



FAKULTÄT FÜR **INFORMATIK**

# Untersuchung des Benutzer- Verhaltens beim E-Learning: Eine Eye Tracking Studie des Systems Moodle

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieur**

im Rahmen des Studiums

**Medieninformatik**

eingereicht von

**Gergely Rákóczi Bakk. techn.**

Matrikelnummer 0225067

an der

Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung:

Betreuerin: Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl

Wien, 23.03.2009

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Verfasser)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Betreuerin)

## **Erklärung zur Verfassung der Arbeit**

Gergely Rákóczi Bakk. techn.

A-2620 Neunkirchen, Urbangasse 31 4/1/7

„Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.“

Wien, 23.03.2009

---

(Unterschrift Verfasser)

## Kurzfassung

Der Themenschwerpunkt dieser Diplomarbeit ist die Untersuchung des Benutzer-Verhaltens beim computerunterstützten Lernen. Die im Rahmen der Arbeit durchgeführte Studie basiert auf dem weit verbreiteten konstruktivistischen E-Learning-System Moodle, welches Lernende dazu bewegt aus dem situativen Kontext durch aktive Konstruktion Wissen zu erwerben. Die Möglichkeit des Lerners frei die Reihenfolge der Lehrinhalte auszuwählen, ermöglicht neue didaktische Perspektiven sowie methodische Lernprozesse, welche im Fokus dieser Untersuchung stehen. Die Erforschung erfolgt mittels der wissenschaftlichen Methode der Blickregistrierung (Eye Tracking<sup>1</sup>) mit deren Hilfe Augenbewegungen sowie Navigationsstrategien der Benutzer erfasst werden, um in weiterer Folge Aussagen in Hinblick auf zentrale Fragestellungen treffen zu können.

Inhaltliche Schwerpunkte dieser Arbeit sind die Untersuchung der Aufmerksamkeitssteuerung, die Bestimmung der Reihenfolge visuell erfasster Elemente, die Auswirkung unterschiedlicher Medientypen auf den Lernprozess, der Einfluss von Komplexität, Involvement, hedonischer / pragmatischer Qualität bzw. internalen / externalen Lernfaktoren, sowie die Wirkung ausgewählter Wahrnehmungsgesetze auf das Benutzer-Verhalten beim E-Learning. Um profunde Aussagen zum Themenbereich ableiten zu können, werden zusätzlich zu den soeben aufgezählten Untersuchungsfaktoren Usability-Aspekte des Lernsystems Moodle ausgewertet, sowie qualitative Interviews durchgeführt, aus denen weitere Rückschlüsse auf die Navigation bzw. Bedienung der Lernplattform gezogen werden.

**Schlüsselwörter:** Eye Tracking (Blickregistrierung), E-Learning (computerunterstütztes Lernen), Moodle, Benutzer-Verhalten, visuelle Aufmerksamkeit, Usability, Wahrnehmungsfaktoren, Gestalt Gesetze, präattentive Verarbeitung.

---

<sup>1</sup> Das Eye Tracking Erhebungsinstrument wurde dankenswerter Weise vom Wiener Unternehmen *Interface Consult GmbH* zur Verfügung gestellt.

## Abstract

The focus of this master thesis investigates user-behavior within the scope of computer supported learning. The underlying study is carried out on the widely-used e-learning system Moodle that is based on the constructivist-learning theory. Constructivist-learning systems impart knowledge by enabling the learners to freely determine the order as well as the intensity of provided teaching material, increasing hereby flexibility and efficiency of their learning process by offering new didactic perspectives and teaching-strategies. Using eye tracking analysis<sup>2</sup> as central academic method user's eye movements respectively visual exploration-strategies are detected to evaluate crucial aspects of user-behavior.

Key contents of this master thesis are the investigation of visual attention-mechanisms, identification of the individual order of selecting learning material, influence of various media-types, complexity, involvement, hedonistic / pragmatic qualities, internal / external learning factors as well as the analysis of perception laws towards user-behavior. Eye tracking recordings are evaluated in combination with qualitative interviews as well as usability-aspects carried out within the study. The collected eye tracking data respectively survey results permit conclusions to be drawn concerning users' behavior as well as navigation-approach within learning process based on Moodle.

