	Die einzelnen Charakteristiken der Webseiten	26
5.4	Hypothesen	27
6	Das Mousetracking- Script	29
6.1	Komponente zum Aufzeichnen - Grundaufbau	29
6.2	Komponente zum Darstellen der Daten - Grundaufbau	33
6.3	Systemanforderungen und Einschränkungen der Bibliothek	36
7	Aufbau der Studie	37
7.1	Probanden	37
7.2	Experimenteller Aufbau der Studie	37
7.3	Stimuli - Der Entwurf der Webseiten	38
7.4	Ablauf der Studie	41
7.5	Aufgaben der Probanden	41
8	Analyse der Daten	45
8.1	Hypothese 1: Legt der Benutzer die Maus beim Lesen beiseite, ist die Verweildauer der Maus ähnlich der Lesedauer des Textes	45

8.2	Hypothese 2: Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander	50
8.3	Hypothese 3: Durch das Scroll-Verhalten lässt sich auf die Lese-Intensität des Besuchers zurückschließen	57
8.4	Hypothese 4: Beim Verwenden von Eingabefeldern, Buttons, Menüelementen und Hyperlinks sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander	59
8.5	Hypothese 5: Wird während des Lesens eine Grafik betrachtet, wird auch die Maus auf die Grafik gezogen	63
9	Zusammenfassung und Ausblick	65
9.1	Zusammenfassung	65
9.2	Ausblick	66
	Literaturverzeichnis	67

Abbildungsverzeichnis

2.1	Die Zeichnung stellt die Funktionsweise eines stationären Eyetrackers dar. Durch Infrarotlampen wird eine Reflektion auf der Hornhaut des Auges erzeugt. Eine Kamera misst die Position der Pupille und den Punkt der Reflektion auf der Hornhaut um daraus die Blickrichtung festzustellen.	14
3.1	Für das Analysieren des Benutzerverhaltens einer Suchmaschine wurde eine Heatmap verwendet (Quelle: [CG07]). Zusätzlich wurden bestimmte Sektionen annotiert. Diese Bereiche wurden in der Heatmap grün eingerahmt.	15
3.2	Analyse des vertikalen Abstands der Maus zum Auge auf Webseiten. Für das Histogramm wurden alle aufgezeichneten Blickpunkte der Probanden mit den jeweiligen Mauspositionen berücksichtigt.	19
6.1	Übersicht der Funktion des Mousetracking-Skripts. Die aufgezeichneten Daten der Interaktionen werden vom Klienten und Eye-Tracker zum Server gesendet und in die Datenbank gespeichert.	30
6.2	Sequenzdiagramm eines Speichervorgangs von Interaktionsdaten. Dabei wird ein Paket mit Mausbewegungsdaten vom Klienten zum Server gesendet, abgespeichert und eine Bestätigung zurückgesandt.	31
6.3	Datenbankmodell der Benutzerinteraktionen. Abgespeichert werden Maus- und Scrollbewegungen, Seitenaufrufe und Tastendrücke. Die einzelnen Interaktionen referenzieren auf ein DOM-Objekt der Webseite, welches in der Tabelle <i>HomepageElements</i> gespeichert wird.	32
6.4	Übersicht der Mousetracking Analyse. Die Daten werden vom Server zum Klienten geschickt und dort in unterschiedlichen Visualisierungen dargestellt.	33
6.5	Eine Vergrößerung eines eingefärbten Scanpaths. Die grüne Färbung deutet auf eine Korrelation der Maus- und Augendaten hin.	34
6.6	Eine Detailansicht eines Scanpaths. Die einzelnen Messungen werden mit schwarzen Punkten visuell dargestellt.	35
6.7	Eine Vergrößerung einer Heatmap. Gebiete mit einer hohen Ansammlung an Messpunkten erscheinen rot.	35
7.1	Implementierung einer informativen Seite für die Studie. Der Webseitenbesucher wird mit einem einleitenden Beitrag und einem einfachen Menü empfangen.	39
7.2	Implementierung eines Blogsystems für die Studie. Dargestellt wird die Startseite des Systems mit mehreren Artikeln, einer Suchfunktion und Anmelde Möglichkeiten. . . .	40
7.3	Implementierung eines Webshops für die Studie. Dargestellt wird die Startseite mit einem einleitenden Text, Menüstrukturen und einer Such- und Warenkorbfunktion . .	40
8.1	Visualisierung von Scanpaths der aufgezeichneten Mausdaten der Probanden während des Lesens eines Artikels im Webblog. Die eingezeichneten schwarzen Punkte verdeutlichen die Aufenthaltspunkte der Maus während des Lesens	46

8.2	Eine willkürlich gewählte Seite zum Verdeutlichen der aufgestellten Formel 8.5. Quelle: [Nor14]	48
8.3	Visuell dargestellte Aufzeichnungen von Proband Nummer sechs während des Lesens von Textabschnitten. Die Heatmap visualisiert alle aufgezeichneten Augendaten. Der Scanpath repräsentiert die Mausbewegungen.	51
8.4	Fiktive, einfach strukturierte Beispielseite zum Erläutern der aufgestellten Formel (8.11). Der zu untersuchende Textbereich ist farbig hervorgehoben.	53
8.5	Fiktive Mausbewegungen eingezeichnet als Pfad. die schwarzen Punkte repräsentieren die einzelnen Messungen	54
8.6	Der eingezeichnete Link repräsentiert einen möglichen Lösungsweg die gestellte Aufgabe zu lösen	57
8.7	Verschiedene Buttons der Webseiten und ihre Funktionalität. Als Daten der Heatmap wurden nur Blickpunkte aufgenommen, welche einen Abstand zur Mausposition von unter 50 Pixeln hatten.	59
8.8	Menüstrukturen und Hyperlinks der einzelnen Webseiten. Die Korrelation der Augen- und Mausbewegungen wurden mit einer Heatmap verdeutlicht.	60
8.9	Unterschiedliche Formulare mit unterschiedlichen Eingabe Elemente.	62
8.10	Artikel mit Bildern auf der Informationsseite. Der Scanpath wurde in Grau dargestellt und der Kontrast der Heatmap verstärkt. Auffällig ist, dass das Bild mit der Maus nicht beachtet wurde	63

Tabellenverzeichnis

5.1	Aufgelistet werden die Charakteristiken typischer Webseiten aus den Bereichen Webshop, Webblog und Firmenseite. Für die Studie wurde je eine Webseite zur jeweiligen Kategorie entwickelt und sich bei der Implementierung an diese Tabelle gehalten.	26
8.1	Aufenthaltsdauer der Maus während des Lesens eines Textabschnitts auf dem Webblog. Während dieser Zeit wurde der Text überflogen und die Maus nicht bewegt	46
8.2	Fiktive Mausbewegungen für Hypothese zwei: „Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander“. Diese Mausbewegungen könnte ein Leser des Textes erzeugen.	54
8.3	Ergebnis für die Formel $a(i)$ mit den jeweiligen Funktionswerten	55
8.4	Ergebnis für die Formel f aus 8.11 mit den jeweiligen Funktionswerten	55
8.5	Scrolldaten der Probanden auf der Wordpress Startseite. Aufsteigend nach Erkannter Lösungsweg und Scrollgeschwindigkeit sortiert.	58

1 Einleitung

Aufbau, Funktionen und Dynamik der Webseiten haben sich seit der Entstehung des weltweiten Internets in den frühen neunziger Jahren stark verändert. Blinkende Banner sind aufwändig animierten Slideshows gewichen, Videoplattformen ersetzen mehr und mehr den alltäglichen Fernsehabend und soziale Netzwerke halten sogar Einzug in den Berufsalltag. Die rasante Entwicklung dieser Technologie prägte die letzten Jahrzehnte. Täglich werden Webseiten erneuert, Informationen ersetzt, neue Technologien getestet und Daten ausgetauscht. Folgendes Zitat einer deutschen Publizistin trifft die Unbeständigkeit des Internets durch den hohen Informationsfluss auf den Kopf:

Lesen Sie schnell, denn nichts ist beständiger als der Wandel im Internet! - *Anita Berres, dt. Publizistin*

Doch das Internet hat seine Entwicklung noch lange nicht abgeschlossen. Jüngst, mit der Verbreitung des Smartphones, wurde eine weitere Ära des Internets eingeleitet. Nachrichtendienste bieten aktuelle Informationen direkt auf das Handy, textuelle Kommunikation durch Kurznachrichten wurde mithilfe des Internets mit etlichen Funktionen erweitert und individuelle Daten, wie der aktuelle Standort, persönliche Informationen oder Kontakte, helfen bei der Gestaltung von Benutzerprofilen und fließen in die individuelle Erstellung von Informationen ein. Durch den starken Wettbewerb, geleitet durch die Suchmaschinen, Werbekampagnen und soziale Medien, entstehen immer benutzerfreundlichere Webseiten, welche sich der neuesten Techniken des Internets bedienen.

Bei dem Design erfolgreicher Internetauftritte tritt dabei die Psychologie des Menschen immer stärker in den Vordergrund. Lesen Sie momentan diese Einleitung? Sind Sie bis zu diesem Textabschnitt gekommen oder haben sie die ersten Sätze überflogen und sind dann weiter zum nächsten Kapitel gegangen? Neben den Fragen bezüglich des Leseverhaltens von Besuchern stellt sich ein Webseitenbetreiber weitere Fragen. Wie verhält sich der Benutzer bei einem Werbebanner? Ist der Aufbau des Formulars klar zu erkennen? Wie viele Prozente der Besucher interessieren sich für meinen Artikel? Wird der Button „Warenkorb“ sofort gefunden? Das Berücksichtigen dieser Fragen kann essentiell zum Erfolg einer Webseite beitragen. Eine aussagekräftige Antwort zu finden ist dabei jedoch sehr schwer.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Thema, wie diese Fragen beantwortet werden können. Um Informationen bezüglich des Besucherverhaltens zu bekommen, werden dabei Interaktionen mit der Maus aufgezeichnet und gespeichert. Durch Studien mit einem Eyetracker, welcher die Bewegung der Augen eines Probanden aufzeichnet, wird versucht, Korrelationen zwischen Maus- und Augenbewegungen zu finden. Dadurch soll die Aussagekraft von rein Mausbewegungen-basierten Usability-Experimenten verbessert werden. Das Ziel dabei

ist es, aussagekräftige Regeln zu finden, um anhand von Mausdaten der Webseitenbesucher Aussagen über die Augenbewegungen treffen zu können.

Gliederung

Kapitel 1 – Einleitung: Dieses Kapitel leitet in das Thema dieser Arbeit ein.

Kapitel 2 – Die Grundlagen: Hier wird auf die Grundlagen der Arbeit eingegangen. Es werden grundlegende Begriffe, Techniken und Konzepte kurz erklärt, die zum Verständnis der Arbeit im weiteren Verlauf beizutragen. Grundsätzlich werden dabei Techniken erläutert, um die beiden Hauptbestandteile dieser Arbeit, das Aufzeichnen von Maus- und Augendaten, nachvollziehen zu können.

Kapitel 3 – Verwandte Arbeiten: Dieses Kapitel widmet sich den existierenden Arbeiten im Themengebiet dieser Ausarbeitung. Die Kernaussagen einiger verwandter Arbeiten werden aufgelistet, miteinander verglichen und beschrieben.

Kapitel 4 – Aufgabe und Lösungsansatz: Dieser Teil der Arbeit erläutert die Aufgabe der Arbeit und die Herangehensweise an die Thematik. Dabei wird ein Lösungsansatz beschrieben, welcher im Verlauf der Arbeit verfolgt wurde.

Kapitel 5 – Lösungskonzept: Dieses Kapitel beschreibt in seinem Verlauf ein Lösungskonzept, basierend auf den skizzierten Lösungsansatz des vorherigen Kapitels. Dabei wird das Ermitteln typischer Webseitenelemente und die Analyse bestehender Webseiten behandelt. Abschließend werden die Kernaussagen der einzelnen Hypothesen erläutert, welche für bestimmte Szenarien mögliche Korrelationen von Maus- und Augenbewegungen skizzieren.

Kapitel 6 – Das Mousetracking- Script: Dieser Abschnitt der Arbeit befasst sich mit dem Konzept und der Implementierung eines Prototyps für das Aufzeichnen und Wiedergeben von Interaktionsdaten des Benutzers. Dabei wird kurz auf die einzelnen Komponenten eingegangen.

Kapitel 7 – Aufbau der Studie: In diesem Kapitel wird die Studie erläutert, mit welcher Daten erfasst wurden, um die Korrektheit der Hypothesen zu beweisen. Es wird der Aufbau und Ablauf der Studie beschrieben. Dabei wird besonders auf die verwendeten Webseiten und die Aufgaben der Probanden eingegangen.

Kapitel 8 – Analyse der Daten: Dieser Teil der Arbeit stellt den Hauptteil der Aufgabe dar und behandelt die Analyse der Daten. Dabei wird versucht, die Aussagen der einzelnen Hypothesen anhand der aufgezeichneten Daten der Studie zu belegen.

Kapitel 9 – Zusammenfassung und Ausblick: Zum Abschluss der Arbeit werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick über die erarbeiteten Konzepte gegeben.

2 Die Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zu der Arbeit erläutert und die angewandten Techniken erklärt. Grundsätzlich bewegen sich die Techniken, welche das Aufzeichnen und Auswerten der Mausdaten ermöglichen, im Bereich des Internets. Ein grobes Verständnis der Funktionalität und des Aufbaus von Webseiten und Web-Applikationen wird dabei vorausgesetzt.

2.1 Das Mousetracking

Der nachfolgende Abschnitt beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Aufzeichnung von Mausbewegungen im Browser.

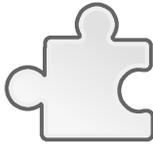
2.1.1 Die unterschiedlichen Techniken

Die technischen Möglichkeiten, Interaktionen der Maus eines Besuchers aufzuzeichnen, sind sehr beschränkt. Neben der Integration von Skripten auf einer Webseite besteht die Möglichkeit, Benutzerdaten durch Plugins oder den Einsatz eines speziellen Browsers aufzuzeichnen.



Einsatz eines individuellen Browsers Um die Benutzerdaten aufzeichnen zu können, kann der Browser des Benutzers ausgetauscht werden. Um einen Browser mit den benötigten Funktionen verwenden zu können, kann dabei entweder ein Browser neu entwickelt oder ein bestehender Browser, dessen Quelltext frei verfügbar ist, um die benötigte Funktionalitäten erweitert werden. Einen Browser zu erweitern bietet im Gegensatz zum Einsatz von Skripten folgende Vorteile. Ein Skript wird beim Aufruf einer Webseite geladen und gestartet. Das Ausführen von Programmbefehlen ist dabei auf die Zeit zwischen Aufruf und dem Verlassen der Internetseite beschränkt. Außerdem kann ein Skript nur auf Daten der Webseite zugreifen und nur bedingt Daten speichern. Da das Skript immer vom Browser ausgeführt wird, unterliegt es dem Browser und dessen Möglichkeiten. Im Gegensatz zu Skripten ist man bei der Verwendung eines angepassten Browsers nicht auf die Möglichkeiten der Internettechniken beschränkt. Eine Eigenentwicklung hätte die Möglichkeit, sämtliche Ressourcen des Systems auszunutzen. Dadurch könnten in einer höheren Frequenz Benutzerinteraktionen aufgezeichnet und zwischengespeichert werden. Außerdem

könnten auch alle Interaktionen zwischen den einzelnen Webseitenbesuchen aufgezeichnet werden.



Einsatz eines Plugins Neben der Anpassung eines Browsers bietet nahezu jeder Browser Schnittstellen für die Integration von Plugins. Der Einsatz eines Plugins bietet gegenüber einem Skript ähnliche Vorteile wie der Einsatz eines Funktions-erweiterten Browsers. Plugins genießen generell mehr Freiheiten als Skripte. Sie können während der Laufzeit des Browsers aktiv sein und sind nicht an das Bestehen einer Webseite gebunden. Außerdem besteht ebenfalls die Möglichkeit, Daten auf dem System zu speichern. Im Gegensatz zu einer Neuentwicklung eines Browser ist der Integrationsaufwand jedoch geringer, sofern dem System der passenden Browser bereits integriert vorliegt. Im Gegensatz zu einem Browser sind Plugins jedoch auf den Horizont beschränkt, welcher der Browser ihnen vorgibt. Das schränkt die Möglichkeiten der Verwendung eines Plugins erheblich ein.



Einsatz eines Skripts Ein Skript bietet die Möglichkeit, Instruktionen zur Laufzeit einer Webseite auszuführen. Im Bereich des Internets wird es Skripten ermöglicht, DOM-Elemente und somit den Aufbau einer Webseite zu manipulieren und anzupassen. Außerdem bietet die Technik *AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)* die Möglichkeit, von einem Skript aus mit dem Server zu kommunizieren und Daten auszutauschen. Ein großer Vorteil gegenüber der Entwicklung eines Browsers oder dem Einsatz eines Plugins ist die Unabhängigkeit des Klienten bei dem Einsatz eines Skripts. Jeder moderne Browser beherrscht den Umgang mit einem Skript, sodass keine Integration oder Manipulation vom System des Klienten notwendig wird.

Im Folgenden werden die Grundlagen zur Verwendung eines Skripts weiter vertieft, da diese Methode für das Sammeln der Benutzerdaten gewählt wurde. Der Einsatz eines Skripts bietet eine einfache Möglichkeit, Interaktionen direkt mit einem Objekt auf der Webseite zu verbinden und Mausbewegungen sowie Interaktionen mit der Tastatur lassen sich einfach aufzeichnen. Da Interaktionen mit dem Betriebssystem, dem Browser oder anderen Programmen für diese Arbeit nicht berücksichtigt werden, sind die Möglichkeiten eines Skripts ausreichend, um alle benötigten Daten aufzuzeichnen.

2.1.2 Die Integration der Bibliothek

Um die Bewegungen und Klicks der Maus auf Webseiten aufzunehmen und zu speichern, gibt es bereits wissenschaftliche Arbeiten mit unterschiedlichen Ansätzen und Lösungen. Für diese Arbeit sind dabei nur Ansätze interessant, welche das Verhalten vom Benutzer auf einer Webseite nicht beeinflussen, um das Ergebnis der Arbeit nicht zu verfälschen. Dies bedeutet, die eingesetzte Technik darf weder die Optik noch das Verhalten eines Internetauftritts verändern. Ein sehr interessanter Ansatz ist dabei der Einsatz eines Proxy-Servers, welcher zwischen Client und Server integriert wird und so die Webseite manipuliert ([AWS06]).

Wird eine Webseite von einem Benutzer aufgerufen, wird normalerweise zunächst eine Anfrage an den Server gesendet. Nach dem Verarbeiten und Auswerten der Anfrage schickt der Server eine Antwort zum Klienten. Wurde die Anfrage vollständig übertragen, erstellt der Browser aus den empfangenen Daten eine Webseite. Durch den Einsatz eines Proxy-Servers wird diese Kette unterbrochen. Hierbei werden Anfrage und Antwort nicht direkt zum eigentlichen Server weitergeben, sondern vom Proxy-Server abgefangen. Schickt der Server eine Antwort zum Klienten, wird diese zunächst vom Proxy-Server manipuliert und danach weiter an den Klienten weiter geleitet. Durch diese Manipulation in Form von eingebundenen JavaScript-Bibliotheken ist es möglich, Maus- oder Tastatureingaben vom Klienten aufzuzeichnen. Schickt der Klient eine Anfrage an den Server, wird diese zunächst, zusammen mit den zuvor aufgezeichneten Daten, vom Proxy-Server abgefangen. Der Proxy-Server extrahiert die aufgezeichneten Daten aus der Anfrage und speichert sie in einer Datenbank ab. Danach wird die Anfrage weiter an den Server geleitet. Durch dieses Szenario können Maus oder Tastatureingaben auf Webseiten aufgezeichnet werden, ohne die eigentlichen Webseiten verändern zu müssen.

Anstatt eine Webseite durch einen Proxy Server zu manipulieren kann eine Javascript Bibliothek auch direkt auf einer Webseite eingebunden werden, ohne die eigentlichen Funktionalitäten zu stören oder das Erscheinungsbild der Seite ändern zu müssen. Ein Framework für eine integrierte Bibliothek wird in der Abhandlung „Generic Gaze Interaction Events for Web Browsers“ beschrieben ([WHH12] Eine Javascript Bibliothek kann ohne großen Aufwand in eine existierende Webseite integriert werden, indem man sie in den Header-Angaben des HTML-Grundgerüsts explizit einbindet. Die Bibliothek kann mithilfe von Ajax mit dem Server kommunizieren und Informationen über aufgezeichnete Interaktionen übergeben.

2.2 Das Eyetracking

Sogenannte *Eyetracker* werden dazu verwendet, um Blickpunkte eines Betrachters auf einem Objekt zu erfassen. Für diese These kommen dabei Eyetracker zum Einsatz, welche den Blickpunkt eines Betrachters auf einem Monitor in bestimmten Zeitintervallen aufzeichnen. Die meisten kommerziellen Eyetracker arbeiten dabei mit Infrarotlicht, welches von Lampen direkt neben dem Bildschirm emittiert und vom menschlichen Auge reflektiert wird. Die Kamera zeichnet diese Reflektion auf und berechnet dadurch den Blickwinkel des Betrachters.

2.2.1 Begriffe

- **Fixation** Wird ein Objekt vom Auge fokussiert, ruht es zunächst 250-300 ms auf dem betrachteten Gegenstand. In dieser Zeit verarbeitet das Gehirn die Information. Diese Augenbewegung wird Fixation genannt.
- **Sakkade** Schnelle Augenbewegung, um den Fokus zwischen zwei Objekten zu wechseln oder ein Objekt in das Sichtfeld zu bekommen, werden Sakkaden genannt.

2.2.2 Funktionsweise des Eyetrackers

Um die Augenbewegung zu messen existieren mehrere Methoden und Techniken. Für diese Arbeit wurde der Eyetracker *TobiiXL60* der Firma *Tobii Technology AB* verwendet, welcher sich die Techniken der Videookulographie zu Nutzen macht. Im Folgenden wird diese Technik näher beschrieben. Neben dieser Methode existieren hauptsächlich zwei weitere Ansätze. Dabei bedienen sich Systeme auf Basis von Elektroomulographie der Möglichkeit die Bewegung der Augen durch elektrische Impulse mithilfe der Anbringung von vier Elektroden neben dem Auge zu messen. Eine weitere Variante setzt auf den Einsatz einer *Sclera*-Kontaktlinse, mit welcher die Position des Auges durch Magnetische Felder ermittelt werden kann.

Videookulographie Bei dieser Variation wird die Blickrichtung des Probanden mithilfe einer Kamera ermittelt. Dabei wird ein Infrarotlicht von einer Lampe emittiert und auf das Auge gerichtet. Durch die Reflektionen des infraroten Lichts auf der Hornhaut und der Position der Pupille kann die Blickrichtung des Auges berechnet werden.

In dem Fall der Studie kommt ein stationäres System zum Einsatz. Der Eyetracker besteht aus mehreren Infrarotlampen, einer hochauflösenden Videokamera, welche im infraroten Bereich aufzeichnet, und einem Bildschirm. Die Lichtquellen an der Unterseite des Bildschirms erzeugen eine Reflektion an der Cornea, der Hornhaut. Die Kamera erfasst die relative Position dieser Reflektion zur Pupille. Eine Software wertet beide Positionen aus und ermittelt, mithilfe des Abstands der Person, den Blickpunkt auf dem Monitor. Der Grundaufbau des stationären Systems wird in der Abbildung (2.1) skizziert.

Neben den stationären Eyetracker-Systeme existieren noch weitere Varianten wie sogenannte Head-Mounted-Systeme (auf dem kopf getragenes System), welche es einem Probanden ermöglicht sich frei zu bewegen, oder Eyetracking-Systeme mit Kopfbefestigung, welche einen höheren Genauigkeitsgrad bei der Feststellung der Blickrichtung aufweisen.

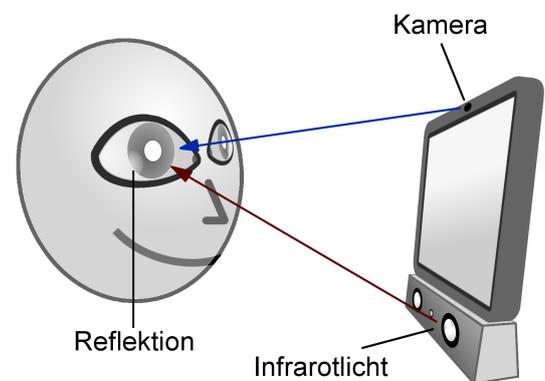


Abbildung 2.1: Die Zeichnung stellt die Funktionsweise eines stationären Eyetrackers dar. Durch Infrarotlampen wird eine Reflektion auf der Hornhaut des Auges erzeugt. Eine Kamera misst die Position der Pupille und den Punkt der Reflektion auf der Hornhaut um daraus die Blickrichtung festzustellen.

3 Verwandte Arbeiten

Es existieren bereits Arbeiten, welche das Verhalten der Besucher von Webseiten mithilfe von Augen- oder Mausdaten analysieren. Im Folgenden werden diese Arbeiten untersucht und deren Kernaussage und Idee skizziert.

3.1 Eyetracking im Internet

Die Technologie des Eyetrackers wurde bereits oft auf dem Gebiet des Internets eingesetzt, um aufgestellte Thesen zu unterstützen und zu beweisen. Edward Cutrell versucht in seiner Arbeit „What are you looking for? An eye-tracking study of information usage in Web search“ speziell Internetseiten von Suchmaschinen zu analysieren ([CG07]). Dabei wurde untersucht, wie unterschiedliche Informationen bezüglich der Ergebnisse auf den Seiten einer Suchmaschine den Benutzer beeinflussen. Bei einer Studie wurden dabei von drei Probanden die Blickrichtung aufgezeichnet und mithilfe einer Heatmap visualisiert. Dabei wurden bestimmte Bereiche, wie Überschriften, Textabschnitte oder Links annotiert, um sie später getrennt untersuchen zu können. Die Annotation wurde dabei automatisiert von Javascript Routinen, welche den Aufbau der Webseite anhand der DOM-Struktur analysierten, durchgeführt. Diese Bereiche wurden in der Heatmap grün eingerahmt. Um dies zu verdeutlichen wurde ein Ausschnitt der Grafik 3.1 vergrößert.

Bei der Analyse der Daten wurde erkannt, dass die Länge des kontextbezogenen Textes des Eintrags eines Suchergebnisses entscheidend das Suchverhalten des Benutzers ändert. Sucht ein Benutzer nach einer bestimmten Seite, verbessern kurze kontextbezogene Texte die

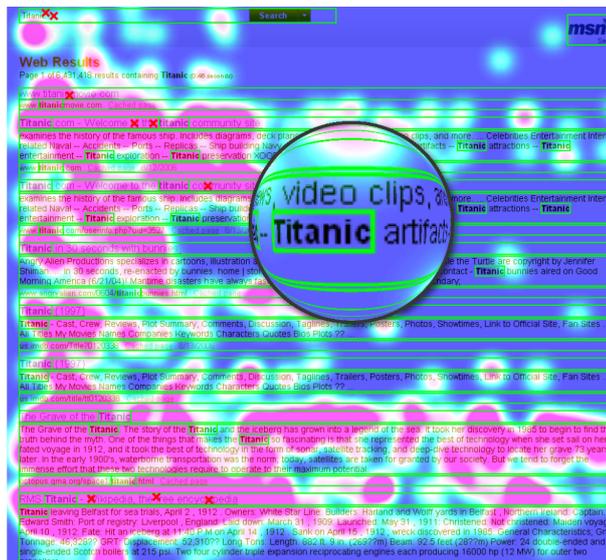


Abbildung 3.1: Für das Analysieren des Benutzerverhaltens einer Suchmaschine wurde eine Heatmap verwendet (Quelle: [CG07]). Zusätzlich wurden bestimmte Sektionen annotiert. Diese Bereiche wurden in der Heatmap grün eingerahmt.

Effizienz der Suche. Anders bei der Anfrage nach allgemeinen Informationen. Hier bedeuten mehr Informationen über den jeweiligen Sucheintrag eine Steigerung der Effizienz.

Im Gegensatz zu der Arbeit von Edward Cutrell wird in dieser Bachelorarbeit die Interaktionen der Probanden mit der Maus berücksichtigt. Außerdem werden insgesamt zwanzig Probanden für die Studie eingeladen und für mehrere Webseiten Benutzerdaten erfasst um eine höhere statistische Signifikanz zu erzielen. Die Idee, die Webseite durch Javascript-Routinen zu analysieren, wurde aufgegriffen und weiterentwickelt. Für diese Arbeit wird zur aktuellen Mausposition das überfahrene DOM-Element mit abgespeichert.

3.2 Analysieren von Eyetracking Daten

Um die aufzuzeichnenden Daten auswerten und interpretieren zu können, sollte ein Blick auf existierende Arbeiten im Bereich des *Usability*-Testens geworfen werden. Hierbei ist eine Möglichkeit, Software und - speziell auch für diese Arbeit - Webseiten hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit und Benutzerfreundlichkeit mithilfe von Eyetracking-Daten zu quantifizieren. Einige interessante Erkenntnisse wurden dabei in der Ausarbeitung „Identifying Web Usability Problems from Eye-Tracking Data“ ([EW07]) skizziert. Dabei wurde das Blickverhalten von Benutzern durch das Eyetracking analysiert und kategorisiert. Bei bestimmten Usability-Problemen wurden dabei auffällige Muster der Augenbewegung erkannt. Einige dieser Muster könnten auch Auswirkungen auf das Verhalten des Benutzers mit der Interaktion der Maus haben. Außerdem bieten diese Erkenntnisse Einblicke in das kognitive Verhalten des Menschen und helfen Interaktionen und Augenbewegungen besser interpretieren zu können. Im Folgenden werden vier der beschriebenen Verhaltensmuster von Augenbewegungen kurz vorgestellt, welche für das Thema dieser Arbeit sehr interessant sind.

- **Häufig wechselnde, schnelle Fixationen**

Eines der am auffälligsten Muster ist die häufige, schnelle Fixation von bestimmten Punkten auf einer Webseite. Eine Ursache dieses Verhaltens kann hierbei das Suchen nach einer bestimmten Information sein. Wird die zu suchende Information nicht an den vermuteten Positionen gefunden, wird an anderen Stellen weiter gesucht.

- **Viele kurze Fixationen auf Elemente gefolgt von langen Fixationen auf ein anderes Element**

Dies ist häufig bei überladenen Seiten zu finden. Bei der Suche nach einem bestimmten Element überfliegt der Benutzer den Aufbau der Webseite und verweilt dabei nur kurz auf einigen Elementen, bis er schließlich den gesuchten Bereich entdeckt.

- **Viele kurze Fixationen überall**

Der Benutzer überfliegt die Seite ohne lange zu verweilen. Eventuell wurden gewünschte Informationen nicht gefunden.

- **Hohe Konzentration auf ein Gebiet. Danach abschwächend**

Grund hierfür kann eine fehlende oder fehlerhafte Funktion sein. Eine Funktion wird eventuell erwartet, da man ähnliche Konstrukte schon von anderen Webseiten her

kennt, jedoch nicht gefunden. Der Benutzer beschäftigt sich zunächst intensiv mit dem Element, verliert jedoch sein Interesse.

Natürlich können Verhaltensmuster, welche mit einem der oben skizzierten Szenarien übereinstimmen, auch anderen Ursprungs sein, sodass dies lediglich unterstützende Information bei der Analyse der Daten bietet.

3.3 Korrelation zwischen Mouse- und Eyetracking

Es gibt in dem Themengebiet dieser Bachelorarbeit bereits einige Arbeiten mit interessanten Ansätzen. Mon-Chu Chen erarbeitet in seiner wissenschaftlichen Ausarbeitung "What can a mouse cursor tell us more?" die Beziehung zwischen Blickposition und Mausposition eines Probanden ([CAS01]). Dabei wurde eine Studie durchgeführt, wobei fünf verschiedene Personen jeweils für fünf Minuten verschiedene Webseiten besuchten, während ihre Interaktionen mit der Maus und ihre Blickposition durch einen Eyetracker aufgezeichnet wurden. Im Vorfeld der Studie wurden zu jeder Webseite bestimmte Regionen definiert. Zu diesen Regionen gehören jeweils die Elemente Button, Menü, Titel, Text, Grafik und Banner. ein weiteres Element für eine Region ohne Elemente wurde ebenfalls eingeführt. Die Auswertung der Daten zeigte, dass es bei bestimmten Regionen eine starke Korrelation zwischen Maus- und Blickposition gibt. In über 75 Prozent der ruckartigen Mausbewegungen wurde die Maus in eine wichtige Region gezogen. In diesen Fällen war es sehr wahrscheinlich, dass sich die Blickposition des Benutzers nicht weit von der Mausposition entfernt befand.

Diese Studie ist jedoch aufgrund der Anzahl von fünf Probanden nicht statistisch signifikant genug, sodass die Ergebnisse lediglich einen Einblick in die Möglichkeiten dieses Forschungsgebietes bieten, jedoch sich aus den Daten keine Algorithmen oder kompliziertere Aussagen ableiten lassen. Bei der Studie dieser Bachelorarbeit wird dagegen versucht, eine deutlich detaillierte Aussage durch eine höhere Anzahl an Probanden zu erreichen. Außerdem wurde lediglich zwischen einzelnen Bereichen der Webseiten unterschieden. Dabei wurde keine Aussage über mögliche Korrelationen mit anderen Bereichen oder Abhängigkeiten durch bestimmte Interaktionen des Benutzers berücksichtigt. Diese Arbeit versucht im Gegensatz zu der beschriebenen Ausarbeitung mit dem Einsatz von unterschiedlichsten Internetlösungen den täglichen Alltag eines durchschnittlichen Benutzers nachzubilden. Bei der Suche nach Mustern werden dabei ebenfalls einzelne Bereiche gesondert betrachtet, es wird jedoch versucht Abhängigkeiten von anderen Bereichen ebenfalls zu berücksichtigen.

Eine weitere Arbeit, welche ähnliche Ansätze wie Mon-Chu Chen in seiner Abhandlung verfolgt, befasst sich im Wesentlichen mit der Frage, wie oft sich Mausbewegungen und Augenbewegungen überlagern ([Coo06]). Im Gegensatz zu der zuvor betrachteten Arbeit wurde dabei das Experiment nur mit einem Internetauftritt durchgeführt. Dabei wurden verschiedenen Probanden die gleichen Aufgaben gestellt. Während des Ablaufs des Experiments wurden ebenfalls Augen- und Mausbewegungen aufgezeichnet. Das Ergebnis besagt, dass, bei hoher Interpolation, ungefähr 69 Prozent der Mausbewegung mit der

Augenbewegung übereinstimmen.

Diese Arbeit hat jedoch aufgrund der geringen Anzahl an Probanden und der sehr oberflächlich betrachteten Analyse eine geringe statistische Signifikanz. Eine Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Arbeit von Herrn Mon-Chu Chen ist jedoch zu erkennen.

Ein sehr interessanter Ansatz wird in dem Buchauszug „Using Browser Interaction Data to Determine Page Reading Behavior“ verfolgt ([HPW11]). Hier wurden zunächst einige Hypothesen aufgestellt, welche auch interessant für diese Ausarbeitung sind und in das Analysekonzept mit einfließen.

- Hypothese 1 : Auf Webseiten, welche den Benutzer auffordern, öfter Interaktionen mit der Maus zu tätigen, gibt es im Allgemeinen eine stärkere Korrelation zwischen Maus- und Augenbewegung. Außerdem gibt es eine starke Korrelation während der Bewegung des Mauszeigers. Auch wurde angenommen, dass ein Benutzer einen Paragraphen las, wenn sich der Mauszeiger während des Lesens über dem Paragraphen befand oder der Benutzer die Maus während des Lesens bewegte.
- Hypothese 2: Ein Indikator für die aktuelle Position des Benutzers während des Lesens eines Abschnittes kann eine Mausbewegung, das Klicken auf den Text oder das Selektieren von Textstellen sein.
- Hypothese 3: Bei Benutzern, welche die Maus häufig verwenden, kann die aktuelle Mausposition eine Möglichkeit sein, die relative Position der Blickrichtung des Benutzers zu ermitteln.
- Hypothese 4: Nachdem gescrollt wurde, wird den Elementen mehr Aufmerksamkeit geschenkt, welche zuvor nicht sichtbar waren und die durch das Scrollen in den sichtbaren Bereich verschoben wurden.
- Hypothese 5: Benutzer, welche in kleinen Schritten nach unten scrollen, tendieren dazu, den aktuellen Text zu lesen.

3.4 Eyetracking im Internet

Um die Hypothesen zu beweisen, wurde eine Studie mit verschiedenen Probanden durchgeführt, welche vom Konzept an die Idee von Lynne Cookes Arbeit erinnert. Den Probanden wurden dabei ebenfalls verschiedene Aufgaben gestellt, um sich mit den Webseiten und speziell ihrem Inhalt auseinander setzen zu müssen. Ein interessanter Ansatz ist dabei die Aufzeichnung der Zeiten der einzelnen Besuche und tatsächlichen Mausbewegungen pro Proband und Webseite. Dadurch ließen sich später Aussagen über das Verhalten der einzelnen Personen treffen. In einer weiteren Analyse wurden alle aufgezeichneten Blickpunkte mit dem Abstand der Maus verglichen und als Histogramm visualisiert. Dabei wurden Statistiken von der vertikalen und horizontalen Abweichungen aufgestellt. In der Abbildung (3.2) ist ein Histogramm des vertikalen Abstands von allen aufgezeichneten Blickpunkten zur jeweiligen Mausposition zu sehen.

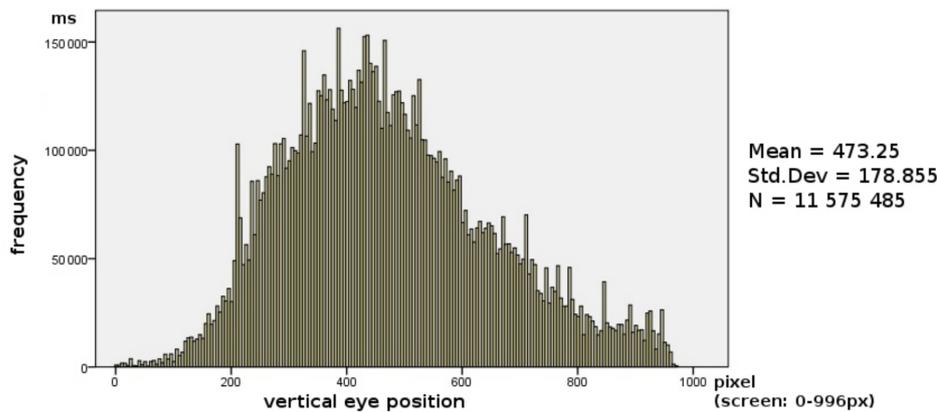


Abbildung 3.2: Analyse des vertikalen Abstands der Maus zum Auge auf Webseiten. Für das Histogramm wurden alle aufgezeichneten Blickpunkte der Probanden mit den jeweiligen Mauspositionen berücksichtigt.

Nun wurde eine Studie konzipiert, um die aufgestellten Hypothesen zu bestätigen. Die sieben verschiedenen Webseiten, die ein Benutzer im Laufe der Studie besuchen musste, beinhalteten neben Text auch Grafiken und Bilder. Zu den einzelnen Hypothesen wurden folgende Beobachtungen gemacht:

- Beobachtung zu Hypothese 1: Eine generelle Korrelation zwischen Augen- und Mausbewegung konnte erkannt werden. Diese Abhängigkeit ist jedoch zu schwach, um daraus sicher Vorhersagen treffen zu können was gelesen wurde. Es wurde jedoch bestätigt, dass die Korrelation zwischen Augen- und Mausbewegung zunimmt, je häufiger der Proband Interaktionen mit der Maus tätigt. Damit sind Vorhersagen im Allgemeinen exakter, je mehr ein Benutzer die Maus bewegt. Durch weiteres Filtern der Ergebnisse wurde außerdem bestätigt, dass die Korrelation während der Bewegung der Maus zunimmt. Des Weiteren wurde die Annahme, dass während des Lesens die Maus über dem zu lesenden Paragraphen liegt, ebenfalls bestätigt. Hier konnte eine Überdeckung von 72% bei Probanden mit häufiger Mauseingabe ermittelt werden.
- Beobachtung zu Hypothese 2: Während der Benutzer den Text selektiert oder etwas anklickt, wurde eine hohe Überdeckung festgestellt. Jedoch sind diese Interaktionen der Maus sehr selten, sodass sie nur wenig Gewicht für ein genaues Modell einer Vorhersage haben.
- Beobachtung zu Hypothese 3,4,5: Durch die aufgezeichneten Daten konnten die Hypothesen 3,4 und 5 nicht durch statistische Auffälligkeiten bewiesen werden. Dies wird auf die gestellten Aufgaben zurückgeführt, da es nur wenig Text gab, welche groß genug waren, um scrollen zu müssen. Auch gab es im Allgemeinen wenig Scroll-Events auf den Webseiten. In dieser Bachelorarbeit wird versucht werden, an diese Hypothesen anzusetzen und durch andere Aufgaben auch Informationen bezüglich des Scroll-Verhaltens der Benutzer zu bekommen.

3 Verwandte Arbeiten

Mit Hilfe der Statistiken und gewonnenen Erkenntnissen wurde ein Algorithmus entwickelt, welcher Vorhersagen treffen kann, ob ein Benutzer sich intensiv mit einem Artikel beschäftigt, einen bestimmten Artikel gelesen, überflogen oder übersprungen hat. In 78% der Fälle wurde dabei eine korrekte Klassifizierung prognostiziert.

Im Gegensatz zu dieser Bachelorarbeit wurde in dem eben behandelten Buchauszug von David Hauger ([HPW11]) der Visualisierung der Daten wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Es wurde versucht, die aufgestellten Hypothesen zu bestätigen und einen Algorithmus zu entwickeln. Dabei wurden auch Ansätze wie das Annotieren bestimmter Bereiche und das unterschiedliche Verhalten eines Benutzers bei verschiedenen Aufgaben außer Acht gelassen. Es wurde viel mehr versucht, eine allgemein gültige Aussage über das Verhalten eines Benutzers aufzustellen. Diese Arbeit hingegen hat das Ziel, das Verhalten der Benutzer auf bestimmte Szenarien zu reduzieren, um exaktere Vorhersagen aufstellen zu können.

4 Aufgabe und Lösungsansatz

Dieses Kapitel widmet sich der detaillierten Beschreibung des Lösungsansatzes. Dabei wird auf die Teilprobleme eingegangen und die gewählten Lösungswege skizziert. Im Vorfeld wird das Ziel der Arbeit nochmals genau definiert.

4.1 Zielsetzung der Arbeit

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, Korrelationen zwischen Maus- und Augenbewegungen bei der Interaktion von Besuchern mit Webseiten zu finden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen eine geeignete Studie definiert und Techniken entwickelt werden, mit welchen Augen- und Mausdaten aufgezeichnet werden können. Die dabei gewonnenen Daten werden ausgewertet und mit Hilfe von Visualisierungen untersucht. Auf Basis dieser Untersuchung soll ein einfaches Modell zur Beschreibung der Korrelation zwischen Maus- und Augenbewegungen entwickelt werden.

4.2 Lösungsansatz

Um das Ziel dieser Arbeit zu erreichen sind folgende Teilprobleme zu lösen:

- **Aufzeichnung der Daten** Aufzeichnung der Benutzerinteraktionen durch eine geeignete Methode.
- **Aufstellen von Hypothesen** Definition von geeigneten Hypothesen für die Analyse von Verhaltensmustern
- **Studienablauf** Ablauf der Studie und Definition eines des Stimuli.
- **Analyse** Evaluation und Analyse der Daten.

Im Folgenden wird das Ziel der jeweiligen Teilprobleme detaillierter erklärt:

Aufzeichnung der Daten Für die Aufzeichnung der Interaktionen der Probanden muss eine geeignete Methode definiert und implementiert werden. Nach Abwägung der Möglichkeiten zur Datenerhebung, kristallisierte sich der Einsatz einer Javascript-Bibliothek heraus, welche die Basis weiterer Überlegungen bildet. Diese Bibliothek soll, auf Webseiten eingebunden, die Interaktionen der Webseitenbesucher aufzeichnen können. Um die aufgezeichneten Daten speichern zu können, wird das Programm aus einem klient- und serverseitigen Modul bestehen. Dabei wird das Programm die Daten auf dem Computer des Klienten aufzeichnen und an das Modul auf dem Server übermitteln, welches die Daten in eine Datenbank ablegt.

Aufstellen von Hypothesen Durch die große Vielfalt an Webseiten und ihre Funktionen sind unterschiedliche Darstellungsformen entstanden. Durch die hohe Komplexität und den großen Funktionsumfang heutiger Internetseiten ist es sehr unwahrscheinlich, eine allgemeingültige Regel definieren zu können. Vielmehr wird in dieser Ausarbeitung versucht, Korrelationen bei häufig auftretenden Szenarien zu finden. Um diese Abhängigkeiten später aus den gesammelten Daten extrahieren zu können, werden zunächst Hypothesen in Bezug auf das Verhalten des Benutzers und seine Interaktion mit den Eingabegeräten aufgestellt und danach mit den Benutzerdaten verglichen. Da das Verhalten der Benutzer aufgrund unterschiedlicher Benutzergruppen und ihrer unterschiedlichen Weise, sich im Internet zu bewegen, voraussichtlich sehr variiert, werden die Hypothesen nicht eindeutig zu bestätigen sein. Das Ziel ist es, eine Aussage über die Häufigkeit des Auftretens eines bestimmten Musters treffen zu können. Diese Aussage bildet die Basis einer Gewichtung der jeweiligen Regel.