**Keywords:** eye-tracking, e-learning, Moodle, user behavior, visual attention, usability, perception factors, Gestalt laws, pre-attentive perception.

---

<sup>2</sup> Eye tracking equipment was kindly provided by Viennese Company *Interface Consult GmbH*.

# Inhaltsverzeichnis

<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>7</b>
<b>STAND DER FORSCHUNG BZW. TECHNIK.....</b>	<b>8</b>
<b>PHASE I: THEORETISCHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. EYE TRACKING METHODOLOGIE.....</b>	<b>11</b>
1.1 EYE TRACKING UND KOGNITION .....	12
1.2 ZUSTANDSKLASSEN DER AUGEN .....	12
1.2.1 Blickbewegung .....	13
1.2.2 Fixationen .....	14
1.2.3 Blick .....	15
1.3 EYE TRACKING VERFAHREN .....	16
1.3.1 Entwicklung der Technologie.....	16
1.3.2 Eye Tracking Prozedur .....	17
1.3.3 Hardware.....	18
1.3.4 Systemkalibrierung.....	19
1.3.5 Eye Tracking Parameter .....	19
1.3.6 Problembereiche der Eye Tracking Methode.....	20
1.4 ALTERNATIVE MESSMETHODEN .....	22
1.4.1 Direkte Messung.....	22
1.4.2 Indirekte Messung .....	23
<b>2. VISUELLE WAHRNEHMUNG.....</b>	<b>25</b>
2.1 WISSENSCHAFTLICHE ANSÄTZE .....	26
2.2 ABLAUF DES WAHRNEHMUNGSPROZESSES .....	27
2.3 AUFMERKSAMKEIT UND AUGENBEWEGUNGEN.....	29
2.4 PRÄATTENTIVE VERARBEITUNG .....	29
2.5 GESTALT GESETZE .....	31
2.5.1 Gestaltfaktoren nach Wertheimer.....	32
2.5.2 Erweiterung sowie Kritik.....	35
<b>3. DIDAKTISCHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>37</b>
3.1 LERNTHEORIEN .....	37
3.1.1 Behaviorismus .....	37
3.1.2 Kognitivismus .....	38
3.1.3 Konstruktivismus .....	38
3.1.4 Instruktionsdesign .....	39
3.2 INTERNALE LERNFAKTOREN .....	40
3.2.1 Kognitive Fähigkeiten .....	40
3.2.2 Vorwissen und Expertise.....	40
3.2.3 Motivation.....	41
3.2.4 Aufmerksamkeit .....	41
3.2.5 Selbstlernkompetenz .....	41
3.2.6 Lernstil.....	42