Studienablauf Um möglichst viele unterschiedliche und Internet-typische Szenarien zu erhalten, reicht eine Webseite für das Analysieren der Daten nicht aus. Hier muss evaluiert werden, wie viele Webseiten für die Studie benötigt werden und von welchem Typ die einzelnen Internetauftritte sein sollen. Um dies zu evaluieren, müssen vorhandene Webseiten anhand ihres Konzepts und Funktion charakterisiert und gängige Webseitenelemente analysiert werden. Diese Ergebnisse werden ebenfalls in das Aufstellen der Hypothesen mit einfließen. Für diese Webseiten müssen im Anschluss geeignete Fragen und Szenarien entworfen werden, welche die Probanden durch die einzelnen Internetauftritte führen. Während dem Ablauf der Studie müssen alle Interaktionen der Probanden und Ihre Blickpunkte aufgezeichnet und abgespeichert werden.

Analyse Die erhobenen Daten der Studie sollen mit *Visual Analytics*-Techniken evaluiert werden. Die einzelnen Techniken der *Visual Analytics*-Ansätze basieren auf die Arbeit von Daniel Hertl [Her14]. Durch die Evaluation der Daten sollen bestimmte Muster und Verhaltensauffälligkeiten erkannt und kleinere Modelle aufgestellt werden.

5 Lösungskonzept

Um mögliche Korrelationen zu finden, gilt es zunächst einige Teilprobleme zu lösen. Dieses Kapitel beschreibt die Herangehensweise und das Aufstellen der Hypothesen. Zunächst werden gängige Webseitenelemente katalogisiert und existierende Webseiten typisiert. Diese Ergebnisse dienen als Unterstützung beim Aufstellen der Hypothesen und fließen beim Erstellen eines geeigneten Stimuli zur Benutzerstudie maßgeblich ein. Das Kapitel endet mit der Definition der Hypothesen.

5.1 Ermittlung typischer Webseitenelemente

Zunächst wurden die Webseitenelemente und Eigenschaften ermittelt, welche für das Erstellen der Hypothesen berücksichtigt wurden.

- **Kleiner Text** Ein kurzer Abschnitt mit Text auf einer Webseite. Dies kann ein kurzer Infoblock sein, eine kurze Einleitung in ein bestimmtes ein Thema oder auch Informationen wie Fehlermeldungen oder eine Beschreibung einer Funktion.
- **Großer Artikel** Dieses Textelement bietet Informationen und stellt den Hauptteil einer Webseite dar. Der Text kann aus mehreren Abschnitten bestehen und mit Grafiken und anderen Elementen versehen sein.
- **Komplexer Gesamtaufbau** Die Webseite bietet viele komplexe Funktionen und einen komplizierteren Grundaufbau.
- **Formulare** Formulare sind im Internet weit verbreitet und finden annähernd auf jeder Webseite Einsatz. Dem durchschnittlichen Internetbenutzer ist dabei die Struktur von Suchfeldern, Kontaktformularen, Newsletter-Eintragungen oder die Abfolge an Eingabefeldern für das Erstellen neuer Profile bereits bekannt. Neben den typischen Formularen existieren komplexe Konstrukte, welche verschiedene Elemente, Eingabefelder und einen individuellen Aufbau aufweisen. Formulare können dabei aus verschiedenen Variationen von Check- und Radioboxen, Eingabefelder, Buttons oder individuellen Elementen, wie Datums- oder Passwortfelder, bestehen.
- **Listenelemente** Listenelemente dienen zur Darstellung einer Menge gleicher Elemente und sind häufig bei Webshops, für die Darstellung von Artikeln einer Kategorie, zu finden.

5.2 Typisierung existierender Webseiten

Um die aufgestellten Hypothesen zu bestätigen und aussagekräftige Regeln aufstellen zu können, müssen zunächst Interaktionen von Benutzern auf Webseiten erfasst und gespeichert werden. Hier besteht die Möglichkeit, bereits bestehende Webseiten mithilfe eines DNS-Eintrags abzufangen und mit einem Skript zu infizieren oder eigene Webseiten zu erstellen und mit einem Skript zu versehen. Um flexibel alle möglichen Szenarien aufsetzen zu können, wurden eigene Internetseiten entwickelt. Hierbei wurde zunächst untersucht, welche unterschiedliche Arten von Webseiten häufig im Internet genutzt werden. Laut einer Statistik zur Analyse von Internetseiten [Doe13] waren im Oktober 2013 unter den am häufigsten aufgerufenen Webseiten in Deutschland folgende Einträge.

1. **google.de** | Eine Suchmaschine mit Zusatzfunktionen
2. **facebook.com** | Ein soziales Netzwerk
3. **youtube.com** | Ein Video Streaming Portal
4. **google.com** | Eine Suchmaschine mit Zusatzfunktionen
5. **ebay.de** | Eine Online Auktionsplattform
6. **amazon.de** | Onlineshop mit breitem Sortiment
7. **wikipedia.org** | Eine freie Enzyklopädie
8. **spiegel.de** | Aktuelle Nachrichten
9. **bild.de** | Aktuelle Nachrichten
10. **yahoo.com** | Eine Suchmaschine mit einigen Zusatzfunktionen

Die aufgelisteten Internetseiten wurden begutachtet und charakterisiert. Dabei wurden der Aufbau, die eigentliche Information, die Funktion und die Interaktion mit dem Benutzer der einzelnen Seiten hinsichtlich der Thematik dieser Arbeit verglichen. Dabei kristallisierten sich vier Kategorien heraus.

5.2.1 Die Suchmaschine

(Seiten dieser Kategorie: google.de, google.com, yahoo.com)

Auf den Seiten dieser Kategorie wird im Wesentlichen ein Formular zur Suche im Internet angeboten, welches sich optisch nur wenig unterscheidet. Die Suche liefert einzelne Links zu Internetseiten mit zusätzlichen Informationen.

5.2.2 Der Webshop

(Seiten dieser Kategorie: ebay.de, amazon.de)

Der Besucher hat die Möglichkeit, online Produkte einzukaufen und sich diese liefern zu lassen. Die erhältlichen Produkte werden online präsentiert. Optisch unterscheiden sich diese Webseiten stark von einander und auch die Funktionen decken sich nur teilweise. Einzelne Funktionen, wie die Einsicht eines Warenkorbes oder eine Suche im Produktkatalog, sind jedoch in den meisten Webshops zu finden.

5.2.3 Die interaktiven Seiten

(Seiten dieser Kategorie: facebook.com)

Zu dieser Kategorie zählen für diese Arbeit soziale Netzwerke, Foren und Weblogs. Hierbei greift der Benutzer aktiv in die Informationsgestaltung der Webseite ein. Die Webseiten bieten die Möglichkeit, eigene Texte zu verfassen und auf bestimmte Beiträge zu interagieren und sich in Diskussionen einzubringen. Der Aufbau, die Optik und die Funktionen variieren in dieser Kategorie sehr stark.

5.2.4 Die informativen Seiten

(Seiten dieser Kategorie: wikipedia.org, spiegel.de, bild.de)

Zu dieser Kategorie zählen Seiten, welche den Benutzer hauptsächlich über ein bestimmtes Thema informieren. Neben den aufgelisteten Internetseiten zählen zu dieser Kategorie auch Informationsseiten über einzelne Institutionen, Firmen oder Vereine. Diese Seiten gehören ebenfalls zu den am häufigsten aufgerufenen Internetseiten, fallen jedoch aufgrund des breiten Spektrums und der unterschiedlichen Interessen der Konsumenten aus der Statistik.

5.3 Die einzelnen Charakteristiken der Webseiten

Um alle möglichen Szenarien auf den Webseiten darstellen zu können, wurde ein Katalog erstellt, welcher die einzelnen Anforderungen den jeweiligen Webseiten zuweist. Das Resultat ist in Tabelle 5.1 ersichtlich. Beim Erstellen der Webseiten für die Studie wurde dieser Katalog verwendet, um möglichst viele typischen Elemente in den Webseiten einzubauen.

Eigenschaft	Der Webshop	Der Webblog	Die Firmenseite
kleiner Text Kurzer Abschnitt ohne Grafiken	•	•	•
große Artikel großer Artikel ohne Grafiken	-	•	•
Artikel mit Bildern großer Abschnitt mit Grafiken und Text	•	•	•
komplexer Gesamtaufbau Aufbau mit vielen Unterseiten und dynamischem Aufbau	•	-	-
einfacher Gesamtaufbau Statische Seite mit wenigen Unterseiten	-	-	•
kleine Formulare Einfach aufgebaute Formulare (z.B. Kontaktformular, Kundenmeinung)	•	-	•
komplexe Formulare Komplexe Formulare mit verschiedenen Elementen (z.B. Kontoeröffnung)	•	•	-
kleine Suchfunktion einfache Suchfunktion ohne Filtermöglichkeiten	•	•	-
erweiterte Suchfunktion komplexe Suchfunktion mit Filtermöglichkeiten	•	-	-
Komplexer WYSIWYG-Editor Editor mit vielen Formatierungsfunktionen	-	•	-
einfaches Menü einfach aufgebautes Menü ohne Untermenüs	-	•	•
komplexeres Menü komplexeres Menü mit Untermenüs	•	•	-
Listenelemente Auflistung mehrerer Elemente	•	-	-

Tabelle 5.1: Aufgelistet werden die Charakteristiken typischer Webseiten aus den Bereichen Webshop, Webblog und Firmenseite. Für die Studie wurde je eine Webseite zur jeweiligen Kategorie entwickelt und sich bei der Implementierung an diese Tabelle gehalten.

5.4 Hypothesen

Um die Korrelationen anhand der Maus- und Augendaten zu ermitteln, wurden im Vorfeld einige Überlegungen getroffen und Hypothesen aufgestellt. Diese Hypothesen dienen als Basis für die Erstellung geeigneter Szenarien. Die Hypothesen bieten dabei lediglich eine Richtlinie. Die Daten werden später auf weitere Korrelationen, welche im Vorfeld nicht berücksichtigt wurden, untersucht. Zu den Hypothesen wurden jeweils Überlegungen für die Ableitung der Augendaten auf die Mausdaten und umgekehrt aufgestellt und dargelegt. Das bedeutet, es wurde zunächst überlegt, welchen Einfluss die aufgestellten Hypothesen auf das Verhalten der Augen- und Mausbewegungen haben könnten, und anschließend, wie sich auf Basis der Mausdaten auf Augenbewegungen Rückschlüsse ziehen lassen. Zunächst wurden Vorüberlegungen in Bezug auf das allgemeine Benutzerverhalten getroffen.

Allgemeines Benutzerverhalten Eine Möglichkeit, genauere Aussagen für die einzelnen Probanden aufstellen zu können, ist das Kategorisieren deren Verhaltens nach bestimmten Verhaltensmustern. Es wird angenommen, dass sich die Probanden, je nach Erfahrungsstand, auf unterschiedliche Weise im Internet bewegen. Durch das Einordnen der Probanden in bestimmte Kategorien kann eventuell einfacher auf bestimmte Korrelationen zurückgeschlossen werden. Es ist beispielsweise möglich, ein Verhaltensmuster, wie das häufige Nachziehen der Maus beim Lesen eines Abschnittes auf einer Webseite, bei einer bestimmten Gruppe Probanden verstärkt zu beobachten. Diese Gruppe könnte auch in anderen Kategorien ein individuelles Verhaltensmuster aufweisen. Diese Hypothese wird bei der Auswertung eine große Rolle spielen. Während der Auswertung der Daten wird versucht, möglichst wenige aber aussagekräftige Gruppen zu definieren.

Hypothese 1: Legt der Benutzer die Maus beim Lesen beiseite, ist die Verweildauer der Maus ähnlich der Lesedauer des Textes Wird ein Text eines Abschnitts gelesen, wird die Maus sich in der Nähe des Textes befinden. Hier sind mehrere mögliche Korrelationen vorstellbar. Der Benutzer kann die Maus während des Lesens über oder neben dem Text ablegen und bis zum Beenden des Lesens nicht bewegen. Sollte dieses Szenario zutreffen, ist dies aus den Eyetracking- und Mausdaten zu entnehmen. Der Benutzer wird dabei kurz vor Beginn des Lesens seine Maus an eine bestimmte Position in der Nähe des Textes positionieren und sie erst nach dem Lesen des Textes wieder bewegen.

Rückkehrschluss: Eine mögliche Korrelation, welche auf dieses Verhalten zurückschließen ließe, könnte über die Verweildauer der Maus und die Größe des Textes gebildet werden, indem die Gesamtlesezeit des Textes, welche sich mithilfe der durchschnittlichen Lesezeit eines Menschen und der Wortanzahl des Textes errechnen ließe, mit der Aufenthaltsdauer der Maus an der abgelegten Position verglichen wird. Ist dabei die Aufenthaltsdauer der Maus an der Position ähnlich der erfassten Lesedauer des Benutzers, kann hier von einer starken Korrelation ausgegangen werden.

Hypothese 2: Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander Anstatt die Maus neben dem Text abzulegen, wäre ein weiteres denkbare Szenario, dass der Benutzer die Maus während des Lesens ständig nachzieht. Bei diesem Verhalten wären Blickposition und Mausposition während des Lesens nahe beieinander. Vermutlich befindet sich die vertikale Position der Maus während des Lesens des Artikels dicht an der momentan gelesenen Textstelle.

Rückkehrschluss: Ein Merkmal, um das skizzierte Verhalten zu identifizieren, wären kurze ruckartige Bewegungen der Maus in kurzem Abstand. Die Maus würde sich dabei unter oder zumindest in der Nähe von Text befinden.

Hypothese 3: Durch das Scroll-Verhalten lässt sich auf die Lese-Intensität des Besuchers zurückschließen Bei größeren Artikeln, welche über den Sichtbereich des Browsers hinausragen, kann über das Leseverhalten des Benutzers anhand des Scrollverhaltens eine Aussage gemacht werden. Liest der Benutzer einen Artikel und stößt beim Lesen an das Ende des sichtbaren Bereichs, muss er die Scrollfunktion des Browsers verwenden, um den Text weiter lesen zu können. Überfliegt er einen Artikel, oder sucht nach bestimmten Schlüsselwörter, wird er in kurzen Zeitintervallen die Scrollfunktion betätigen. Beschäftigt er sich intensiv mit dem Inhalt des Artikels, wird er in Abschnitten mit langen Pausen die Scrollfunktion verwenden.

Rückkehrschluss: Die aufgezeichneten Scrolldaten lassen einen Rückschluss auf die Lese-Intensität des Benutzers zu.

Hypothese 4: Beim Verwenden von Eingabefeldern, Buttons, Menüelementen und Hyperlinks sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander Wird eines dieser Elemente vom Benutzer verwendet liegt die Maus neben oder über dem Element. Dies liegt daran, dass der Benutzer für das Aktivieren der jeweiligen Funktion vermutlich vorzugsweise die Maus verwendet.

Rückkehrschluss: Liegt die Maus neben den Elementen, wird sich der Benutzer mit dem jeweiligen Element beschäftigen

Hypothese 5: Wird während des Lesens eine Grafik betrachtet, wird auch die Maus auf die Grafik gezogen Erscheint im Textfluss eine Grafik, wird diese betrachtet. Dabei fährt der Benutzer mit der Maus über die Grafik.

Rückkehrschluss: Wird das Lesen des Textes bei einem Probanden erkannt (Hierfür müssen die anderen Hypothesen bestätigt werden), kann durch eine Mausbewegung auf eine Grafik im Textfluss bestimmt werden, welche Grafiken betrachtet wurden.

6 Das Mousetracking- Script

Um die Mausbewegungen der Probanden aufzeichnen zu können, wurde ein Script entwickelt, welches auf einer Webseite eingebunden werden kann und die Bewegungen der Maus aufzeichnet und in einer Datenbank abspeichert. Neben den Mausbewegungen wurden auch Scroll-Events und Tastendrücke behandelt. Das Skript muss auf den Server geladen werden, welcher die Webseiten hostet, auf welchen die Mausbewegungen aufgezeichnet werden sollen. Um das Skript auf einer Seite zu aktivieren, muss es im Header-Bereich als Javascript-Bibliothek eingebunden werden. Das Skript besteht dabei im Wesentlichen aus zwei Komponenten. Eine Komponente ist dabei für das Aufzeichnen des Interaktionsverhaltens der Benutzer zuständig. Wurden die Interaktionsdaten zusammen mit den Augendaten durch den Eyetracker gesammelt und in die Datenbank eingetragen, besteht die Möglichkeit, die aufgezeichneten Daten visuell darstellen zu lassen. Die zweite Komponente des Skripts verwendet Visual Analytics- Techniken, um die Daten miteinander vergleichen und analysieren zu können. Im Folgenden werden die beiden Komponenten erklärt und deren Funktionalitäten skizziert.

6.1 Komponente zum Aufzeichnen - Grundaufbau

Durch das Einbinden des Scripts werden zusätzliche Bibliotheken geladen und in die Webseite integriert. Nun kann ein Proband sich auf der Webseite für die Mausverfolgung registrieren. Dazu müssen die Tasten *Strg+Shift+M* gleichzeitig auf einer beliebigen Unterseite des Internetauftritts betätigt werden. Durch das Ausfüllen des Login-Formulars wird der Benutzer mit einer bestimmten ID auf dem Webserver registriert. Durch das Neuladen der Webseite werden weitere Bibliotheken eingebunden, welche das Aufzeichnen der Interaktionen verwalten. Neben dem Modus zur Aufzeichnung von Benutzerdaten steht eine weitere Funktion bereit, welche zum Visualisieren der Daten dient. Hierbei werden die gespeicherten Daten des Servers geladen und mithilfe von Visual Analytics-Technologien dargestellt. Neben dem Aufzeichnen und Darstellen von Daten können über eine Schnittstelle ebenfalls die tsv-Dateien des Eyetrackers in das System eingepflegt werden. Der Server speichert dabei die Daten ebenfalls in die Datenbank ab. Da die Augenpositionen absolute Bildschirmpositionen darstellen, muss zuvor die aktuelle Scrollposition mit den Daten des Eyetrackers verrechnet werden.

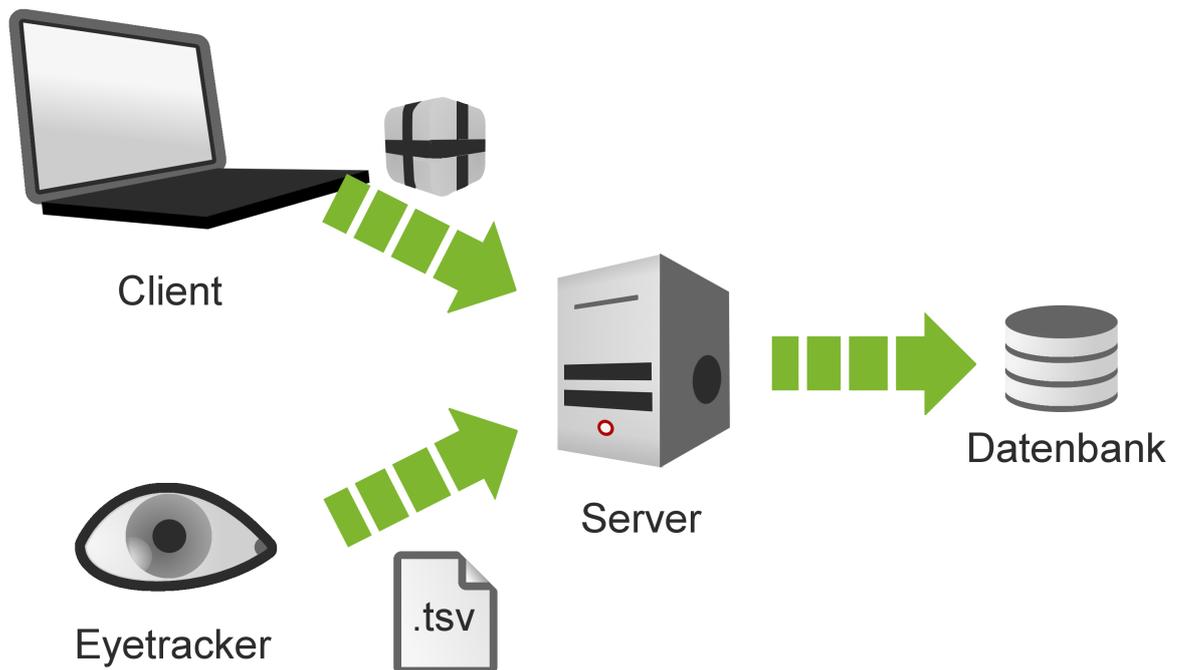


Abbildung 6.1: Übersicht der Funktion des Moustracking-Skripts. Die aufgezeichneten Daten der Interaktionen werden vom Klienten und Eye-Tracker zum Server gesendet und in die Datenbank gespeichert.

6.1.1 Übersicht über die Komponente

Das Skript erkennt Maus- und Scroll-Bewegungen und jede Tastatureingabe des Benutzers. Wurden Daten aufgezeichnet, schickt das Skript ein Bündel an gesammelten Daten zum Server. Der Server erhält dadurch in kurzen Intervallen einzelne Bündel mit Interaktionen des Benutzers. Diese Daten werden vom Server zunächst ausgewertet und danach in eine Datenbank gespeichert. Zu jeder Mausbewegung wird dabei das aktuelle Element der Webseite, über welchem sich die Maus befindet, hinterlegt. Zu den jeweiligen Tastendrücken wird der Char-Code abgespeichert und zu den Scroll-Bewegungen werden die absoluten Scroll-Positionen hinterlegt. Abbildung 6.1 skizziert den Grundaufbau der Applikation.

6.1.2 Das Aufzeichnen der Daten - ein detaillierter Durchlauf

Folgendes stark vereinfachtes Modell soll die Grundfunktionalität des Skripts skizzieren.

Die Abbildung eines Sequenzdiagramms 6.2 stellt in einem einfachen Modell den Ablauf des Skripts bei einem Durchlauf mit den Daten einer Mausbewegung dar. Bewegt der Benutzer die Maus über die angezeigte Webseite, teilt der Browser den zugehörigen Javascript-Routinen mit, dass der Mauszeiger bewegt wurde. Das Skript speichert nach jeder Mausbewegung - höchstens jedoch alle 10 Millisekunden - die aktuelle Mausposition,

wurde, speichert die Javascript Bibliothek das Paket im Speicher des Browsers zwischen. Lädt der Benutzer eine weitere Seite des Webauftritts, wird zunächst überprüft, ob eines dieser Pakete mit Interaktions-Daten existiert, und sendet dieses gegebenenfalls zuerst an den Server gesendet.

6.1.3 Das Datenbankmodell

Die nachfolgende Beschreibung soll die Datenstrukturen und die Informationen verdeutlichen, welche in der Datenbank hinterlegt wurden. Das hier dargestellte Modell (Abbildung :6.3) umfasst die Informationsgewinnung durch das Skript. Informationen, die durch den Eyetracker gewonnen wurden, fließen ebenfalls in die Datenbank ein, wurden jedoch in dieser Beschreibung nicht behandelt.

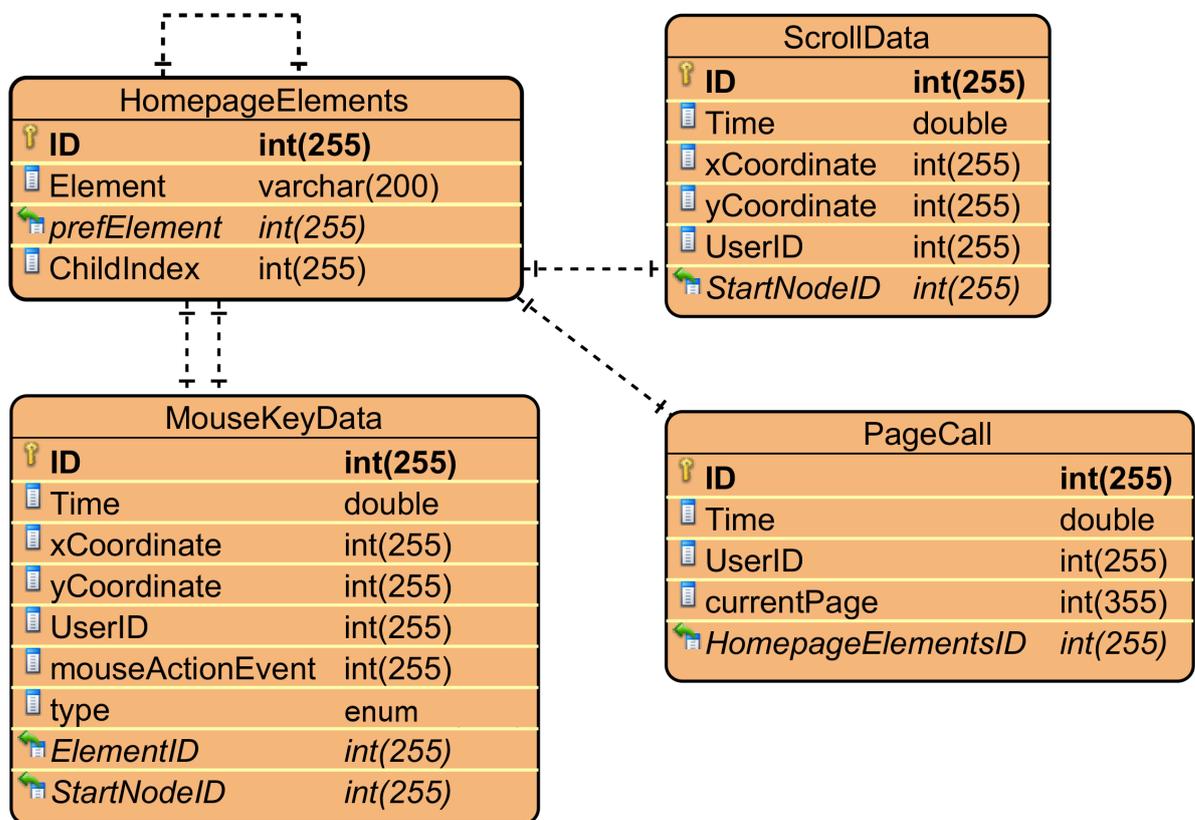


Abbildung 6.3: Datenbankmodell der Benutzerinteraktionen. Abgespeichert werden Maus- und Scrollbewegungen, Seitenaufrufe und Tastendrucke. Die einzelnen Interaktionen referenzieren auf ein DOM-Objekt der Webseite, welches in der Tabelle *HomepageElements* gespeichert wird.

Die Datenbankstruktur besteht im Wesentlichen aus den hier dargestellten Einträgen. Die zentrale Datenstruktur bietet dabei die Tabelle „HomepageElements“, welche eine Baumstruktur der einzelnen Seitenelemente beinhaltet. Eine Internetseite ist in einer Baumstruktur

angeordnet. Dies ist mit einer XML-Datenstruktur vergleichbar. Einzelne Elemente können dabei neben bestimmten Attributen auch Kind-Elemente besitzen. Bewegt ein Besucher die Maus über ein Element, wird dessen Pfad in der Baumstruktur bis zum Wurzelknoten registriert und zu der Mausbewegung abgespeichert. Dieser Pfad wird an den Server übergeben und in der Datenbank in dieser Tabelle hinterlegt. Dabei beinhaltet das Attribut „Element“ den eigentlichen Namen des HTML-Elements. Jedes Element in dieser Baumstruktur, außer der Wurzelknoten selbst, zeigt dabei auf ein Elternelement. Die ID des Elternelements ist dabei im Attribut „prefElement“ hinterlegt. Bekommt der Server neue Daten von einem Benutzer, wird für jeden Datensatz und jedes Element des Pfades überprüft, ob es bereits in der Tabelle angelegt wurde. Wird ein Element nicht in der Tabelle gefunden, wird es neu hinzugefügt. Um Performance-Einbußen dabei möglichst gering zu halten, wurde eine Funktion direkt in die Datenbank integriert, welche diesen Ablauf automatisch steuert. Der Wurzelknoten spielt dabei eine besondere Rolle. Er beinhaltet den aktuellen Link der Seite. Die Tabellen „Scroll Data“, „Page Calls“ und „MouseKeyData“ referenzieren jeweils auf eines dieser Seiten-Elemente. Die Tabelle „ScrollData“ beinhaltet Scroll-Ereignisse des Benutzers. In dieser Tabelle sind die absoluten horizontalen und vertikalen Seitenpositionen zum jeweiligen Zeitpunkt hinterlegt. In der Tabelle „MouseKeyData“ sind alle Maus- und Tastatur-Interaktionen gespeichert. In der Tabelle „PageCall“ werden Seitenwechsel dokumentiert. Betätigt der Benutzer einen Link zu einer anderen Seite, wird hier dieser Zeitpunkt hinterlegt.

6.2 Komponente zum Darstellen der Daten - Grundaufbau

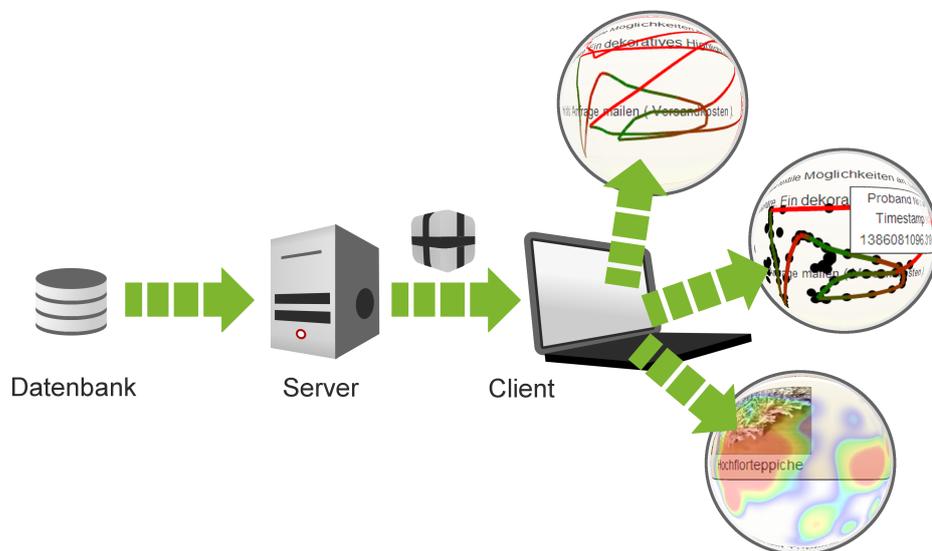


Abbildung 6.4: Übersicht der Mousetracking Analyse. Die Daten werden vom Server zum Klienten geschickt und dort in unterschiedlichen Visualisierungen dargestellt.

Um die gespeicherten Daten miteinander vergleichen und analysieren zu können, wurde dem Skript eine Komponente hinzugefügt, welche verschiedene Visual-Analytics-Ansätze verwendet, um einen Vergleich der Augendaten mit den Interaktionsdaten zu ermöglichen. Der Benutzer des Skripts muss sich hierbei auf der Internetseite über einen Login-Dialog registrieren. Ruft nun der Benutzer eine Internetseite im Bereich des Skripts auf, sendet der Klient die aktuell besuchte Seite zum Server. Der Server sammelt nun alle Daten aus der Datenbank, die für die aktuelle Seite hinterlegt sind, und stellt einen Datensatz zusammen. Dieser Datensatz wird wieder zurück zum Klienten gesendet. Durch HTML5-Elemente, SVG-Grafiken und Javascript-Routinen werden die Daten auf der Seite visuell dargestellt. Das Skript ermöglicht die Darstellung unterschiedlicher Ansichten, welche zum detaillierten Analysieren der Daten beitragen. Der Benutzer hat hier die Möglichkeit, zwischen sogenannten Scanpaths und verschiedenen Heatmaps zu wählen oder auch einzelne Probanden zu selektieren.

6.2.1 Scanpath

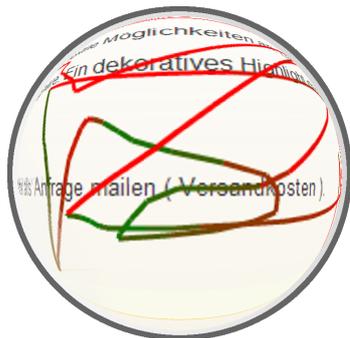


Abbildung 6.5: Eine Vergrößerung eines eingefärbten Scanpaths. Die grüne Färbung deutet auf eine Korrelation der Maus- und Augendaten hin.

Die Darstellung der *Scanpaths* ermöglicht es, den Pfad, den die Probanden mit der Maus während der Studie verfolgt haben, nachzuverfolgen. Dabei besteht die Möglichkeit, von allen Probanden gleichzeitig diesen Pfad darstellen zu lassen oder auch einzelne Pfade separat zu visualisieren. Diese Scanpaths bieten durch ihre Einfärbung noch eine weitere Information. Jeder Abschnitt des Scanpaths basiert auf einer Mausbewegung des Benutzers zu einer bestimmten Zeit. Zusätzlich zum Anzeigen der Pfade vergleicht das Skript die Augenposition zum jeweiligen Zeitpunkt. Stimmt die Position des Auges mit der Position der Maus überein, wird der aktuelle Abschnitt des Scanpaths grün dargestellt. Zwischen der absoluten Übereinstimmung der Werte und einem festgelegten Grenzwert wird die Farbe linear von grün nach rot interpoliert, sodass man anhand der Farbe des Scanpaths den ungefähren Abstand zur Position des Auges auf dem Bildschirm ablesen kann. Diese Scanpaths helfen Wege zu finden, welche von den Probanden häufig von der Maus abgefahren werden. Außerdem helfen Sie Elemente zu erkennen, bei welchen sich die Position des Auges nicht weit von der Mausposition entfernt befindet. Die Abbildung 6.5 stellt einen Scanpath dar, die grüne Einfärbung des Pfades lässt auf eine nahegelegene Augenposition zurückschließen.

6.2.2 Detailansicht Scanpath

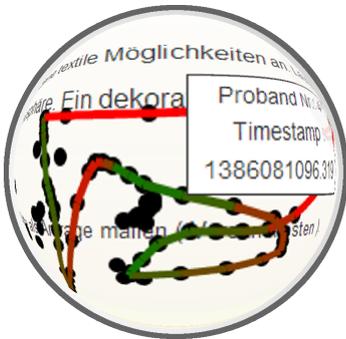


Abbildung 6.6: Eine Detailansicht eines Scanpaths. Die einzelnen Messungen werden mit schwarzen Punkten visuell dargestellt.

Durch das Selektieren eines dargestellten Scanpath, werden dem Benutzer weitere Informationen dargestellt. Die tatsächlichen Werte der Messungen der Mausbewegungen werden als schwarze Punkte auf dem Pfad dargestellt (sichtbar in der Abbildung 6.6). Der Abstand der Punkte lässt dabei auf die Geschwindigkeit der Mausbewegung zurückschließen. Liegen die Punkte weit auseinander, kann auf eine schnelle Mausbewegung geschlossen werden. Umgekehrt stellen dicht aufeinanderfolgende Messpunkte eine langsame Mausbewegung dar. Fährt man über den angezeigten Pfad eines Probanden, werden dem Benutzer zum jeweiligen Zeitpunkt die Messungen des Auges ebenfalls mit Punkten auf dem Bildschirm visuell dargestellt. Dies bietet die Möglichkeit, die genaue Blickposition mit der Mausposition zu einem bestimmten Zeitpunkt zu vergleichen.

6.2.3 Heatmap

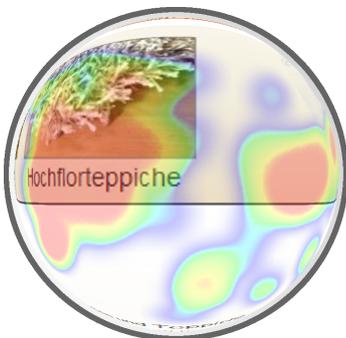


Abbildung 6.7: Eine Vergrößerung einer Heatmap. Gebiete mit einer hohen Ansammlung an Messpunkten erscheinen rot.

Die Heatmap dient zur Visualisierung der Augendaten. Eine Heatmap ist eine visuelle Darstellungsform einer zweidimensionalen Datenmenge. Das Skript fügt der Heatmap alle Blickpunkte der jeweiligen Seite aller Probanden hinzu. Ballungsräume an Blickpunkten werden dabei rot, Bereiche welche nicht betrachtet wurden, transparent dargestellt (Sichtbar in der Abbildung 6.7). Außerdem besteht die Möglichkeit, eine Heatmap zu aktivieren, welche neben den Augendaten den Abstand zur Maus berücksichtigt. Dabei werden nur Blickpunkte zur Heatmap hinzugefügt, deren Abstand zur Mausposition unter einem bestimmten Schwellwert liegt.

6.3 Systemanforderungen und Einschränkungen der Bibliothek

Um die Bibliothek zu verwenden, sind einige Rahmenbedingungen zu erfüllen. Auf dem Computer des Klienten muss ein Javascript-fähiger Browser installiert sein. Die Bibliothek benötigt außerdem einen HTML5-fähigen Browser. Bei der durchgeführten Studie lag auf dem Computer des Eyetrackers das Programm Google Chrome in der Version 30 zur Verfügung, welches diese Anforderungen erfüllt. Die Hardware des Systems ist entscheidend für die Abtastrate der Informationsgewinnung. Langsame Computer erreichen dabei nicht die optimale Abtastrate von zehn Millisekunden für die Bewegungen der Maus. Eine Abtastrate von 10 Millisekunden ist für das Aufzeichnen der Daten jedoch nicht zwingend notwendig. Es sollte aber ein Wert unter 50 Millisekunden erreicht werden, da sonst schnelle Bewegungen nicht erkannt werden. Das Skript wurde auf mehreren Computern getestet, wobei es einen Unterschied der Abtastrate nur zu älteren Modellen gab. Da das Aufzeichnen der Daten mit moderner Hardware jedoch kein Problem darstellt und der Studie ein sehr leistungsfähiger Computer zur Verfügung steht, wurden diese Performance-Einbußen nicht weiter verfolgt.

Neben dem Klienten muss auch der Server folgende Anforderungen erfüllen. Der serverseitige Programmteil der Applikation ist in der Sprache PHP geschrieben. Das Programm benötigt dabei eine PHP-Version größer 5.1.2. Außerdem wird eine MYSQL-Datenbank benötigt, um die aufgezeichneten Daten abzuspeichern. Bei der Speicherung der Interaktionen des Benutzers in der richtigen Datenbankstruktur entsteht die größte Last. Hier wurde stark auf Performance-Optimierung geachtet, um möglichst wenig Zeit zu verbrauchen. Um die Daten schnell in die Datenbank speichern zu können, wurde die Datenbank um eine Funktion, welche die Pfade der Elemente in die Datenbank eingliedert, erweitert. Außerdem wird eine persistente Verbindung von PHP zur Datenbank aufgebaut und aufrecht erhalten, um nicht nach jedem Information erneut eine Verbindung aufbauen zu müssen. Auch bei der Struktur der Datenbank wurde darauf geachtet, möglichst wenig Daten zu verbrauchen. Trotz dieser Vorkehrungen gab es starke Performance-Einbußen ab einer gewissen Größe der Datenbank. Die ankommenden Informationsbündel des Klienten konnten nicht schnell genug abgebaut werden, sodass sich serverseitig ein Puffer ansammelte. Um diesem Problem entgegen zu wirken, wurde die Datenbank während der Studie nach jedem Probanden exportiert und geleert. Nachdem die Studie abgeschlossen worden war, wurden die einzelnen Daten wieder zu einer gesamten Datenbank verbunden, um die Daten gemeinsam visualisieren zu können. Diesem Problem könnte mit einem besseren Server oder mit einer Indizierung der Datenbank entgegengewirkt werden.

7 Aufbau der Studie

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit einer im Rahmen der Bachelorarbeit durchgeführten Benutzerstudie, um die aufgestellten Hypothesen zu bestätigen oder zu widerlegen. Die Studie wurde in der Universität Stuttgart an einem Raum am Visualisierungsinstitut durchgeführt. Es handelt sich dabei um ein Eyetracking-Experiment. Die Probanden werden dabei mit einzelnen, schnell und einfach zu bewältigenden Aufgaben durch drei Webseiten geführt.

7.1 Probanden

Für die Studie wurden insgesamt 20 Probanden im Alter zwischen 18 und 30 eingeladen. Von den eingeladenen Probanden waren dreizehn weiblich und sieben Personen männlich. Der Großteil der eingeladenen Probanden befand sich im Studium. 18 der 20 Probanden befanden sich in einem Bachelor- oder Masterstudiengang. Dabei waren Studierende der Fächer Chemie, Informatik, Werbung und Marktkommunikation, Wirtschaftsinformatik und digitale Medien, Logopädie und Mechatronik vertreten. Im Durchschnitt gaben die weiblichen Probanden an, 4,8 Stunden am Tag im Internet zu verbringen. Die männlichen Personen vertreiben täglich nur 0,2 Stunden mehr ihre Zeit im weltweiten Netz und bringen es damit auf eine Gesamtzeit von 5 Stunden am Tag. Das Netz wird dabei von allen Probanden für Aktivitäten in sozialen Netzwerken, E-Mail-Verkehr und Nachrichten genutzt. Auf Onlinebanking-Funktionen verzichteten fünfundzwanzig Prozent der Probanden, sechs Personen können Ihren Beruf auch ohne Internet ausüben, acht Probanden nutzen die Vorzüge des Netzes nicht für die Unterhaltung durch Videospiele und drei Probanden hören Ihre Musik mit anderen Medien. Alle Probanden hatten Deutsch als Ihre Muttersprache angegeben.

7.2 Experimenteller Aufbau der Studie

Für den Aufbau der Studie mussten zunächst folgende Vorbereitungen getroffen werden. Die Webseiten, welche für die Studie benötigt wurden, mussten programmiert und von einem Server gehostet werden. Dabei stand ein virtueller Linux Server von Strato mit einem Parallels Plesk Panel der Version 11.5 zur Verfügung. Strato garantiert dabei eine Spezifikation von mindestens einem Gigabyte Arbeitsspeicher und fünfzig Gigabyte Festplattenspeicher [STR13]. Das System reicht für das Anzeigen der Webseiten aus, kommt jedoch bei dem Einsatz des Webshops und der Visualisierung der Augen- und Mausdaten an seine Grenzen.

Für das Aufzeichnen der Augendaten wurde das System Tobii T60 XL verwendet. Der Eyetracker misst dabei die Augenposition des Probanden mit einer Genauigkeit von 0,5 Grad und einer Abtastrate von 60 Herz. Der Bildschirm des Systems besitzt eine Diagonale von 24 Zoll im Widescreen-Format von 1920 x 1200 Bildpunkten [Tob13].

Im Header-Bereich der drei Webseiten wurde das Mousetracking-Skript integriert, welches für das Aufzeichnen der Benutzerdaten zuständig ist.

Im Vorfeld der Studie wurde ein Dokument angelegt, welches von den Teilnehmern vor der eigentlichen Durchführung der Studie ausgefüllt wurde. In diesem Fragenbogen wurden allgemeine Informationen zu den einzelnen Probanden gesammelt, um unterschiedliches Benutzerverhalten besser analysieren und verstehen zu können.

7.3 Stimuli - Der Entwurf der Webseiten

Um die angesetzten Hypothesen der Studie beweisen zu können, wurde für die Studie passende Webseiten entworfen. Bei der Wahl der Webseiten wurde dabei auf die Analyse der typischen Webseite zurückgegriffen (Kapitel 5). Bei der Entwicklung der Webseiten floss dabei die Tabelle der charakteristischen Webseitenelemente (5.3) maßgeblich in das Design der Seiten mit ein.

Die Suchmaschine

Diese Form der Internetseite wurde bei der Analyse außer Acht gelassen. Dies hat mehrere Gründe. Zum Einen sind die meisten Internetbesucher bestens mit Suchmaschinen vertraut, wodurch relativ wenig Mausbewegungen zu erwarten sind, da der Benutzer die Internetseite nicht erst erkunden muss. Zum Anderen wird die Funktion einer Suche bereits durch das Gebiet des Webshops abgedeckt, wodurch eine weitere Evaluation voraussichtlich keine neuen Erkenntnisse liefern würde.

Die informativen Seiten

Diese Art der Webseiten wird für die Analyse von einem fiktiven Firmenauftritt repräsentiert 7.1. Die Webseite wurde mit den Techniken *php* und *javascript* realisiert und bietet die Grundfunktionalitäten eines Internetauftritts. Neben Informativen Seiten zu der fiktiven Institution bietet die Seite ein Impressum und ein Kontaktformular.

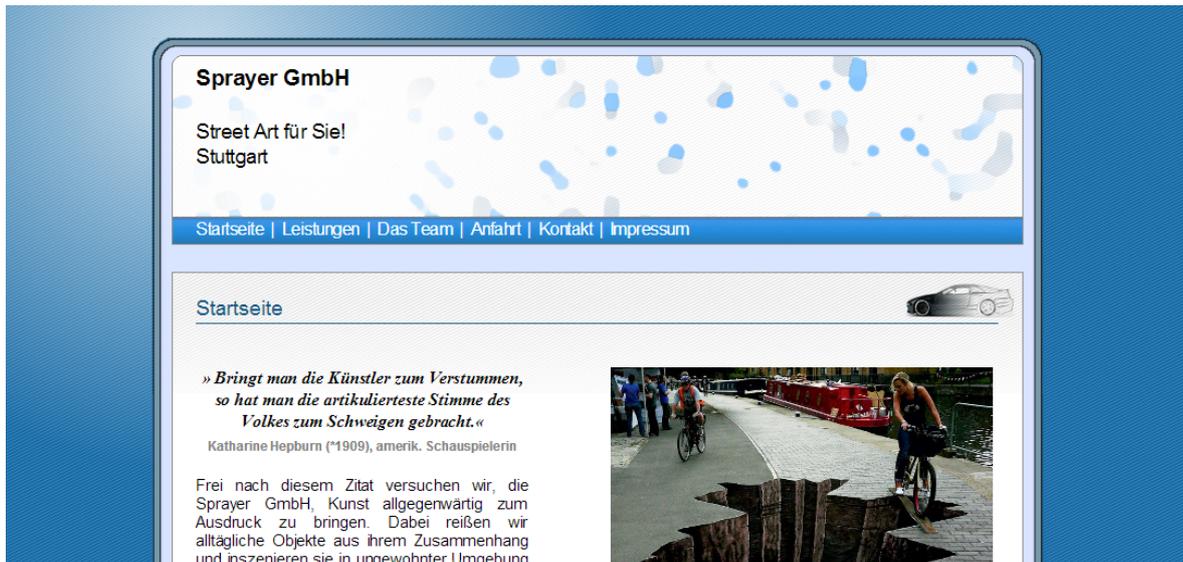


Abbildung 7.1: Implementierung einer informativen Seite für die Studie. Der Webseitenbesucher wird mit einem einleitenden Beitrag und einem einfachen Menü empfangen.