3.2.7 Navigationsstrategien .....	43
3.2.8 Physiobiologische Faktoren .....	44
3.3 EXTERNALE LERNFAKTOREN .....	44
3.3.1 Lehrkörper .....	44
3.3.2 Medien, Lernweg, Akzeptanz .....	45
3.3.3 Konzeptuelle Struktur .....	46
3.3.4 Design bzw. Kompositionsaspekte .....	46
3.3.5 Setting .....	47
3.3.6 Interaktion .....	47
3.4 E-LEARNING .....	48
3.4.1 Technologie .....	48
3.4.2 Vor- bzw. Nachteile von E-Learning.....	49
<b>4. MOODLE.....</b>	<b>51</b>
4.1 GRUNDKONZEPT .....	51
4.1.1 Pädagogische Grundlage.....	51
4.1.2 Technische Realisierung .....	52
4.1.3 Struktureller Aufbau .....	53
4.2 LERNELEMENTE VON MOODLE.....	54
4.3 HYPERTEXTSTRUKTUR ALS LERNKONZEPT .....	56
<b>5. EINFLUSSGRÖßEN AUF DAS BENUTZER-VERHALTEN .....</b>	<b>58</b>
5.1 PRAGMATISCHE QUALITÄT, USABILITY .....	58
5.2 HEDONISCHE QUALITÄT .....	58
5.3 INVOLVEMENT.....	59
5.4 EINFLUSS DES MEDIENTYPS.....	60
5.4.1 Bildschirmbetrachtung .....	61
5.4.2 Medientyp ‚Text‘.....	61
5.4.3 Medientyp ‚Grafik‘.....	62
5.5 KOGNITIVE INFORMATIONSVERARBEITUNG BZW. -WIEDERGABE.....	64
5.5.1 Gedächtnismodelle.....	64
5.5.2 Primäreffekt, Rezenzeffekt, serielle Positionskurve.....	65
<b>PHASE II: EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG .....</b>	<b>67</b>
<b>6. ZENTRALE FRAGESTELLUNGEN .....</b>	<b>67</b>
<i>Fragestellung 1: Reihenfolge erfasster Elemente.....</i>	<i>68</i>
<i>Fragestellung 2: Vergleich der Fixationshäufigkeiten von Text bzw. Grafik.....</i>	<i>69</i>
<i>Fragestellung 3: Komplexität der Kursinhalte .....</i>	<i>70</i>
<i>Fragestellung 4: Involvement .....</i>	<i>71</i>
<i>Fragestellung 5: Wahrnehmungsgesetze als Einflussfaktor.....</i>	<i>71</i>
<i>Fragestellung 6: Hedonische Qualität .....</i>	<i>72</i>
<i>Fragestellung 7: Kopfbewegung als Indikator kognitiver Lernphasen .....</i>	<i>72</i>
<b>7. FORSCHUNGSMATERIALIEN BZW. –METHODEN .....</b>	<b>74</b>
7.1 UNTERLAGE ‚VORBEFRAGUNG‘ (TEILSTANDARDISIERTES QUALITATIVES INTERVIEW) .....	74
7.2 TESTUMGEBUNG MOODLE.....	77
7.2.1 technische Realisierung .....	77
7.2.2 Beschreibung der Kursinhalte.....	79
7.3 UNTERLAGE ‚WIEDERGEGEBENE INHALTE‘ .....	81
7.4 UNTERLAGE ‚ABSCHLUSSGESPRÄCH‘ (LEITFADENGESPRÄCH).....	82

7.5 UNTERLAGE ‚BEWERTUNG DES LERNSYSTEMS MOODLE‘ (BEWERTUNGSSKALEN) .....	84
7.6 PARAMETER DER EYE TRACKING STUDIE .....	87
7.7 VIDEOAUFZEICHNUNG DER TESTPERSONEN .....	88
7.8 WEITERE RELEVANTE MATERIALIEN .....	89
<b>8. DURCHFÜHRUNG DER EMPIRISCHEN STUDIE .....</b>	<b>90</b>
8.1 UNTERSUCHUNGSKONZEPT .....	90
8.1.1 Studiendesign .....	90
8.1.2 Teilnehmer.....	91
8.1.3 Erhebungsinstrumente .....	91
8.1.4 Aufbau des Labors.....	92
8.1.5 Abgrenzung .....	94
8.2 ABLAUF DER UNTERSUCHUNG .....	94
8.3 PRE-TESTS.....	96
8.4 BESCHREIBUNG DURCHFÜHRTER UNTERSUCHUNGEN .....	97
8.4.1 Testperson: Andreas.....	97
8.4.2 Testperson: Brigitte .....	98
8.4.3 Testperson: Christoph.....	99
8.4.4 Testperson: Daniel.....	99
8.4.5 Testperson: Emil .....	100
8.4.6 Testperson: Günther.....	100
8.4.7 Testperson: Linda .....	101
8.4.8 Testperson: Michael .....	102
8.4.9 Testperson: Michaela .....	102
8.4.10 Testperson: Susanne.....	103
<b>9. STUDIENERGEBNISSE .....</b>	<b>105</b>
9.1 ANALYSE DER ZENTRALEN FRAGESTELLUNG .....	105
Auswertung zur zentralen Fragestellung 1.....	105
Auswertung zur zentralen Fragestellung 2.....	109
Auswertung zur zentralen Fragestellung 3.....	113
Auswertung zur zentralen Fragestellung 4.....	117
Auswertung zur zentralen Fragestellung 5.....	120
Auswertung zur zentralen Fragestellung 6.....	127
Auswertung zur zentralen Fragestellung 7.....	129
9.2 ANALYSE DER MOODLE-USABILITY .....	131
9.3 STUDIENERGEBNISSE NACH INTERNALEN SOWIE EXTERNALEN LERNFAKTOREN.....	135
9.4 AUSWERTUNG DER ‚WIEDERGEGEBENEN INHALTE‘ .....	137
<b>10. DISKUSSION BZW. ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIENERGEBNISSE .....</b>	<b>140</b>
<b>CONCLUSIO .....</b>	<b>143</b>
<b>ANHANG A .....</b>	<b>145</b>
<b>ANHANG B .....</b>	<b>152</b>
<b>LITERATURNACHWEIS.....</b>	<b>164</b>
<b>BILDQUELLENACHWEIS .....</b>	<b>171</b>

## Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Benutzer-Verhalten beim E-Learning, welches anhand einer Eye Tracking Studie, basierend auf dem Lernsystem Moodle, durchgeführt wird. Die inhaltlichen Kernbereiche „Computer-unterstütztes Lernen“ sowie „Usability“ werden sowohl nach theoretischen Aspekten als auch nach praktischen Gesichtspunkten behandelt. Die Diplomarbeit ist in zwei große Phasen aufgeteilt, welche jeweils unterschiedliche Schwerpunkte aufweisen.

Diese erste Phase umfasst die Beschreibung der zugrunde liegenden theoretischen Konzepte anhand dessen die empirische Untersuchung der zweiten Phase durchgeführt wird. Zunächst erfolgt die Behandlung der Eye Tracking Methodologie als zentrale wissenschaftliche Methode. Im zweiten Abschnitt wird die visuelle Wahrnehmung als wesentlicher Usability-Aspekt vorgestellt, wobei besonderer Wert auf die Beschreibung der „Gestalt Gesetze“ sowie der „präattentiven Verarbeitungsfaktoren“ gelegt wird. Im dritten Kapitel werden wesentliche didaktische Grundlagen sowie Einflussgrößen des E-Learning behandelt, hingegen in Kapitel vier die Beschreibung des verwendeten LCMS-Systems Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) angeführt wird, wobei der strukturelle Aufbau sowie die integrierten Funktionselemente der Lernplattform detailliert erörtert werden. Im letzten Abschnitt der ersten Phase werden zahlreiche Einflussgrößen des Benutzer-Verhaltens, wie etwa die pragmatische / hedonische Qualität, das Involvement, die Medientypen Text bzw. Grafik sowie Konzepte zur kognitiven Wissenswiedergabe, erläutert.

Im Rahmen der zweiten Phase erfolgt zunächst die Definition zentraler Fragestellungen, nach welchen die empirische Untersuchung durchgeführt wird. Zentrale Hypothesen der Diplomarbeit betreffen die Reihenfolge erfasster Moodle-Elemente, den Vergleich der Medientypen Text bzw. Grafik, die Analyse nach Komplexität / Involvement / hedonischer bzw. pragmatischer Qualität, die Auswertung der Eye Tracking Daten nach den Wahrnehmungsgesetzen, sowie die Analyse der Kopfbewegungen als Indikatoren für kognitive Lernphasen. Anschließend erfolgt die Beschreibung der Forschungsmaterialien bzw. –Methoden sowie der wesentlichen Studienaspekte, wie etwa das Untersuchungskonzept, die Erhebungsinstrumente, der Ablauf der Untersuchung, die Studienteilnehmer sowie die Schilderung durchgeführter User-Tests. In den Abschnitten neun und zehn werden die erhobenen Daten in Hinblick auf die zentralen Fragestellungen ausgewertet bzw. hinsichtlich des Benutzer-Verhaltens beim E-Learning diskutiert. Abschließend wird eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick des Themenbereichs angeführt.

## Stand der Forschung bzw. Technik

Zum konkreten Themengebiet der Diplomarbeit (Untersuchung des User Verhaltens beim E-Learning-System Moodle) gibt es nur begrenzt Literatur. Ähnliche wissenschaftliche Arbeiten, welche die Anwendung der Erhebungsmethode Eye Tracking beim computerunterstützten Lernen beschrieben, werden nun angeführt.