Die interaktiven Seiten

Für die Studie der Arbeit wurde ein Blog entwickelt. Eine weitere Möglichkeit diese Kategorie durch eine Webseite abzudecken wäre auch durch den Einsatz eines Forums möglich. Der Blog wurde deshalb gegenüber dem Forum bevorzugt, da Einträge in einem Webblog meist mehr Inhalt bieten als ein Foreneintrag. Neben kleineren Paragraphen können auch Bilder oder andere Medien einem Blog-Eintrag beiliegen. Soziale Netzwerke werden aus Komplexitätsgründen für die Analyse ignoriert. Die Webseite wurde mit dem System „WordPress“ <http://wpde.org/> realisiert. Der Blog beinhaltet die typischen Funktionen, zu welchen eine Suche, große Artikel mit Formatierungsmöglichkeiten und eine Kommentarfunktion gehören. Im Administrationsbereich bietet die Software Möglichkeiten, Artikel mithilfe eines eingebauten WYSIWYG-Editors zu verfassen und zu veröffentlichen.

Der Webshop

Für diese Studie wurde ein Webshop verwendet, welcher alle gängigen Funktionen beinhaltet. Der Webshop wurde mit einem Content Management System entwickelt, welches frei zugänglich im Internet zum Herunterladen bereit steht. Das System mit dem Namen *Magento* ist unter folgender Internetadresse erhältlich <http://magento.com/>. Der Shop bietet in verschiedenen Produktgruppen diverse Artikel im Bereich Fußböden, Türen und Teppichen. Die Artikel existieren in unterschiedlichen Ausführungen und Konfigurationsmöglichkeiten. Für das Konfigurieren der Artikel stehen dem Benutzer verschiedene Elemente wie Radiobuttons, Eingabefelder oder Checkboxen bereit.

7 Aufbau der Studie



Abbildung 7.2: Implementierung eines Blogsystems für die Studie. Dargestellt wird die Startseite des Systems mit mehreren Artikeln, einer Suchfunktion und Anmelde Möglichkeiten.



Abbildung 7.3: Implementierung eines Webshops für die Studie. Dargestellt wird die Startseite mit einem einleitenden Text, Menüstrukturen und einer Such- und Warenkorbfunktion

Des Weiteren bietet der Shop mehrere Menüebenen, welche erst in den jeweiligen Kategorien sichtbar werden, eine Suchfunktion, einige Formulare wie das Bestell- oder das Kontaktformular und viele weitere typischen Funktionen. Sehr komplex sind dabei die Konfigurationsmöglichkeiten eines Produkts. Wird beispielsweise eine Tür gekauft, so muss

zunächst Breite, Höhe, Türprofil, Anschlagseite, Türaufbau und eventuell ein Lichtausschnitt mit einer passenden Glasscheibe gewählt werden.

7.4 Ablauf der Studie

Vor Beginn der Studie werden die Probanden aufgefordert, einen Fragebogen auszufüllen. Der Fragebogen hat den Zweck allgemeine Informationen der Probanden zu erfahren, um Auffälligkeiten in den Verhaltensmustern auf Eigenschaften der Probanden zurückführen zu können. Nachdem die Probanden das Beantworten der Fragen abgeschlossen haben, wird mit jedem Proband ein kurzer Sehtest durchgeführt, um festzustellen ob eine Sehschwäche oder eine Farbenfehlsichtigkeit vorliegt. Das Ergebnis des Tests wird dokumentiert. Nachdem diese Formalitäten abgeschlossen sind, beginnt der eigentliche Test. Dazu wird zunächst der Eyetracker auf den jeweiligen Probanden kalibriert. Nachdem das Programm zufriedenstellend eingestellt ist, können die Probanden mit den Aufgaben beginnen. Vor dem Bearbeiten der Aufgaben wird eine kurze Einführung und Erklärung zur Lösung der Aufgaben und zur Funktion des Eyetrackers gegeben. Die Aufgaben werden den Probanden in einem Vollbildmodus präsentiert, welcher in weißer Schrift auf einem gänzlich schwarzen Hintergrund die aktuelle Aufgabenbeschreibung beinhaltet. Die Probanden können in Ruhe die Aufgabenstellung durchlesen. Nachdem die Aufgabenstellung einer Anweisung verstanden ist, kann mit dem Betätigen der Taste F10 der Vollbildmodus beendet und die Aufgabe bearbeitet werden. Die ersten Aufgaben beginnen für die drei Webseiten jeweils gleich. Der Benutzer muss sich zunächst an der Webseite anmelden, um seine Mausdaten aufzeichnen zu können. Die Anmeldung zum Mousetracking funktioniert auf allen Webseiten gleich. Um sich an der Webseite anzumelden, muss der Benutzer hierbei die Tastenkombination <Strg>+<Shift>+L gleichzeitig betätigen. Hierdurch erscheint ein Anmeldeformular, welches er mit einem vorgegebenen Benutzernamen, Passwort und einer persönlichen ID ausfüllen muss. Nach dem Absenden des Formulars erscheint ein Button, um die Seite neu zu laden. Danach ist der Benutzer an der Seite registriert und die Aufzeichnung seiner Interaktionen beginnt. Die Aufgaben der jeweiligen Webseiten werden im Abschnitt „Aufgaben der Probanden“ dieses Kapitels beschrieben. Zwischenfragen konnten zu jeder Zeit gestellt werden. Die Aufgaben verteilten sich auf die drei Webseiten. Für die gesamte Studie eines Probanden war ein Zeitaufwand von mindesten 45 min vorgesehen.

7.5 Aufgaben der Probanden

Die Aufgaben der Probanden spiegeln einen zentralen Bestandteil der Arbeit wieder. Wichtig ist, die Handlungen der Probanden möglichst wenig durch die Aufgabenstellungen zu beeinflussen. Hierbei wurde versucht, den Spielraum der Probanden möglichst wenig einzuschränken, um einen natürlichen Handlungsablauf zu erhalten.

Im Folgenden werden die Aufgaben zu den drei Webseiten aufgelistet, welche die einzelnen Probanden der Studie nacheinander durchlaufen. Jede dieser Webseiten repräsentiert eine

eigene Kategorie mit unterschiedlichen Charakteristiken, welche in der Tabelle (5.1) des Kapitels „Lösungskonzept“ S.23 detailliert aufgelistet ist. Die individuellen Eigenschaften der jeweiligen Webseiten wurde bei der Überlegung zu den einzelnen Fragestellungen in Betracht gezogen. Es wurde versucht, den Benutzer durch die jeweiligen Aufgabenstellungen durch die Webseiten zu leiten und dabei zu drängen, möglichst viele Interaktionen mit den jeweiligen Elementen durchführen zu müssen. Es sollte dabei möglichst jedes individuelle Charakteristikum behandelt werden.

Informations-Seite

Auf dieser Internetseite sind Elemente wie kleiner Text, großer Artikel, Artikel mit Bildern, einfacher Gesamtaufbau, einfaches Menü und kleinere Formulare zu finden (Kapitel 5.1). Des Weiteren haben die Aufgabenstellungen zu dieser Internetseite einen einleitenden Charakter und führen den Benutzer in die Studie ein. Die Fragen sind dabei sehr einfach gehalten, um den Probanden nicht zu verunsichern und ein angenehmes Arbeitsklima zu schaffen. Dadurch sollen ungewollte Einflüsse durch Nervosität vermieden werden. Zu den jeweiligen Aufgabenstellungen wurden die Elemente notiert, welche für die Beantwortung der Fragen miteinbezogen werden müssen.

- Aufgabe 1: Lesen Sie sich den Text auf der Startseite durch. Was ist die Sprayer GmbH? Kleiner Text, einfacher Gesamtaufbau
- Aufgabe 2: Wechseln sie zum Menüpunkt Leistungen einfaches Menü
- Aufgabe 3: Welche Leistungen werden überhaupt angeboten? großer Artikel, Artikel mit Bildern (Überfliegen der Artikel)
- Aufgabe 4: Die Firma bietet die Kunstrichtung „StreetArt“ an. Welche Künstler hatten einen Einfluss auf den Stil der Firma? großer Artikel, Artikel mit Bildern (Lesen der Artikel)
- Aufgabe 5: Für Plastiken verwendet die Sprayer GmbH einige Materialien. Welche sind das? großer Artikel, Artikel mit Bildern (Lesen der Artikel)
- Aufgabe 6: Wie heißt die Steuernummer der Firma? einfaches Menü, einfacher Gesamtaufbau

Webblog

Diese Webseite repräsentiert die Kategorie der modernen interaktiven Webseiten. Auf diesen Webseiten findet man häufig Elemente wie kleinerer Text, großer Artikel, Artikel mit Bildern, komplexe Formulare, kleine Suchfunktionen, komplexer WYSIWYG-Editor und einfache sowie komplexe Menüstrukturen (5.1).

- Aufgabe 1: Wechseln Sie in die Kategorie „Sport“ komplexe Menüstrukturen
- Aufgabe 2: Lesen Sie den Artikel durch und beantworten Sie die Frage: „Welcher Minister wird im Text erwähnt?“ großer Artikel, Artikel mit Bildern

- Aufgabe 3: Geben Sie in das Suchfeld das Wort „Barcelona“ ein. kleine Suchfunktionen
- Aufgabe 4: Wechseln Sie in die Kategorie „Wirtschaft“ einfaches Menü
- Aufgabe 5: Klicken Sie auf den Link „anmelden“ einfaches Menü
- Aufgabe 6: Melden Sie sich mit Benutzernamen „WordPress“ und Passwort „bachadmin“ an einfaches Formular
- Aufgabe 7: Legen Sie einen neuen Benutzer an komplexe Menüstrukturen, komplexe Formulare, komplexeres Menü
- Aufgabe 8: Löschen Sie den angelegten Benutzer wieder komplexe Menüstrukturen, komplexe Formulare
- Aufgabe 9: Suchen Sie den Beitrag „Amerikanische Wissenschaftler entwickeln Wunderpille gegen Leichtgläubigkeit“ komplexe Menüstrukturen
- Aufgabe 10: Fügen Sie ans Ende des Textes eine nicht nummerierte Liste hinzu mit den Punkten „Punkt1“, „Punkt2“, „Punkt3“. Komplexer WYSIWYG-Editor
- Aufgabe 11: Markieren Sie den zweiten Punkt als fett. Komplexer WYSIWYG-Editor
- Aufgabe 12: Drücken Sie die Buttons „Aktualisieren“ und anschließend „Beitrag ansehen“ komplexe Menüstrukturen, komplexeres Menü
- Aufgabe 13: Klicken Sie auf den Link, in dem 007 vorkommt einfaches Menü
- Aufgabe 14: Lesen Sie den Text und beantworten Sie die folgende Frage: „Welche Sprachen spricht 007 flüchtig“ großer Artikel, Artikel mit Bildern
- Aufgabe 15: Wechseln Sie in die Kategorie Rätsel einfaches Menü
- Aufgabe 16: Lesen Sie die Überschrift und beantworten Sie. Artikel mit Bildern
- Aufgabe 17: Hinterlassen Sie zu dem Beitrag einen Kommentar von höchstens zehn Worten. Formatieren Sie das erste Wort davon als fett komplexeres Formular

Webshop

Diese Webseite repräsentiert die Internetauftritte, welche Waren zum Verkauf bereitstellen. Typisch für solche Internetseiten sind Elemente wie kleinerer Text, Artikel mit Bildern, komplexer Gesamtaufbau, kleinere Formulare, komplexe Formulare, kleine Suchfunktionen, erweiterte Suchfunktion, Listenelemente und ein komplexeres Menü (Kapitel 5.1).

- Aufgabe 1: Lesen Sie den Text auf der Startseite. Beantworten Sie die Frage: Können Sie die Produkte des Shops auch irgendwo begutachten? kleiner Text
- Aufgabe 2: Wechseln Sie zur Kategorie „Läufer und Matten“ und zur Unterkategorie „Fußmatten“. komplexeres Menü

- Aufgabe 3: Sie suchen die Matte mit dem dunkelsten Rotstich. Legen Sie die Matte in der größten Ausführung in den Warenkorb. Listenelemente, kleinere Formulare
- Aufgabe 4: Wieviel Steuer ist in dem aktuellen Preis enthalten? komplexer Gesamtaufbau
- Aufgabe 5: Für Ihren Wohnbereich suchen Sie noch einen Hochflorteppich, möglichst in Weiß und mit langen Fransen. Legen Sie diesen Teppich in der kleinsten Ausführung in den Warenkorb komplexeres Menü, Listenelemente, kleinere Formulare
- Aufgabe 6: In Ihrem Warenkorb befinden sich nun zwei Produkte. Löschen Sie beide und begeben sich wieder zur Startseite kleinere Formulare
- Aufgabe 7: Sie suchen ein bestimmtes Produkt mit der Bezeichnung „Stretto Schmal-Diele V4 Thermo Esche“. Wenn sie das Produkt gefunden haben, öffnen sie das Produkt in der Produktansicht und fahren Sie mit dem nächsten Schritt fort. kleine Suchfunktionen
- Aufgabe 8: Für welche Räume ist dieser Boden geeignet? komplexer Gesamtaufbau
- Aufgabe 9: Sie wollen Ihren Dachboden ausbauen und dieses Laminat „gerade“, verlegen. Ihr Dachboden hat eine Grundfläche von 42qm. Für weitere Konfigurationen zum nächsten Schritt springen. komplexer Gesamtaufbau, komplexe Formulare
- Aufgabe 10: Als Trittschalldämmung suchen Sie ein Material, welches möglichst wärmedämmend und resistent gegen Feuchtigkeit ist. Für weitere Konfigurationen zum nächsten Schritt springen. komplexer Gesamtaufbau, komplexe Formulare
- Aufgabe 11: Sockelleisten werden nicht benötigt. Bitte dieses Produkt aus dem Vorgang herausnehmen und überspringen. Danach das Produkt zum Warenkorb hinzufügen. komplexer Gesamtaufbau, komplexe Formulare
- Aufgabe 12: Wechseln Sie in die Kategorie Wohnungseingangstüren. komplexeres Menü
- Aufgabe 13: Wechseln Sie in die Kategorie CPL. Suchen sie in dieser Kategorie nach einer Tür aus Nussbaum. Wieviel kostet das Produkt? Listenelemente
- Aufgabe 14: Der Preis ist Ihnen zu teuer. Begeben Sie sich wieder zur Startseite komplexer Gesamtaufbau, komplexe Formulare
- Aufgabe 15: Sie haben folgendes Bild eines Türdrückers in einem Artikel entdeckt. Wählen sie einen ähnlich aussehenden Türdrücker. Für weitere Konfigurationen zum nächsten Schritt springen (dem Probanden wird dabei ein Bild eines Türdrückers gezeigt, welches zwei Drückern im Webshop ähnelt) Listenelemente
- Aufgabe 16: Als Schlosskasten bitte den Profilzylinder mit Schloss auswählen. Für weitere Konfigurationen zum nächsten Schritt springen. komplexer Gesamtaufbau, komplexe Formulare
- Aufgabe 17: Als Türanschlagsseite bitte „links“ auswählen. Danach bitte das Produkt in den Warenkorb legen komplexer Gesamtaufbau, komplexe Formulare

8 Analyse der Daten

Nach der Durchführung der Studie mit 20 Probanden wurden die aufgezeichneten Daten in die Datenbank importiert. Die Datenbank umfasst nun Daten bezüglich der Interaktionen jedes Benutzers mit den Eingabegeräten des Computers und die dazu korrelierenden Augendaten zum jeweiligen Zeitpunkt. Diese Daten können durch das Mousetracking-Skript visuell dargestellt werden. Für die Analyse dienen die aufgestellten Hypothesen aus dem Kapitel Lösungskonzept als Basis.

8.1 Hypothese 1: Legt der Benutzer die Maus beim Lesen beiseite, ist die Verweildauer der Maus ähnlich der Lesedauer des Textes

Im Folgenden wird versucht, die aufgestellte Hypothese mit Hilfe der Daten der Studie zu beweisen. Die Idee zur Bestätigung der Hypothese liegt in der Relation der Lesegeschwindigkeit, Textlänge und Verweildauer der Maus während des Lesens. Ziel ist es, eine allgemeingültige Formel zu definieren, welche von einer vorgegebenen Eingabemenge von Mausbewegungen eines Probanden prognostizieren kann, ob ein bestimmter Textabschnitt gelesen wurde oder nicht. Diese Formel soll allgemein für jeden Textabschnitt einer Webseite gelten.

Um diese Hypothese zu beweisen, wurde zunächst ein Szenario gewählt, welches den Probanden auffordert, einen kurzen Text zu lesen. Die Auswahl fiel auf ein Szenario aus dem Webblog. Den Probanden wurde dabei folgende Aufgabe gestellt: „Lesen Sie den Text und beantworten Sie die folgende Frage: Welche Sprachen spricht 007 flüssig?“. Zu diesem Szenario existiert von fünfzehn Probanden Aufzeichnungsdaten. Von fünf Probanden liegen keine Daten vor. Dies liegt daran, dass es unterschiedliche Wege gab die Aufgabe zu lösen und fünf Probanden dabei einen anderen Weg gewählt hatten, die aktuelle Seite zu finden. Sie wurden bei der nachfolgenden Erörterung ignoriert. Zehn von fünfzehn Probanden verhalten sich in dem ausgewählten Szenario der Hypothese entsprechend auffällig. Zehn dieser Probanden zogen die Maus vor Beginn des Lesens in Textnähe und legten den Cursor dort ab. Nachdem der Text fertig gelesen worden war, griffen die Probanden wieder zur Maus, scrollten weiter oder verwiesen auf die gefundenen Sprachen. Fünf der 15 Probanden bewegten während des Lesens die Maus und fallen somit nicht in den Bereich der Hypothese. Die Abbildung 8.10 zeigt dieses Phänomen im Detail. Die eingezeichneten schwarzen Punkte repräsentieren dabei den Aufenthaltsort der Maus während des Lesens des Textes.

Um die Aufenthaltsdauer der Maus zwischen zwei Bewegungen festzustellen, wurde die Zeit jeder Bewegung gemessen. Um zu errechnen, wie lange die Maus auf einem Punkt verweilt,

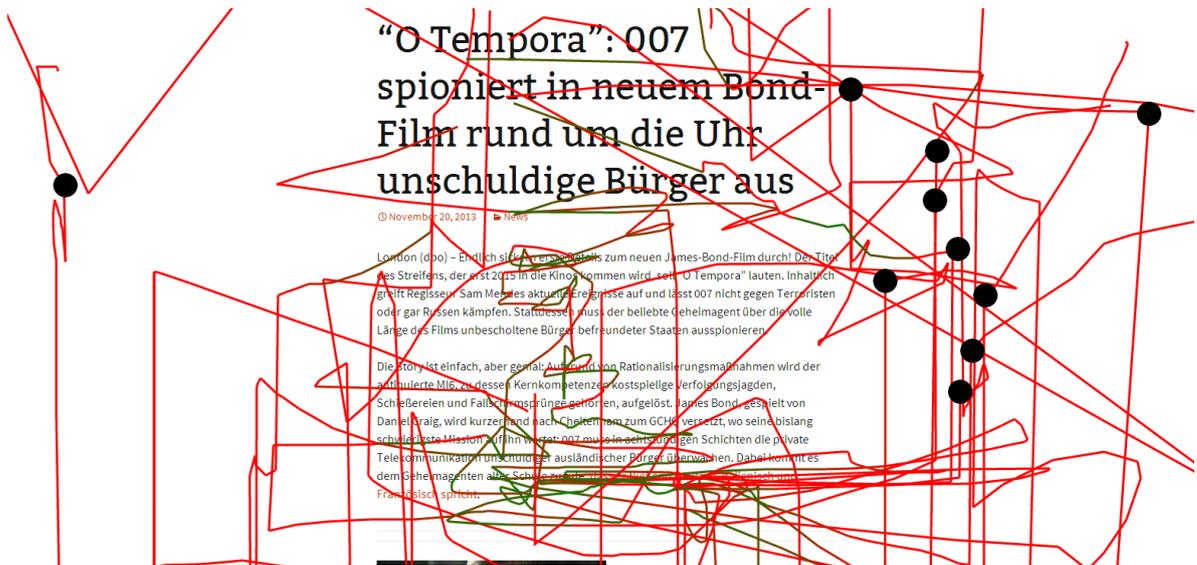


Abbildung 8.1: Visualisierung von Scanpaths der aufgezeichneten Mausdaten der Probanden während des Lesens eines Artikels im Webblog. Die eingezeichneten schwarzen Punkte verdeutlichen die Aufenthaltspunkte der Maus während des Lesens

wird der Messzeitpunkt der aufgezeichneten Position mit dem Zeitpunkt der nächsten Messung verrechnet. Folgende Rechnung ermittelt die Aufenthaltsdauer einer Messung.

$$(8.1) d_m = t_m - t_{m+1}$$

Mit der aufgeführten Formel kann nun die Aufenthaltsdauer jedes Probanden während des Lesens ermittelt werden. Die resultierenden Werte sind der Tabelle 8.1 zu entnehmen.

Proband Nr.:	1	4	5	7	8	9	10	17	18	20
Aufenthaltsdauer (sec.)	17.6	37.6	35.9	30.3	11.1	12.362	29.3	33.5	18.3	28.9

Tabelle 8.1: Aufenthaltsdauer der Maus während des Lesens eines Textabschnitts auf dem Webblog. Während dieser Zeit wurde der Text überflogen und die Maus nicht bewegt

Um eine allgemeingültige Formel für die Hypothese aufzustellen, muss zunächst eine Formel aufgestellt werden, um die durchschnittliche Lesedauer eines Textes ermitteln zu können. Die Lesedauer t eines bestimmten Textes, dessen Anzahl an Worten durch die Menge W repräsentiert wird, lässt sich mit folgender Formel bestimmen. Die Variable a muss hierbei durch die Anzahl der gelesenen Wörter pro Minute ersetzt werden.

$$(8.2) t = |W| \cdot \frac{60}{a} s$$

Die Lesegeschwindigkeit eines Menschen variiert je nach Wissenstand, Alter der Person und Komplexität des zu lesenden Textes. Zur Vereinfachung wird im weiteren Vorgehen die

8.1 Hypothese 1: Legt der Benutzer die Maus beim Lesen beiseite, ist die Verweildauer der Maus ähnlich der Lesedauer des Textes

Lesedauer eines durchschnittlichen erwachsenen Lesers verwendet, welche sich zwischen ca. 200 bis 250 Worten pro Minute bewegt [Rit13]. Da in dieser Aufgabenstellung eine gezielte Antwort erwartet wird, muss der Leser den Text nicht komplett verstehen und sucht beim Lesen gezielt nach bestimmten Schlüsselwörtern. Dadurch steigert sich die Lesegeschwindigkeit etwas und hebt sich vermutlich von der Norm ab. In diesem Experiment ist eine Antwort auf die gestellte Frage nach dem Lesen von 133 Wörtern möglich. Wird mit einer Lesegeschwindigkeit von 250 Worten pro Minute gerechnet, ergibt sich folgende Formel:

$$(8.3) \quad t = 133 \cdot \frac{60}{250} s$$

Das Ergebnis der Formel besagt, dass die durchschnittliche Lesedauer des Textes 31,9 Sekunden beträgt. Das bedeutet, die Probanden müssten im Durchschnitt nach 31,9 Sekunden den Text gelesen haben, zur Maus greifen und laut Hypothese mit den Aufgaben fortsetzen oder auf das Ergebnis verweisen. Die Werte der Probanden 1, 8, 9 und 18 liegen weit unter dem ermittelten Wert. Dies kann daran liegen, dass die Probanden den Text nur grob überflogen und ganz gezielt nach einzelnen Worten gesucht haben. Durch das schnelle Überfliegen erreicht ein Leser ein vielfaches seiner normalen Lesegeschwindigkeit. Diese Extremwerte werden für die folgende Rechnung ignoriert. Die errechnete Aufenthaltsdauer der anderen Probanden richtet sich stark nach dem ermittelten Durchschnitt. Um die maximale prozentuale Abweichung der einzelnen Werte vom Durchschnitt zu errechnen, wurde folgende Formel (8.4) aufgestellt. Die errechneten Werte der Aufenthaltsdauer der Probanden bilden dabei die Menge P . Die Formel liefert das Infimum und Supremum der prozentualen Abweichungen aller Eingabewerte zum Wert t . Der Wert der Variablen t repräsentiert den Durchschnitt der Lesegeschwindigkeit.

$$(8.4) \quad \sup_{x \in P} g(x) = \frac{100}{t} \cdot x \quad \inf_{x \in P} g(x) = \frac{100}{t} \cdot x$$

Rechnet man nun mit dieser Formel die prozentuale Abweichung der Lesegeschwindigkeiten der übrigen Probanden zum durchschnittlichen Wert von 31,9 Sekunden aus, erhält man ein Supremum von 17,87 Prozent und ein Infimum von 9,4 Prozent.

8.1.1 Aufstellen einer allgemeingültigen Formel

Anhand der Ergebnisse des letzten Abschnitts lässt sich nun folgende allgemeingültige Formel aufstellen, welche im Folgenden genauer beschrieben wird.

$$(8.5) \quad f = \begin{cases} 1 & \text{wenn } \exists x \in A : (x < t + pt) \wedge (x > t - pt) \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } t = |W| \cdot \frac{60}{a} s$$

A repräsentiert hierbei eine Menge an Zeit, welche zwischen den einzelnen Mausbewegungen gemessen wurde. Viele dicht aufeinanderfolgende Mausbewegungen hätten somit kurze Zeitabschnitte zur Folge. Wird die Maus länger nicht bewegt, wird die Zeit zwischen zwei Messpunkten größer. Mit der Formel (8.5) ist es möglich, für die Eingabe der Mausdaten eines Probanden zu errechnen, ob ein bestimmter Textabschnitt gelesen oder nicht beachtet wurde. Für p wird dabei eine prozentuale Abweichung der Lesegeschwindigkeit eingesetzt. Ein Wert von 0.25 würde somit 25 Prozent Abweichung zur durchschnittlichen Lesegeschwindigkeit zulassen. Die insgesamt Lesedauer des spezifischen Textabschnitts wird durch die Variable t repräsentiert. Sie errechnet sich durch die Menge W , welche alle Worte des spezifischen Textabschnittes beinhaltet, und die Variable a , welche die durchschnittliche Lesegeschwindigkeit der Leser angibt. Somit lässt sich für jeden Textabschnitt eine individuelle Formel aufstellen, welche es ermöglicht, anhand der Mausdaten der Webseitenbesucher eine Prognose zu erstellen.

8.1.2 Ein Beispiel

Um den Einsatz der Formel zu verdeutlichen, wurde eine Beispielseite aus dem Internet gewählt. Die Auswahl fiel auf einen Artikel der Tagesschau [Nor14]. Die Seite präsentiert dem Besucher einen Vorspann eines Artikels (Siehe Abbildung 8.2).



The image shows a screenshot of a news article on the website tagesschau.de. The page features a blue header with the site logo and a search bar. Below the header is a navigation menu with categories like 'Startseite', 'Videos & Audios', 'Inland', 'Ausland', 'Wirtschaft', 'Wahlarchiv', 'Wetter', 'Ihre Meinung', and 'Kontakt & Mehr'. The main content area has a large image of wind turbines with a graphic overlay that reads 'Es ist Zeit, etwas zu verändern...' and 'PROKON'. Below the image, the article title is '75.000 Kleinanleger betroffen' and 'Prokon droht die Insolvenz'. The text of the article is partially visible, mentioning 'Dramatische Nachrichten für Zehntausende Kleinanleger: Die umstrittene Windkraftfirma Prokon droht ihren Investoren mit Insolvenz. Es geht um rund 1,4 Milliarden Euro. Für viele Rentner könnte ein Teil der Altersvorsorge auf dem Spiel stehen. Von Heinz-Roger Dohms. | mehr'. To the right of the article text, there is a list of related links with titles like 'Verbraucherschützer: "Prokon verhält sich befremdlich" | ndr', 'Prokon-Investoren sorgen sich um ihr Geld | ndr, 04.01.2014', 'Wie seriös ist Prokon? | video, ndr, 20.10.2013', 'Bilanz 2012: Windkraft - Boombranche oder Sorgenkind?, 30.01.2013', and 'Windkraftfirma Prokon steht offenbar vor Insolvenz, M. Girolami, NDR | video'.

Abbildung 8.2: Eine willkürlich gewählte Seite zum Verdeutlichen der aufgestellten Formel 8.5. Quelle: [Nor14]

Der Vorspann besteht dabei aus 36 Wörtern. Beginnt ein Webseitenbesucher mit dem Lesen des Vorspanns, wird er den Text nicht überfliegen und nach einzelnen Wörtern Ausschau

8.1 Hypothese 1: Legt der Benutzer die Maus beim Lesen beiseite, ist die Verweildauer der Maus ähnlich der Lesedauer des Textes

halten, sondern versuchen den Inhalt des Textes nachvollziehen zu können. Wir gehen dabei von einer durchschnittlichen Lesegeschwindigkeit von 200 Worten pro Minute aus. Weiter nehmen wir an, dass es Abweichungen der Lesegeschwindigkeiten der Leser zur Norm von bis zu 25 Prozent geben kann. Zunächst kann nun der Wert t der Variable errechnet werden.

$$\begin{aligned} t &= |W| \cdot \frac{60}{a} s \\ (8.6) \quad t &= 36 \cdot \frac{60}{200} s \\ t &= 10,8s \end{aligned}$$

Nun können die Parameter der Formel (8.5) mit den erörterten Daten für das aufgestellte Szenario definiert werden.

$$\begin{aligned} f &= \begin{cases} 1 & \text{wenn } \exists x \in A : (x < t + pt) \wedge (x > t - pt) \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \\ (8.7) \quad f &= \begin{cases} 1 & \text{wenn } \exists x \in A : (x < 10,8s + 0,25 \cdot 10,8s) \wedge (x > 10,8s - 0,25 \cdot 10,8s) \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \\ f &= \begin{cases} 1 & \text{wenn } \exists x \in A : (x < 13,5s) \wedge (x > 8,1s) \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \end{aligned}$$

Würde ein Benutzer die Maus auf der Webseite in einem Zeitintervall von 8,1 und 13,5 Sekunden nicht bewegen, würde die Formel (8.5) aussagen, dass der Benutzer den Vorspann des Textes gelesen hatte.

8.1.3 Möglichkeiten der Formel

Die Formel kann für die Evaluation einer Webseite sehr hilfreich sein. Es ist möglich einzelne Textabschnitte zu untersuchen und zu überprüfen wie viele Webseitenbesucher sich für welche Themen interessieren. Es kann untersucht werden, welche Texte nicht gelesen werden oder welche Texte nur überflogen werden. Das Auswerten der Formel kann Clientseitig durch Javascript-Routinen implementiert werden und wird dadurch keinen zusätzlichen Traffic verursachen. Lediglich die resultierende Aussage, ob ein Besucher einen bestimmten Text gelesen hat oder nicht, muss über das Internet zum Server gesendet werden, um daraus Statistiken erstellen zu können.

8.1.4 Korrektheit der Formel und Eingrenzungen

Die Richtigkeit der Formel konnte nur exemplarisch bewiesen werden. Um die Formel beweisen zu können, müsste eine weitere Studie angesetzt werden, in welcher gezielt das

Leseverhalten der Benutzer analysiert wird. Die Aussage der Formel kann dabei durch viele Einflüsse verfälscht werden. Beispielsweise ist das Resultat der Formel auf relativ kurze Texte angewandt kritisch zu betrachten. In dem vorangegangenen Beispiel wurde ein Text mit 36 Wörtern betrachtet. Dabei wurde eine Zeitspanne zwischen 8,1 und 13,5 Sekunden für das Lesen des Textes berechnet. Für kürzere Texte würde diese Zeit noch geringer werden. Dabei wird es wahrscheinlich, dass der Webseitenbesucher die Maus, auch Aufgrund anderer Webseitenelemente, in dem errechneten Zeitintervall ruhen lässt. Die Formel würde dadurch die Handlung des Besucher missdeuten und prognostizieren den Textabschnitt gelesen zu haben. Dies würde die Statistiken verfälschen. Eine andere Fehlerquelle stellen weitere Textabschnitte dar, welche auf der gleichen Seite visualisiert werden. Bestehen die Textabschnitte aus ähnliche vielen Worten ist es nicht möglich mit der ermittelten Formel zwischen den Texten unterscheiden zu können und eine Aussage des Leseverhaltens treffen zu können. Auch würde ein Leser, welcher beide Abschnitte gemeinsam liest, durch die Formel nicht erkannt werden. Dies hätte ebenfalls falsche Resultate zur Folge.

Ein weiteres Problem stellen Texte dar, welche über den dargestellten Bereich des Browsers hinausragen. Die Leser müssten nach einem gewissen Lesefortschritt zur Maus greifen und weiter scrollen um den Artikel fertig lesen zu können. Dies müsste ebenfalls in eine allgemeingültige Formel mit einfließen. Problem dabei sind die unterschiedlichen Bildschirmauflösungen der Webseitenbesucher. War in der, für diese Arbeit angesetzten Studie, die Bildschirmauflösungen einheitlich gehalten, so sind in einem realen Umfeld unterschiedliche Auflösungen denkbar. Eine kleinere Bildschirmauflösung hätte ein kleineres Sichtfeld und somit einen kleineren angezeigten Textabschnitt im Browser zur Folge. Dies müsste ebenfalls berücksichtigt werden.

Einige dieser Probleme könnte durch das Untersuchen der Mauspositionen während des Lesens entgegengewirkt werden. Auffällig bei der Untersuchung dieser Hypothese war die Position der Maus beim Lesen der Texte. Sichtbar in der Abbildung 8.10. Neun von den zehn untersuchten Probanden positionierten die Maus direkt rechts neben dem Text. Mithilfe der Scroll- und Mausposition kann dabei die Formel optimiert werden. Um eine sinnvolle Aussage dieser Hypothese treffen zu können müssten dabei alle erdenklichen Textpositionen, Textgrößen sowie einspaltige und mehrspaltige Textabschnitte in einer weiteren Studie untersucht werden.

8.2 Hypothese 2: Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander

Eine weitere Hypothese besagt, dass die Blickpunkte und Mauspositionen während des Lesens eines Textes auf einer Webseite dicht beieinander sind, sofern der Benutzer die Maus während dem Lesen mitbewegt. Das bedeutet, die Maus wird während des Lesens ständig der aktuellen Textposition nachgezogen. Diese Hypothese stellt den Gegensatz zur ersten Hypothese () dar. Beim Analysieren der Daten wurde dieses Verhaltensmuster verstärkt beim Proband Nummer sechs beobachtet. Die Visualisierung der Daten dieses Probanden weisen dieses Muster in mehreren Szenarien auf. Abbildung 8.3 veranschaulicht dieses Verhalten.

8.2 Hypothese 2: Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander

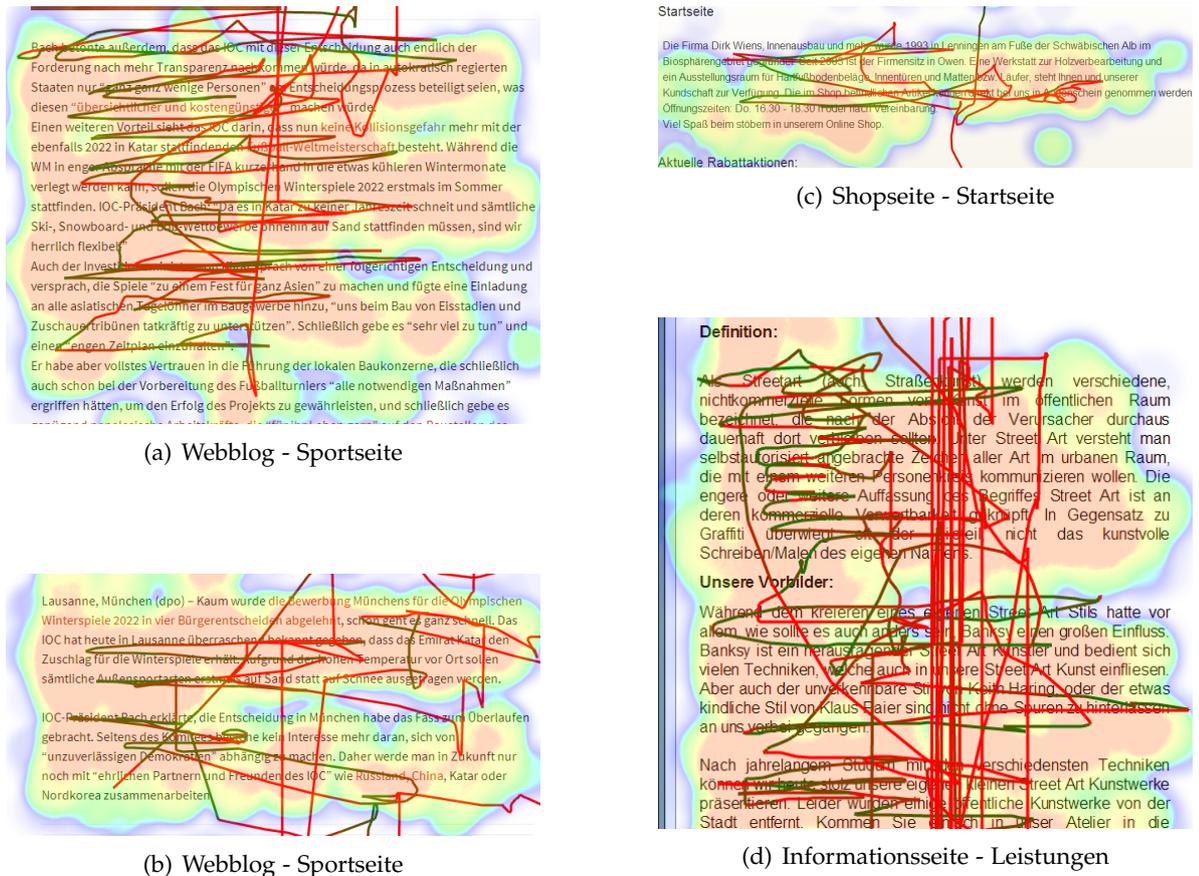


Abbildung 8.3: Visuell dargestellte Aufzeichnungen von Proband Nummer sechs während des Lesens von Textabschnitten. Die Heatmap visualisiert alle aufgezeichneten Augendaten. Der Scanpath repräsentiert die Mausbewegungen.

Die angezeigte Heatmap repräsentiert dabei die aufgezeichneten Blickpositionen, während die aufgezeichneten Mauspositionen durch den Scanpath repräsentiert wird. Die stärkste Ausprägung des Benutzerverhaltens kann dabei in der Teilgrafik *d* der Abbildung 8.3 entnommen werden. Hier wurde annähernd jeder gelesene Satz gleichzeitig mit der Maus überfahren. Wobei eine stärkere Korrelation der Maus- und Augenpositionen in vertikaler statt in horizontaler Richtung zu erkennen ist, da jeweils immer nur ein Teilbereich des Satzes mit der Maus überfahren wurde. Ein ähnliches Verhalten wurde bei keinem anderen der untersuchten Webseitenelemente entdeckt, sodass das Erkennen dieses Musters bei einer aufgezeichneten Mausbewegung mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das Lesen des Textes hinweist. Bei weiteren fünf Probanden wurde das Muster in abgeschwächter Form entdeckt. Hier wurde die Maus während des Lesens öfter nachgezogen und nicht einfach auf die Seite neben dem Artikel abgelegt. Generell kann aus den Daten folgende Schlussfolgerung gezogen werden: Wird die Maus auf einem Textabschnitt öfter bewegt, setzt sich die Person mit dem Text auseinander. Dies bedeutet der Text wird an den Stellen zumindest überflogen.

Ein Gegenbeispiel, dass eine Mausbewegung öfter über einem Textabschnitt aufgezeichnet wurde, der Proband sich jedoch nicht mit dem Text auseinandergesetzt hat, ist unter den Daten nicht zu finden. Höchstens wird der Textabschnitt mit der Maus durchquert, um ein anderes Element der Webseite zu erreichen.

8.2.1 Aufstellen einer allgemeingültigen Formel

Um dieses Verhaltensmuster durch die Eingabe der aufgezeichneten Mausdaten feststellen zu können, kann eine Formel verwendet werden, welche das beschriebene Verhalten aus den Mausdaten eines Probanden erkennt. Um die Formel anwenden zu können, müssen zunächst bestimmte Parameter gesetzt werden. Wir definieren hierzu zunächst die Eingabewerte des Probanden. Die aufgezeichneten Mausdaten bilden mit den absoluten Positionswerten der Maus im Browser und dem Zeitpunkt der aufgezeichneten Mausbewegung ein Tupel mit drei Elementen aus der Menge der Reellen Zahlen.

$$(8.8) \quad m_i = \begin{pmatrix} xPosition \\ yPosition \\ Zeitstempel \end{pmatrix}$$

Wir weichen im Folgenden von der allgemeinen mathematischen Indizes-Schreibweise eines Vektors ab, um ein besseres Verständnis der Parameter zu ermöglichen. Statt eines numerischen Indizes werden Namen verwendet (Siehe Gleichung 8.9).

$$(8.9) \quad \begin{aligned} m_i.x &:= m_{i_0} \\ m_i.y &:= m_{i_1} \\ m_i.d &:= m_{i_2} \end{aligned}$$

Gegeben seien nun die beiden Mengen $D = \{m | m \in \mathbb{R}^3\}$, $M = \{1, \dots, |D|\}$ und eine Konstante $v \in \mathbb{R}$. Außerdem wird die Größe und Position des zu untersuchenden Textabschnitts benötigt. Die Dimensionen des Textabschnitts werden in einem weiteren Tupel hinterlegt.

$$(8.10) \quad \begin{aligned} t.x &:= xPosition \\ t.y &:= yPosition \\ t.w &:= Breite \\ t.h &:= Hoehe \end{aligned}$$

Nun können wir folgende Formel (8.11) definieren. Der Vector \vec{r} gibt dabei an, wie lange sich ein Benutzer mit dem Text beschäftigt hat und welche Mausdaten dabei relevant waren. Um zum Verständnis der Formel beizutragen, wird im nächsten Abschnitt die Funktion der

Formel anhand eines einfachen Beispiels erläutert.

$$(8.11) \quad \vec{r} = \begin{cases} f(x_0, x_0) & \text{wenn } \exists x_0 : f(x_0, x_0)_2 \geq f(x, x)_2 \forall x \in M \\ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } f(x, i) = \begin{cases} \begin{pmatrix} 0 \\ |m_i.d - m_{i+1}.d| \\ 1 \end{pmatrix} + f(x, i+1) & \text{wenn } (a(i) = 1) \wedge (|m_i.d - m_{i+1}.d| < v) \\ \begin{pmatrix} x \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\text{mit } D_f = \{x \in \mathbb{R}, i \in \mathbb{N} \mid f(x, i) \in \mathbb{R}^3\}$$

$$\text{mit } a(i) = \begin{cases} 1 & \text{wenn } \begin{cases} (t.x < m_i.x) \wedge (t.y < m_i.y) \wedge \\ (t.w + t.x > m_i.x) \wedge (t.h + t.y > m_i.y) \end{cases} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

8.2.2 Ein Beispiel

Um zum Verständnis der Formel beizutragen wird folgendes einfaches Beispiel entworfen. Folgende fiktive Webseite wird dabei betrachtet. Die Abbildung 8.5 stellt den Inhalt der Webseite dar. Der zu untersuchende Textabschnitt ist dabei rot hervorgehoben. Für das

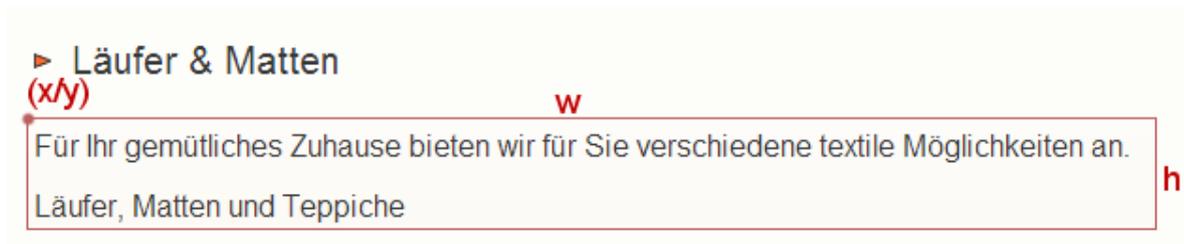


Abbildung 8.4: Fiktive, einfach strukturierte Beispielseite zum Erläutern der aufgestellten Formel (8.11). Der zu untersuchende Textbereich ist farbig hervorgehoben.