Das Wissenschaftsprojekt *AdeLE*, welches dem Themengebiet der Diplomarbeit am ähnlichsten ist, wurde von Pivec, Trummer und Pripfl durchgeführt. Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Lernverhaltens mittels eines Eye Tracking Geräts, indem in Echtzeit vordefinierte AOIs, wie etwa Lernobjekte bzw. -Inhalte in Hinblick auf die Reihenfolge, Frequenz sowie Dauer der visuellen Erfassung erforscht wurden. *AdeLE* ist ein Grundlagenprojekt für zukünftige Untersuchungen, welche eine automatisierte Extraktion individueller Lernstrategien aus den fixierten Wissensinhalten ableitet. Darüber hinaus werden aus diesen Daten gezielt Lernprozess-fördernde Aktionen gesetzt und anschließend Problemlösungsstrategien angewendet. Beispielsweise werden im Falle einer kognitiven Überlastung Hilfestellungen angeboten, um die Schwierigkeit der Lernenden zu beheben. [Piv06]

Das Proejkt *iDict* von Hyrskykari, Majaranta, Aaltonen und Rähä basierte ebenfalls auf die wissenschaftliche Methode der Blickregistrierung, wobei die Augenbewegungen im Rahmen dieser Studie beim Lesen eines E-Learning-Inhalts erfasst wurden. Aus den erhobenen Fixationsdaten des Leseprozesses wurde der Versuch unternommen in Echtzeit kognitives Verstehen, sowie Problembereiche der mentalen Interpretation zu identifizieren. Die Studie ist jedoch nur bedingt mit der vorliegenden Diplomarbeit zu vergleichen, da die zugrunde liegende Forschungshypothese Schwierigkeiten stets in Hinblick auf das Verstehen von Fremdsprachen bzw. der Übersetzungsfähigkeit detektierte. [Hyr00]

Eine weitere vergleichbare Studie (nach Carbó, Mor und Minguillón) untersuchte das Benutzer-Verhalten von Studenten ebenfalls durch Verwendung einer Lernplattform. Ziele dieses wissenschaftlichen Projekts waren die Identifikation von Navigationsstrategien innerhalb der LMS-Ebenen sowie die Erforschung der Bereitschaft zur Personalisierung der Lernplattform. Als wissenschaftliche Methode wurde jedoch nicht Eye Tracking sondern das Werkzeug „Web mining“ angewendet, welches mittels Clustering-Strukturen bzw. Klassifikationen der LMS-Ebenen Aussagen über das Benutzer-Verhalten ableitete. [Car05]

Eine ganzheitliche Untersuchung des Themengebiets E-Learning in Hinblick auf das Benutzer-Verhalten wurde von Costabile, De Maricso, Lanzilotti, Plantamura und Roselli durchgeführt. Dieses Projekt war demgehend hilfreich, dass Evaluierungskriterien für die Benützung eines E-Learning-Tools definiert wurden, welche in Form eines „Methodologie-Katalogs“ zusammengestellt wurden. Mit Hilfe qualitativer Interviews sowie der wissenschaftlichen Methode „thinking aloud“ konnten vier Dimensionen für die Evaluierung von E-Learning Applikationen bestimmt werden, wie etwa die Präsentations-, die Hypermedial-, die Proaktivitäts- sowie die Aktivitätsebene. [Cos05]

Die wissenschaftliche Analyse nach Schneider und Boucheix untersuchte mit Hilfe der Blickregistrierung die Auswirkung von Animationen bzw. Bewegungen innerhalb einer E-

Learning Applikation. Die Resultate dieser Studie deuten darauf hin, dass Lernende in verstärktem Maße jene Regionen einer Lernplattform betrachten, welche von signifikanter Bewegung gekennzeichnet sind. [Sch07]

Zahlreiche Eye Tracking Studien im Rahmen des computerunterstützten Lernens konzentrieren sich auf die Bestimmung des Lernzustandes, indem aus Augen- bzw. Kopfbewegungen sowie aus anderen Parametern die Ableitung des aktuellen Lernverhaltens unternommen wird. Bei der Untersuchung nach Asteriadis, Tzouveli, Karpouzis und Kollias wurde etwa ein System entwickelt, welches die Lernenden beim Lesen (eines E-Learning-Dokuments) beobachtet und den Benutzer-Zustand aus Auffälligkeiten der Blickrichtung sowie Kopfbewegungen ermittelt. [Ast09]

Das *e5Learning*-Projekt von Calvi, Porta und Sacchi sah die Implementierung einer Applikation vor, welche drei Benutzer-Zustände unterscheidet, nämlich „volle Arbeitskonzentration“, „fehlendes Verständnis“ sowie die Müdigkeit des Users. Stark aktive Aufmerksamkeit konnte etwa bei Abnahme des Blinzeln sowie gleichzeitiger Zunahme der Pupillengröße sowie Anzahl der Fixationen identifiziert werden. [Cal08]

Eine weitere ähnliche Eye Tracking Studie aus dem Themengebiet der automatisierten Zustandserkennung beim E-Learning wurde von Tateyama, Matsumoto und Kagami durchgeführt, die sich vor allem auf die Erkennung der „Konzentrationsfähigkeit“ beruhte. Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass aus Kopfbewegungen sowie aus Starre kognitive Ruhephasen sowie aktive Informationsverarbeitung bestimmt werden können. [Tat04]

Der nach Wang, Chignell sowie Ishizuka entwickelte User Agent *ESA* kann mittels der Blickregistrierung empathische User-Aufmerksamkeit feststellen. Die zwei detektierbaren Kategorien sind „Interesse“ bzw. „Ablehnung“, welche in Echtzeit aus Aktionen der Benutzer bei Bedienung einer E-Learning Applikation identifiziert werden. [Wan06]

Die visuelle Aufmerksamkeitssteuerung, die bei Usability-Studien eine wesentliche Rolle spielt, wird umfassend von Kain behandelt. Die aus Eye Tracking-Untersuchungen abgeleiteten Aussagen über das Benutzer-Verhalten werden an zahlreichen Stellen der ersten Phase dieser Diplomarbeit angesprochen. Hierbei sei erwähnt, dass die Resultate nach Kain auf den Forschungsgegenstand von allgemeinen Webseiten bestimmt und nicht explizit im Rahmen des computerunterstützten Lernens erforscht wurden. [Kai07]

Eine wissenschaftliche Arbeit, welche das Benutzer-Verhalten in Hinblick auf die Exploration von Web-Seiten ebenfalls mit Hilfe von Eye Tracking untersuchte, wurde von Pan, Granka, Hembrooke, Feusner, Gay und Newman verfasst. Nennenswerte Ergebnisse sind, dass die Aufgabenstellung einer Studie die Exploration der zugrunde liegenden Seite nicht signifikant beeinflusst, sondern eher die Faktoren Geschlecht, Reihenfolge der Elemente sowie interaktive Entitäten die Web-Seitenbetrachtung prägen. Die Aussagen dieser Arbeit treffen jedoch auch nur für die Exploration allgemeiner Web-Seiten zu und besitzen nur bedingt Gültigkeit in Zusammenhang mit Lernplattformen des Themenbereichs E-Learning. [Pan04]

Es sei zu erwähnen, dass verhältnismäßig viel Literatur in Zusammenhang zwischen Eye Tracking und allgemeinen Usability-Untersuchungen gibt, wie etwa die akademischen Abhandlungen nach Cooke, Hu Fengpei oder Duchowski. Diesen Quellen wurden

theoretische sowie praxisbezogene Konzepte zur Vorgehensweise mit Blickregistrierungsgeräten entnommen, um die Anwendung der wissenschaftlichen Methode „Eye Tracking“ im Rahmen der durchgeführten Studie zu verfeinern. [Coo04] [Coo06] [Duc03] [Fen06]

Abschließend sei angeführt, dass bei Eye Tracking Untersuchungen ein grundsätzliches Problem existiert, welches die Vergleichbarkeit der Ergebnisse betrifft. Die Absenz von Standardisierungen in Hinblick auf Messverfahren, Auswertung bzw. Interpretation der erhaltenen Fixationen stellen einen immanenten Problembereich dar, da unterschiedliche Parameterauswertungen zu stark variierenden Ergebnissen führen, wodurch die Vergleichbarkeit ähnlicher Studien deutlich erschwert ist. [Kai07]