Berechnen der Formel werden die Ausmaße des annotierten Textabschnitts benötigt. Die

Werte werden zur Vereinfachung als Zahlen der Menge der Reellen Zahlen dargestellt. Auf Webseiten wird üblicherweise in Pixel gerechnet.

$$(8.12) \quad \begin{aligned} t.x &:= 35 \\ t.y &:= 75 \\ t.w &:= 600 \\ t.h &:= 60 \end{aligned}$$

Wir betrachten nun folgenden Pfad, welcher von einem Betrachter während dem Lesen des Texts verfolgt werden könnte. Die jeweiligen Mausdaten der Bewegungen werden dabei

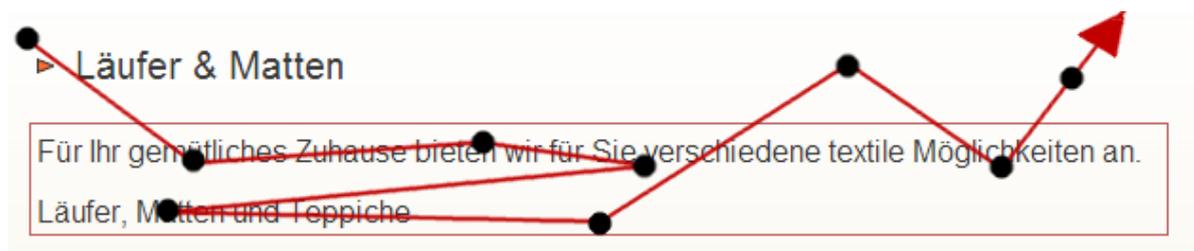


Abbildung 8.5: Fiktive Mausbewegungen eingezeichnet als Pfad. die schwarzen Punkte repräsentieren die einzelnen Messungen

zeitlich aufsteigend sortiert in folgender Tabelle (8.2) dargestellt: Diese Einträge bilden die

Aufzeichnung Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x-Position	10	97	250	336	85	311	442	523	560
y-Position	14	79	69	82	106	113	28	82	35
Zeitstempel (in ms)	1000	1500	2100	2800	3900	4900	5500	6000	6400

Tabelle 8.2: Fiktive Mausbewegungen für Hypothese zwei: „Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander“. Diese Mausbewegungen könnte ein Leser des Textes erzeugen.

Menge $D = \{m | m \in \mathbb{R}^3\}$ und die Menge der Indizes $M = \{1, \dots, |D|\}$. Nun fehlt noch die Belegung der Variable v . Dieser Wert stellt eine Toleranzgrenze dar. Wir belegen die Variable für dieses Beispiel mit dem Wert $v = 2000$. Auf die Funktion dieser Toleranzgrenze wird im Verlauf dieses Kapitels eingegangen. Nachdem alle benötigten Eingabewerte definiert wurden, kann mithilfe der Formel (8.11) nun errechnet werden, ob der Text vom Benutzer gelesen wurde. Da für das weitere Vorgehen die Werte der Funktion $a(i)$ für jedes Tupel der Menge D benötigt werden, wird zunächst für jedes Element dessen Funktionswert errechnet. Das Ergebnis ist in der Tabelle 8.3 dargestellt. Dieser Funktionswert steht in Relation zur jeweiligen Mausposition. Er sagt aus ob sich die Maus mit den aktuellen Positionswerten auf dem annotierten Textabschnitt befindet. Ein Funktionswert von eins bedeutet dabei, dass sich die Maus auf dem Textabschnitt befindet. Trivialer Weise besagt die null das Gegenteil. Für das weitere Vorgehen ist es ebenfalls hilfreich die Funktionswerte

8.2 Hypothese 2: Bewegt der Benutzer während des Lesens die Maus, sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander

Variable i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a(i)$	0	1	1	1	1	1	0	1	0

Tabelle 8.3: Ergebnis für die Formel $a(i)$ mit den jeweiligen Funktionswerten

der Funktion f zu berechnen. Als Parameter wird ein zweidimensionaler Vektor übergeben. Initial werden hier die jeweiligen Indizes für beide Dimensionen verwendet. Die Tabelle (8.4) stellt die Funktionswerte zu den jeweiligen Eingabeparametern dar. Welche Aussage

\vec{x}	$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 4 \\ 4 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 5 \\ 5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 6 \\ 6 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 7 \\ 7 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 8 \\ 8 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 9 \\ 9 \end{pmatrix}$
$f(\vec{x})$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 4000 \\ 5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3 \\ 3400 \\ 4 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 4 \\ 2700 \\ 3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 5 \\ 1600 \\ 2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 6 \\ 600 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 7 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 8 \\ 400 \\ 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 9 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Tabelle 8.4: Ergebnis für die Formel f aus 8.11 mit den jeweiligen Funktionswerten

kann man bereits aus diesen Funktionswerten lesen? Das resultierende Tupel besteht aus drei verschiedenen Zahlen. Die erste Zahl des Tupels gibt dabei den aktuellen Index wieder. Der zweite Wert beschreibt das Zeitintervall, gemessen vom aktuellen Eintrag bis zum Zeitpunkt des Austritts der Maus aus dem annotierten Bereich. Befindet sich die Maus nicht im definierten Textabschnitt gibt die Funktion als Zeitintervall den Wert Null zurück. Der letzte Wert des Tupels gibt die Anzahl der noch folgenden aufgezeichneten Mausbewegungen zurück, welche bis zum Austritt aus dem definierten Bereich noch aufgezeichnet wurden.

Mit Hilfe der errechneten Werten lässt sich nun der Wert des Vektors \vec{r} bestimmen. Zunächst muss für die Berechnung des Vektors ein x_0 gefunden werden, für welches der zweite Wert des Funktionswertes von f den globalen Extremwert bildet. Für x_0 errechnet sich der Wert 2 da folgende Bedingung wahr ist:

$$(8.13) \quad f\left(\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}\right)_2 \geq f\left(\begin{pmatrix} x \\ x \end{pmatrix}\right)_2 \forall x \in M$$

Somit ergibt sich ein resultierender Vektor \vec{r} mit dem Ergebnis: $\begin{pmatrix} 2 \\ 4000 \\ 5 \end{pmatrix}$. Dieser Vektor sagt

aus, dass das beschriebene Verhaltensmuster bei den Eingabedaten entdeckt wurde. Der Proband hat sich 4000ms (4 Sekunden) lang mit dem dargestellten Text beschäftigt.

8.2.3 Der „Mausbewegungsquotient“

Um die Formel nach einigen Iterationen optimieren zu können, wurde neben dem aktuellen Index und der Aufenthaltsdauer im definierten Bereich ein weiterer Wert dem Vektors \vec{r} hinzugefügt. Der dritte Wert des Tupels sagt aus, wie viele Mausbewegungen noch folgen werden, ehe der Benutzer den annotierten Bereich mit der Maus verlässt. Mithilfe der Anzahl an noch folgenden Mausbewegungen lässt sich ein Quotient errechnen, mit welchem sich das Verhältnis der erfassten Mausbewegungen zur Aufenthaltsdauer der Maus im definierten Textabschnitt errechnen lässt. Der Quotient errechnet mithilfe des zweiten und dritten Indizes des Vektors \vec{r} durch folgende Formel:

$$(8.14) \quad q(x) = \vec{r}_2 / \vec{r}_3$$

Der Wert sagt somit aus, in welchem durchschnittlichen Zeitintervall, eine Mausbewegung getätigt wird. Mithilfe dieses Wertes lässt sich die Toleranzgrenze der Formel optimieren. Die Formel bricht das Summieren der einzelnen Zeitabstände ab, sobald das Zeitintervall zwischen zwei Messungen der Mausbewegung größer wird, als das durch die Variable v bestimmte Zeitintervall. Durch das Erfassen der Daten von vielen Webseitenbesucher über eine größere Zeitspanne lässt sich ein durchschnittlicher „Mausbewegungsquotient“ bestimmen, mit dessen Hilfe sich eine individuelle Toleranzgrenze ermitteln lässt.

8.2.4 Möglichkeiten der Formel

Eine Möglichkeit das Lesen des Textes durch eine Mausbewegung zu identifizieren, ist mithilfe einer semantischen Annotation des Textabschnitts möglich. Durch diese Annotation könnte ein Skript die Ausmaße und den Inhalt des Textbausteins ermitteln und abspeichern. Befindet sich die Maus nun über dem Textelement und wird in regelmäßigen Abschnitten bewegt, so kann mithilfe der Formel (8.11) das Lesen des Textes erkannt werden. Wird die Maus aus dem Textbereich gezogen, wurde das Lesen des Textes beendet und der Besucher widmet sich anderen Elementen der Webseiten. Eine Erweiterung der Formel durch das Erfassen der vertikalen Position des Mauszeigers vor Austritt des annotierten Bereichs ist vorstellbar. Dadurch könnte festgestellt werden, ob die Leser den Text vorzeitig verlassen.

8.2.5 Korrektheit der Formel und Eingrenzungen

Da das beschriebene Verhaltensmuster nur bei einem Proband stark zu erkennen war, ist über die Häufigkeit des Auftretens dieses Musters nur zu spekulieren. Auch die möglichen Problematiken des beschriebenen Ansatzes konnten hier nicht weiter ermittelt werden. Um die Formel auf ihre Aussagekraft hin zu untersuchen, müsste eine weit größere Anzahl an Probanden eingeladen und eine weitere Studie aufgesetzt werden. Denkbar ist jedoch der Einsatz der hier ermittelten Formel in Verbindung mit den ermittelten Ansätze aus der ersten Hypothese. Dadurch könnte eine höhere Genauigkeit und damit eine bessere Aussage erzielt werden.

8.3 Hypothese 3: Durch das Scroll-Verhalten lässt sich auf die Lese-Intensität des Besuchers zurückschließen

Um diese Hypothese zu beweisen, wurde zunächst ein Szenario betrachtet, welches einen großen Artikel aufweist. Auf 9135 px Länge wird dem Probanden die Startseite des Weblogs präsentiert. Die Aufgabe, welche den Probanden gestellt wurde lautet: „Wechseln Sie in die Kategorie „Sport““. Um die Aufgabe zu lösen sind mehrere Lösungswege vorhanden.

Der Proband konnte ein Suchfeld für die Eingabe der Kategorie nutzen. Das Suchfeld ist sofort sichtbar unter dem Header-Bereich der Webseite. Das Menü der Webseite befindet sich am Ende der Seite über dem Footer-Element. Um dies zu erreichen muss die Seite bis zum Footer-Bereich gescrollt werden. Überfliegt ein Proband den Seiteninhalt während dem Scrollen, ist es möglich einen Link zu entdecken, welcher ebenfalls zur Kategorie Sport verweist. Dieser Link ist unter der Überschrift eines Artikels sichtbar. Die Abbildung 8.6 stellt einen Seitenausschnitt der Webseite mit dem beschriebenen Link dar. Der Link wurde in dieser Grafik optisch hervorgehoben. Um diesen Link als Lösungsweg zu entdecken, muss zumindest die grobe Seitenstruktur während dem Scrollen analysiert werden. Die Hypothese dazu lautet: Probanden, die langsam scrollen erfassen den Aufbau der Seite. Schnelles Scrollen weist auf ein gezieltes Suchverhalten nach einem bestimmten Element hin. Seitenstrukturen werden dabei vernachlässigt. Um dies zu bestätigen, wurden die Scroll- und Click-Daten der Probanden in diesem Szenario genauer betrachtet.

Olympische Winterspiele 2022 gehen nach Katar

November 20, 2013 Sport

Lausanne, München (dpo) – Kaum wurde die Bewerbung Münchens für die Olympischen Winterspiele 2022 in vier Bürgerentscheiden abgelehnt, schon geht es ganz schnell. Das IOC hat heute in Lausanne überraschend bekannt gegeben, dass das Emirat Katar den Zuschlag für die Winterspiele erhält. Außerhalb der hohen Temperatur vor Ort sollen

Abbildung 8.6: Der eingezeichnete Link repräsentiert einen möglichen Lösungsweg die gestellte Aufgabe zu lösen

Folgende Tabelle (8.5) listet das Verhalten der Probanden auf, welche auf der Seite die Scrollfunktion der Maus oder des Browsers verwendet haben. Es werden folgende Daten aufgelistet: Die Anzahl der aufgezeichneten Scroll-Events der aktuellen Seite, die insgesamt zurückgelegte Strecke durch die Scrollfunktion, die verstrichene Zeit zwischen der ersten und letzten registrierten Scroll-Aktivität, den gegangenen Lösungsweg und die durchschnittliche Scrollgeschwindigkeit. Dabei errechnet sich die Scrollgeschwindigkeit mithilfe der Scrollzeit und dem zurückgelegten Weg.

Aus den Daten kann man folgende Auffälligkeiten beobachten. Probanden, welche den Lösungsweg über den Link am Ende der Seite eingeschlagen hatten, haben tendenziell schneller gescrollt als Probanden, welche den Weg über den Link gegangen sind. Dies ist anhand der durchschnittlichen Scrollgeschwindigkeit festzustellen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Probanden, welche schnell gescrollt haben, den Aufbau der Seite nicht beachtet hatten und den Link somit übersahen. Probanden welche sich intensiver mit dem Aufbau der Seite beschäftigten, erkannten zum Teil die unterschiedlichen Lösungswege.

-	Einträge	Scroll-Dist.	Scrollzeit	Erk. Lösungswege	Scrollgeschw.
Proband 2	56	7165px	2.61	Footer	2741.01 px/s
Proband 6	78	7528px	5.91	Footer	1273.34 px/s
Proband 8	94	7523px	9.85	Footer	763.76 px/s
Proband 21	29	7803px	9.75	Footer	800.31 px/s
Proband 20	58	8891px	13.68	Footer	649.88 px/s
Proband 3	109	8393px	17.72	Footer	485.20 px/s
Proband 18	59	7700px	11.4	Link	675.20 px/s
Proband 7	325	22030px	40.26	Footer und Link	547.23 px/s
Proband 10	172	10200px	21.50	Link	474.33 px/s
Proband 16	36	3900px	13.17	Link	296.22 px/s
Proband 15	49	5600px	22.5	Link	248.91 px/s
Proband 5	180	5577px	134.5	Link, Footer, Suchfeld	41.46 px/s

Tabelle 8.5: Scrolldaten der Probanden auf der Wordpress Startseite. Aufsteigend nach Erkannter Lösungsweg und Scrollgeschwindigkeit sortiert.

8.3.1 Mögliche analytischen Ansätze

Mit dieser Erkenntnis könnten durch weitere Studien Mittelwerte für bestimmte Verhaltensmuster gewonnen werden. Denkbar ist das Ermitteln einer durchschnittlichen Scrollgeschwindigkeit für das Suchen eines Seitenelements, Suchen eines bestimmten Schlüsselworts im Text, Überfliegen des Textes, Lesen des Textes und dem intensiven Auseinandersetzen mit dem Inhalt des Textes. Voraussichtlich ließen sich Mittelwerte bestimmen, mit welchen man einen Besucher einer Webseite grob klassifizieren kann. Im Gegensatz zu den erarbeiteten Ansätzen der Hypothesen 1 und 2, wäre der Einsatz des hier erarbeiteten analytischen Ansatzes auch für Webseiten, dargestellt auf einem Smartphone, denkbar. Während Smartphones mit Fingergestiken gesteuert werden und eine Maus dabei hinfällig wird, werden Scroll-Gestiken umso häufiger verwendet, da der dargestellte Bereich eines Smartphones einen kleineren Abschnitt der Webseite visuell darstellen kann, als ein Browser auf einem herkömmlichen Computer.

8.3.2 Korrektheit des Ansatzes und Eingrenzungen

Wie detailliert die Abgrenzung der einzelnen Verhaltensmuster im praktischen Einsatz funktioniert, ist mit den hier gewonnenen Erkenntnissen nicht zu sagen. Die Vermutung, zwischen anderen Verhaltensmustern eine größere Distanz der durchschnittlichen Scrollgeschwindigkeiten als in dem hier skizzierten Beispiel zu ermitteln, lässt jedoch hoffen. Beispielsweise wird die Scroll-Funktion während dem intensiven Lesen eines Abschnittes voraussichtlich in deutlich längeren Zeitabschnitten nicht verwendet, als bei dem Überfliegen

8.4 Hypothese 4: Beim Verwenden von Eingabefeldern, Buttons, Menüelementen und Hyperlinks sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander

eines Abschnitts. Außerdem liegt die Vermutung nahe, dass die Scroll-Distanzen beim intensiven Lesen viel kürzer und einheitlicher sind, als die Distanzen beim Überfliegen des Textes. Als eine Einschränkung ist noch zu erwähnen, dass der zu untersuchende Abschnitt über den dargestellten Bildschirmrand hinausragen muss, da sonst nicht gescrollt wird. Außerdem sind auch hier die unterschiedlichen Bildschirmauflösungen zu berücksichtigen.

8.4 Hypothese 4: Beim Verwenden von Eingabefeldern, Buttons, Menüelementen und Hyperlinks sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander

Eine weitere Hypothese beschreibt das Verhalten der Maus bei der Verwendung von Formularelemente, Buttons und Hyperlinks. Die Vermutung, dass, speziell bei diesen Elementen, die Position der Maus auf dem Bildschirm stark mit der des Auges korreliert, lies sich in vielen Beispielen bestätigen. Dies ist nicht sonderlich verwunderlich, da die Maus benötigt wird um den Fokus auf das jeweilige Eingabefeld zu setzten, einen Hyperlink zu verwenden oder die Funktion eines Buttons zu aktivieren. Um diese Korrelation zu finden wurde eine Heatmap mit einem Filter verwendet, welche nur Punkte der Augenpositionen darstellt, deren Abstand zur korrelierenden Mausposition unter 50 Pixel liegt.

8.4.1 Buttons

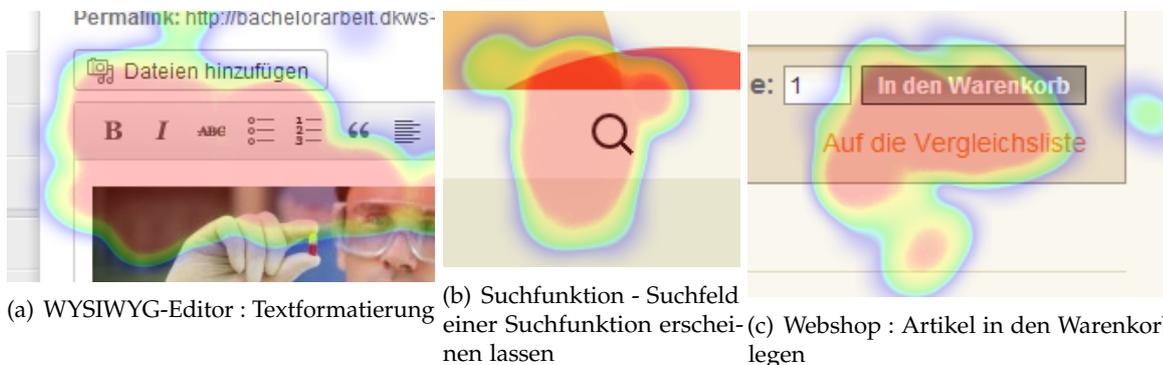


Abbildung 8.7: Verschiedene Buttons der Webseiten und ihre Funktionalität. Als Daten der Heatmap wurden nur Blickpunkte aufgenommen, welche einen Abstand zur Mausposition von unter 50 Pixeln hatten.

Abbildung 8.7 veranschaulicht die starke Korrelation der Augenpositionen mit den Mauspositionen bei Button-Elementen. Die Grafik (a) stellt einen Ausschnitt eines WYSIWYG-Editors dar. Der Editor kommt im Webblog zum Einsatz und dient dem Editieren und Erstellen von Artikeln auf der Webseite. Die Benutzer hatten die Aufgabe einen Textabschnitt fettgedruckt zu formatieren. Außerdem musste eine Liste erstellt werden. Beide Funktionen sind in der

Toolbar des Editors, welche auch auf dem Ausschnitt der Grafik sichtbar ist, zu finden. Neben anderen Buttons im Webblog ist eine hohe Übereinstimmung der Daten auch um den Button zum Aktivieren der Suchfunktion ersichtlich (c). Der Button wird verwendet um ein Eingabefeld für eine Volltextsuche sichtbar zu machen. Auf der Seite des Webshops sind ebenfalls hohe Korrelationen bei diversen Button-Elementen zu finden. Beispielsweise erzeugt die Visualisierung um den Button, der für das Ablegen eines Artikels im Warenkorb zuständig ist (b), ebenfalls eine aussagekräftige Heatmap.

Die hier aufgelisteten Elemente beinhalten alle wesentlichen Eigenschaften eines Buttons, unterscheiden sich jedoch in Form, Funktion und Umgebung stark voneinander. So bildet der abgebildete Button in (c) ein wichtiges Seitenelement. Der Button besticht, im Gegensatz zu den Buttons der Toolbar (a), in Textdicke und Größe. Außerdem wird dessen Funktion durch Text und nicht durch Symbole beschrieben. Trotz der unterschiedlichen Funktionen, Formen und Farben, verfahren die Probanden mit allen Button-Elementen gleich, sodass anhand der Maus- oder Augenbewegungen keine Differenzierung der einzelnen Buttons möglich ist. Eine Ausnahme gilt jedoch für Buttons, welche eine Suchanfrage bestätigen. Dazu später mehr.

8.4.2 Menü und Hyperlinks

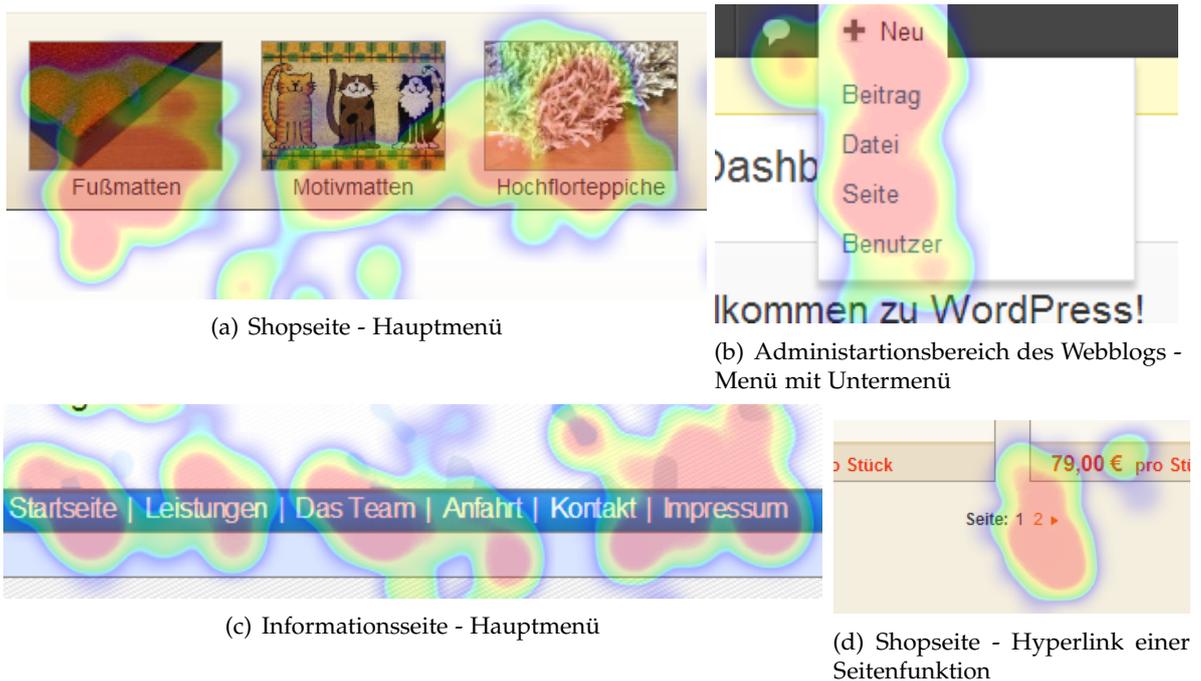


Abbildung 8.8: Menüstrukturen und Hyperlinks der einzelnen Webseiten. Die Korrelation der Augen- und Mausbewegungen wurden mit einer Heatmap verdeutlicht.