## **Phase I: Theoretische Grundlagen**

---

### **1. Eye Tracking Methodologie**

Das Eye Tracking Verfahren, im deutschsprachigen Raum auch „Blickregistrierung“ oder „Augentracking“ genannt, ist eine quantitative Methode Augenbewegungen zu erheben. Aus den ermittelten Koordinaten bzw. Daten lassen sich Muster, Reihenfolgen bzw. Auffälligkeiten des Benutzerverhaltens ableiten, um vielfältige Forschungsfragen zu beantworten. Aktuelle Eye Tracking Geräte registrieren die Augenbewegungen nunmehr in Echtzeit und nicht-invasiv, wodurch relativ störungsarme Untersuchungssituationen ermöglicht werden. Neben Usability Studien mit dem Forschungsschwerpunkt „HCI“ (Human-Computer Interaktion), wie etwa für die Evaluierung von Design-Entscheidungen oder die Untersuchung von Interaktionstechniken, werden Eye Tracking Tests auch in vielen anderen Anwendungsbereichen eingesetzt. Die Eye Tracking Methode visualisiert hierbei die Aufmerksamkeitszuwendung des Benutzers in räumlicher und zeitlicher Dimension, wodurch Regionen des Interessenfeldes (AOI) identifiziert werden können.

Im Rahmen dieses Kapitels werden nun zuerst die wissenschaftlichen Grundlagen der Eye Tracking Methodologie genannt, wonach elementare Zustandsklassen der Augen behandelt werden. Anschließend erfolgt eine kurze Einführung in die technologische Entwicklung von Eye Tracking sowie die Beschreibung der Vorgehensweise, der benötigten

Hardware als auch der Systemkalibrierung. Nachfolgend werden wesentliche Parameter sowie die Problemfelder der Blickregistrierung geschildert und abschließend werden alternative Messverfahren erörtert.

## **1.1 Eye Tracking und Kognition**

Die wissenschaftliche Fundierung der Eye Tracking Methode liegt im Zusammenhang zwischen Augenbewegungen und kognitiven Prozessen begründet. Nach der Hauptaussage von Just und Carpenter, werden beim Eye Tracking jene Symbole bzw. Elemente mit den Augen fixiert, welche momentan vom menschlichen Gehirn kognitiv erfasst und daher aktiv verarbeitet werden. Die Autoren sind der Meinung, dass mit Hilfe dieser Methode Einsichten in kognitive Verarbeitungsweisen, wie etwa Problemlösungsstrategien, gewonnen werden können. [Jus76]

Auch Salvucci sieht einen direkten Zusammenhang der beiden Sachverhalte und beschreibt hierbei Augen als „*windows to mind*“. Seiner Ansicht nach indizieren Blicke kognitive Interessensregione, welche mittels direkten als auch indirekten Auswahlkriterien angesteuert werden. Augenbewegung signalisieren seiner These nach kognitive Entscheidungen. [Sal99]

Kognitionsforscher sind sich Großteils über die existierende Wechselbeziehung von Augenbewegungen und Kognition einig, wobei es für den Zeitpunkt der kognitiven Verarbeitung zwei verschiedene Ansätze existieren: [Kai07]

1. *Modell der „direkten Kontrolle“:*

Im Laufe einer Fixation (siehe Kapitel 1.2.2) wird zuerst die fokussierte Information verarbeitet bzw. gespeichert und anschließend erfolgt die kognitive Planung der nächsten Sakkade (siehe Kapitel 1.2.1).

2. *Modell der „indirekten Kontrolle“:*

Nach diesem Modell liegt zwischen der Aufnahme sowie der Verarbeitung der Information eine gewisse zeitliche Verzögerung vor, bestehend aus mehreren dazwischengeschalteten Fixationen.

Die meisten Kognitionsforscher vertreten das Modell der direkten Kontrolle, da ihnen die Annahme einer zeitlichen Verzögerung nicht plausibel erscheint. Sie gehen im Allgemeinen davon aus, dass die Informationsverarbeitung unmittelbar erfolgt und die Fixationen mit den Längen der Verarbeitungsprozesse einhergehen. [Kai07]

## **1.2 Zustandsklassen der Augen**

Im Rahmen von Eye Tracking werden Augenbewegungen mit drei Klassen beschrieben, welche nun in den folgenden Abschnitten detailliert behandelt werden. Hierbei erfolgt eine

Abgrenzung, da nicht alle Zustandsklassen mit dem Zweck geschehen, neue Informationen zu erfassen. Für die Eye Tracking Methode sind jene Kategorien von Bedeutung, welche der Erfassung neuer Reize dienen. Im Rahmen der nachfolgenden Beschreibung werden diese somit umfassender behandelt.

### 1.2.1 Blickbewegung

Als Blickbewegung werden jene einzelne horizontale, vertikale sowie torsionale Bewegungen des Augapfels angesehen, welche dem Menschen ermöglichen Bereiche der Umwelt zu betrachten. Sie dienen somit der Ansteuerung eines Signalreizes. Der Grad der Bewegungsfreiheit (DOF, „degrees of freedom“) beträgt hierbei sechs, diese sind drei Translationen innerhalb der Augenhöhle sowie drei Rotationen. Aufgrund der kortikalen Regionen des Nervensystems können diese je nach Bewegungstyp freiwillig, unfreiwillig oder reflexartig erfolgen. [Duc03] [Kai07]

Die Blickbewegungen werden nach [Rob68] in fünf Gruppen bzw. nach [Röt01] in insgesamt acht Typen unterteilt:

1. *Folgebewegungen:*

Um ein sich bewegendes Objekt im sichtbaren Feld behalten zu können, wird eine gleitende, langsame sowie autonome Augenbewegung durchgeführt. Die Fokussierbarkeit des zu verfolgenden Objekts ist durch eine maximale Geschwindigkeit des Auges biologisch limitiert. [Duc03] [Kai07]

2. *Nystagmus Bewegungen:*

Diese Klasse weist in der Regel sich periodisch wiederholende konjugierte Reflexbewegungen des Augapfels auf (Sägezahnschwingungsform) und erfüllt den Zweck Unruhebewegungen auszugleichen. Hierbei unterscheidet man grundsätzlich zwei Untergruppen, nämlich die optokinetische sowie die vestibuläre Bewegung, wobei beide aus konsekutiven Folgebewegungen (mit dazwischengeschalteten regelmäßigen Sakkadensprüngen) bestehen. Die optokinetische Bewegungsklasse ermöglicht dem Menschen eine stabile Umweltaabbildung, hingegen die vestibuläre Reflexbewegung vermehrt Positionsänderungen des Kopfes ausgleicht. [Duc03] [Kai07]

3. *Sakkaden:*

Sakkaden sind schnelle Augenbewegungen und werden für die Neupositionierung des Interessenfeldes auf neue visuelle Inhalte benötigt. Die Ausrichtung der Augen auf einen anziehenden Bereich der visuellen Welt geschieht in der Regel in einer kurzen Zeitspanne von 15 bis 100 Millisekunden. Dieser Blickbewegungstyp ist sprunghaft und kann sowohl bewusst als auch reflexartig durchgeführt werden. [Duc03] [Kai07]

An dieser Stelle sei erwähnt, dass grundsätzlich zwei Ansichten zur Ansteuerung des Auges existieren. Vertreter des „ballistic“-Ansatzes definieren das

menschliche Sehen aus einzelnen reflexartigen Bewegungen, welche von bereits im Gehirn vorprogrammierten neuronalen Ansteuerungsmustern ausgehen. Im Gegensatz vertreten die Befürworter der „stereotyped“ Ansicht eine vermehrt bewusste Ansteuerung, die aufgrund der mehrmaligen Wiederholbarkeit der Sakkadensprünge auf eine nicht vorbestimmte Reihenfolge hindeutet. [Duc03]

4. *Vergenzbewegungen:*

Diese Form der Blickbewegungen wird dafür verwendet um das Augenpaar auf weit entfernte Objekte zu fokussieren, wobei Vergenzbewegungen meist beim Blickwechsel zwischen Nah und Fern appliziert werden. Diese Klasse ist somit wesentlich für die Tiefenwahrnehmung. Die Anpassung bzw. die Durchführung dieser Augenbewegung erfolgt im Gegensatz zu den Sakkaden überaus langsam. [Duc03] [Kai07] [War00]

5. *Physiologischer Nystagmus:*

Diese Klasse beinhaltet die Mikrobewegungen Drift, Tremor und Minisakkade, welche im Grunde genommen eine Stabilisierungsfunktion einnehmen. Der Drift ist eine ständige Bewegung des Netzhautbildes um bestimmte Sehzellen mit dem Zweck die