Als weitere Elemente wurden Hyperlinks und Menüstrukturen untersucht. Abbildung (8.8) stellt einzelne Ausschnitte der Webseiten, mit unterschiedlichen Designansätze dar. Die hohe

8.4 Hypothese 4: Beim Verwenden von Eingabefeldern, Buttons, Menüelementen und Hyperlinks sind Blickpunkt und Maus nahe beieinander

Korrelation zwischen den Augen und Mauspositionen ist auch hier schön zu erkennen. Die Grafik (a) stellt dabei ein Menü mit nur einer Ebene dar. Dies bedeutet, ein Element des Menüs verweist direkt auf eine Unterseite der Webseite. Im Gegensatz hierzu besteht das Menü im Administrationsbereich des Weblogs (b) aus zwei Ebenen. Durch das Überfahren des Menüeintrags (hier: „Neu“) erscheint ein Untermenü mit weiteren Einträgen. Das einzelne Selektieren der Untermenüpunkte mit der Maus ist sehr gut zu erkennen. Das Menü der Informativen-Webseite ist in der Grafik (c) zu erkennen. Die einzelnen Menüpunkte werden dabei nicht grafisch unterstützt. Unterschiedliche Formen und Größen der einzelnen Menüs scheinen dabei ebenfalls das Benutzerverhalten nicht zu beeinflussen. Die Korrelationen erscheinen bei den Menüs jeweils ähnlich ausgeprägt. Einzelne Hyperlinks, wie in der Grafik (d) zu betrachten, scheinen ebenfalls dieses Verhaltensmuster aufzuweisen.

8.4.3 Formulare

Ein wichtiges Element auf Webseiten sind Formulare. Sie bilden grundlegend die Möglichkeit der Benutzerinteraktion. Abbildung 8.9 bildet einzelne Formularelemente ab. Die Grafiken (a), (b) und (c) stellen unterschiedliche Formen des Formularelements Radio-Button dar. Radiobuttons bieten die Möglichkeit der Selektion genau eines Elements aus einer vorgegebenen Menge an Elementen. Die einzelnen Auswahlmöglichkeiten wurden dabei entweder textuell oder grafisch modelliert. Ein typisches Design eines Radio-Buttons wird in Grafik (c) abgebildet. Bei jeder Variation dieser Radio-Buttons ist eine starke Korrelation zwischen Augen- und Mausbewegungen zu erkennen. Auffallend in Grafik (a) und (b) ist dabei, dass die Korrelation nur bei dem Element verstärkt vorhanden ist, für welches sich in der jeweiligen Aufgabe entschieden wurde. Grafik (d) stellt ein komplexeres Formular dar. Das Formular dient dem Anlegen eines neuen Benutzers im Weblog. Die einzelnen Eingabefelder weisen ebenfalls eine starke Korrelation auf. Zu erwähnen sei, dass die Maus sich verstärkt in der linken Hälfte der Eingabefelder befand. Eingegebener Text wird in diesem Beispiel ebenfalls linksbündig ausgerichtet. Ein einfaches, aber oft verwendetes, Eingabefeld stellen Suchfelder dar. Suchfelder, wie in Grafik (e) dargestellt, weisen die gleiche Verhaltensmuster wie Eingabefelder in komplexeren Formularen auf. Zu Erkennen ist jedoch eine Besonderheit. Der Button zum Aktivieren der Suchfunktion wurde von den Probanden nicht verwendet. Die Probanden aktivierten das Suchen durch die Verwendung der Enter-Taste der Tastatur nach dem Eingeben des Suchwortes. Die letzte Grafik in Abbildung (f) stellt eine Checkbox dar. Hier sind die Korrelationen ähnlich stark ausgeprägt wie bei den Radio-Buttons. Generell lässt sich auch hier feststellen, dass Form, Farbe und Größe der einzelnen Elemente, das Verhalten des Benutzers nur wenig beeinträchtigen.

8.4.4 Mögliche analytischen Ansätze

Die Möglichkeiten eines sinnvollen analytischen Ansatzes mithilfe der hier beschriebenen Auffälligkeiten durch das Aufzeichnen von Mausbewegungen sind sehr gering. Benutzerinteraktionen mit Eingabefeldern können durch das Aufzeichnen der Tastendrucke des Webseitenbesuchers sinnvoller analysiert werden. Das Aktivieren eines Menüeintrags, Hyperlinks oder

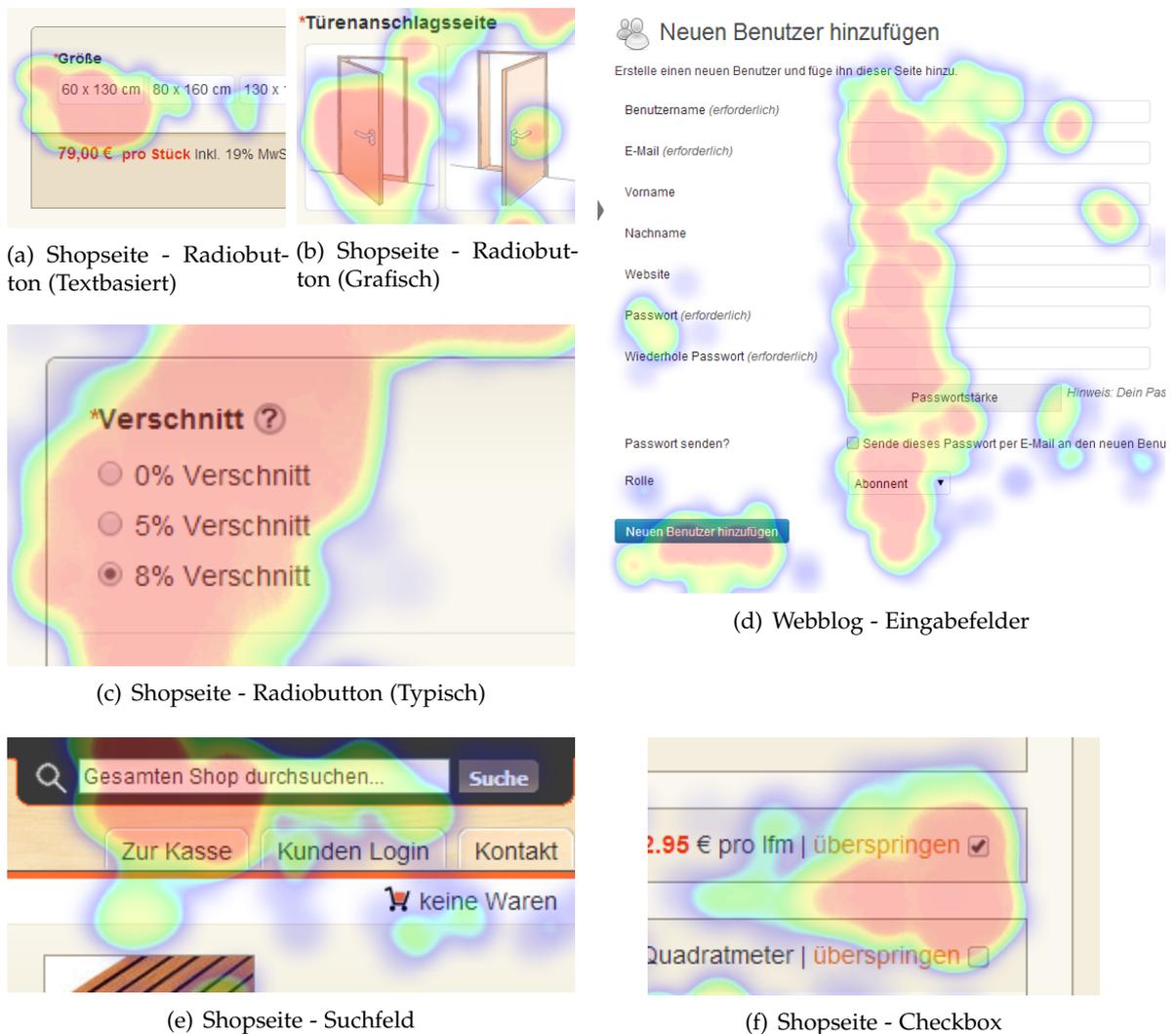


Abbildung 8.9: Unterschiedliche Formulare mit unterschiedlichen Eingabe Elemente.

Buttons und das Selektieren von Check- oder Radio-Buttons kann durch Javascript-Routinen überwacht werden. Eine Analyse der Mausbewegungen ist dabei hilfreich.

8.4.5 Korrektheit des Ansatzes und Eingrenzungen

Die aufgezeichneten Daten weisen auf eine hohe Wahrscheinlichkeit der Korrektheit der Hypothese hin. Die Mausposition bei Verwendung der hier behandelten Elemente war bei annähernd jedem Probanden stets in direkter Nähe der Eingabefelder. Bei einzelnen Elementen gab es kleine Abweichungen. So kann bei Formularen mit mehreren Eingabefeldern mit der Taste „Tab“ zum nächsten Feld gesprungen werden. Dadurch wird nicht jedes der Eingabefelder gleichzeitig mit der Maus überfahren. Buttons, die neben dem Angeklickten

8.5 Hypothese 5: Wird während des Lesens eine Grafik betrachtet, wird auch die Maus auf die Grafik gezogen

auch durch das Betätigen der Taste „Enter“ Aktiviert werden können, weisen ebenfalls diese Abweichung auf.

8.5 Hypothese 5: Wird während des Lesens eine Grafik betrachtet, wird auch die Maus auf die Grafik gezogen

Um diese Hypothese zu beweisen wurden die aufgezeichneten Maus- und Augenpositionen bei Artikeln mit Text und Bildern auf den Webseiten untersucht. Folgende Abbildung stellt einen Artikel der Informations-Webseite dar. Bei diesem Artikel fällt auf, dass das Bild,

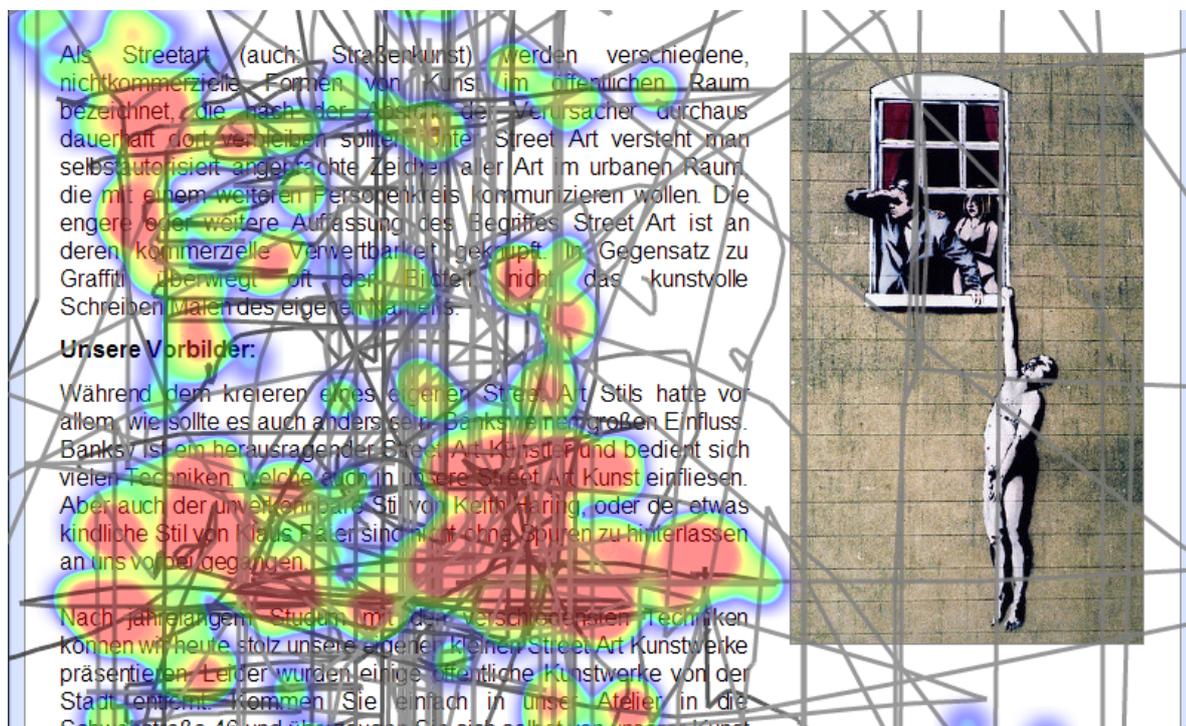


Abbildung 8.10: Artikel mit Bildern auf der Informationsseite. Der Scanpath wurde in Grau dargestellt und der Kontrast der Heatmap verstärkt. Auffällig ist, dass das Bild mit der Maus nicht beachtet wurde

welches neben dem Text abgebildet wird, mit der Maus nicht beachtet wird. Anhand der Heatmap kann auf einen hohen Grad der Korrelationen der Maus- und Augenpositionen nur auf dem Text selbst, nicht jedoch auf der Grafik festgestellt werden. Auch die Scanpaths beweisen dies. Anhand der, hier in Grau dargestellten Mauspfade ist festzustellen, dass die Grafik höchstens schnell überfahren wurde, um ein anderes Element der Webseite zu erreichen.

Dieses Verhalten der Probanden ist auch auf anderen Webseiten zu entdecken. Grafiken, die zum Text gehören, wurden nur in Einzelfällen mit der Maus überfahren, sodass diese Hypothese nicht bestätigt werden konnte.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Kapitel fasst die erarbeiteten Erkenntnisse und Konzepte der Bachelorarbeit zusammen. Außerdem wird ein Ausblick der gewonnenen Ergebnisse gegeben und skizziert, welche Einsatzmöglichkeiten die erarbeiteten Konzepte offenbaren.

9.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden mehrere Konzepte entwickelt, um anhand von Interaktionen der Maus eines Webseitenbesuchers, auf dessen Augenbewegungen Rückschlüsse ziehen zu können. Diese Konzepte wurden mithilfe einer Benutzerstudie untersucht und evaluiert.

Für die Entwicklung der Modelle wurden zunächst existierende Arbeiten im Bereich der Usability-Test bei Webseiten untersucht. Einige der Arbeiten berücksichtigen ebenfalls Maus- und Augenbewegungen bei der Analyse von Webseitenstrukturen und Benutzerverhalten und versuchen daraus Konzepte abzuleiten. Die Grundideen und Ansätze flossen in die Entstehung der einzelnen Hypothesen und Konzepte mit ein.

Um einzelne Hypothesen aufstellen zu können, wurde zunächst das Internet auf wiederkehrende Strukturen und oft verwendete Elemente hin analysiert und katalogisiert. Dabei konnten vier verschiedene Kategorien an Webseiten ausgemacht werden. Diese Erkenntnisse flossen in die Entwicklung der Hypothesen maßgeblich mit ein.

Nachdem einige Hypothesen aufgestellt und beschrieben wurden, konnten passende Webseiten und Szenarien erdacht und skizziert werden, welche das Grundgerüst einer Benutzerstudie bildeten. Neben einem passenden Stimuli für die Studie musste ein Konzept entwickelt werden, um die Benutzerdaten in einer Studie aufzeichnen zu können. Hierfür wurde ein Skript implementiert, welches, auf Webseiten eingebunden, die Bewegungen und Interaktionen der Maus und der Tastatur erfasst und an einen Server weiterleitet. Diese Daten dienten später zu Analyse des Benutzerverhaltens.

Nachdem die einzelnen Teilprobleme der Benutzerstudie gelöst waren, konnte mir der eigentlichen Studie begonnen werden. Hierfür wurden 20 Probanden eingeladen, welche in jeweils ca. 45 Minuten verschiedene Aufgaben lösten, wobei ihre Augen und Mausdaten aufgezeichnet und abgesichert wurden.

Diese Benutzerdaten wurden in Bezug auf die aufgestellten Hypothesen analysiert. Dabei wurden verschiedene Visual-Analytics-Ansätze verwendet. Durch die Analyse der Daten entstanden verschiedene Modelle, mit welchen sich bestimmte Aussagen bezüglich des Verhaltens von Besuchern einer Webseite treffen lassen.

9.2 Ausblick

Im folgenden Abschnitt werden mögliche Einsätze der aufgestellten Modelle beschrieben. Es wird ein Ausblick über Verbesserungen des Analysekonzepts und Erweiterungen der Implementierung geschildert.

Erweiterung der Analyse Die Konzepte der Arbeit beruhen auf die Beobachtung von auffälligen Verhaltensmustern zwischen Maus und Augendaten. Außer diesen Daten wurden sonst nur Tastendrücke der Benutzer registriert. Ein besseres Modell ließe sich eventuell durch die Aufzeichnung und Berücksichtigen aller Daten der Peripheriegeräte des Endgeräts ermitteln. Dabei könnten Ausstattung des Computers, Audiosignale von Mikrofonen, Videoaufzeichnungen von Webcams oder verwendete Software in die Auswertung mit einfließen. Durch die steigende Zahl an Webseitenbesuchern, welche den Aufruf der Webseiten über ein Smartphone tätigen, ließe sich das Konzept erweitern. Hier ist eine Analyse des Standorts, Ausrichtung des Geräts, Geschwindigkeit der Internetverbindung oder Eingabemethode denkbar.

Eine vielversprechende Möglichkeit, viele Daten der Webseitenbesucher auswerten zu können, erschließt sich bei der Integration von sozialen Netzwerken. So könnten persönliche Daten wie Alter, Geschlecht, Beziehungsstatus oder Beruf in die Analyse mit einfließen.

Sind einige der oben beschriebenen Verbesserungsansätze rechtlich kritisch zu betrachten, ließe sich zumindest durch das Ermitteln der Daten des Browsers ein Mehrgewinn an Information erzielen. Hier könnten die Bildschirmauflösung des Endgeräts, deaktivierte Javascript Einstellungen, Flash- und Plugin-Installationen oder Browserversionen auf bestimmte Benutzerverhalten hinweisen.

Möglichkeiten der aufgestellten Modelle Die konzipierten Modelle bieten viele Möglichkeiten das Benutzerverhalten auf Webseiten zu untersuchen. Die erarbeiteten Konzepte zum Analysieren des Leseverhaltens von Webseitenbesuchern ließen sich ohne großen Aufwand implementieren und auf Webseiten einbinden. Die Analyse der Mausbewegungen könnte auf Seite des Klienten geschehen, sodass nur sehr wenige Daten vom Klienten zum Server übertragen werden müssen. Durch diese Modelle ließen sich Aussagen über die Qualität von Webseiten aufstellen. Es könnte analysiert werden, mit welchen Artikeln sich die Webseitenbesuchern intensiv beschäftigen, und welche Artikel kaum gelesen werden.

Aber auch der Aufbau der Webseite könnte analysiert werden. Die gesammelten Daten ließen auf einen hohen Grad der Korrelation bei Eingabefelder und Formularelementen schließen. Hier könnten weitere Modelle angesetzt und erarbeitet werden, welche den Aufbau der Formulare in Bezug auf das Verhalten der Benutzer analysieren.

Literaturverzeichnis

- [AWS06] R. Atterer, M. Wnuk, A. Schmidt. User Activity Tracking for Website Usability Evaluation and Implicit Interaction. In *Knowing the User's Every Move*. ACM, 2006. (Zitiert auf Seite 12)
- [Bla12] T. Blascheck. *Eyetracking basiertes Analysekonzept zur Evaluation von Visualisierungen*. Diplomarbeit, Institute of Visualisation and interactive Systems, University of Stuttgart, 2012.
- [CAS01] M.-C. Chen, J. R. Anderson, M.-H. Sohn. Correlation of eye/mouse movements on web browsing. In *What can a mouse cursor tell us more?* CHI, 2001. (Zitiert auf Seite 17)
- [CG07] E. Cutrell, Z. Guan. What are you looking for? An eye-tracking study of information usage in Web search. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI, 2007. (Zitiert auf den Seiten 7 und 15)
- [Coo06] L. Cooke. Is the Mouse a "Poor Man's Eye Tracker"? In *Usability and Information Design*. STC, 2006. (Zitiert auf Seite 17)
- [Doe13] R. Doe. Top Sites in Germany, 2013. URL <http://www.alexa.com/topsites/countries/DE>. (Zitiert auf Seite 24)
- [EW07] C. Ehmke, S. Wilson. Identifying Web Usability Problems from Eye-Tracking Data. In *BCS-HCI '07 Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers*. HCI, 2007. (Zitiert auf Seite 16)
- [Her14] D. Hertl. *Visual Analytics zur Auswertung von Eyetracking und Mousemovement Daten*. Bachelorarbeit, Institute of Visualisation and interactive Systems, University of Stuttgart, 2014. (Zitiert auf Seite 22)
- [HPW11] D. Hauger, A. Paramythis, S. Weibelzahl. Springer-Verlag GmbH, 2011. (Zitiert auf den Seiten 18 und 20)
- [Nor14] Norddeutscher Rundfunk. Prokon droht die Insolvenz, 2014. URL <http://www.tagesschau.de/>. (Zitiert auf den Seiten 8 und 48)
- [Rit13] J. Ritter. Top Sites in Germany, 2013. URL <http://www.ritterspeedreading.de/speedreading-online-test.htm>. (Zitiert auf Seite 47)
- [STR13] STRATO AG. Virtuelle Server - Strato, 2013. URL <http://www.strato.de/server/>. (Zitiert auf Seite 37)

[Tob13] Tobii Technology AB. Tobii T60XL Eyetracker, 2013. URL <http://www.tobii.com/de/eye-tracking-research/germany/produkte/hardware/tobii-t60-xl-eyetracker/>. (Zitiert auf Seite 38)

[WHH12] B. Wassermann, A. Hardtk, A. Hardt. Using the Eye Tracker as Input Device. In *Generic Gaze Interaction Events for Web Browsers*. www2012, 2012. (Zitiert auf Seite 13)

Alle URLs wurden zuletzt am 17.01.2014 geprüft.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift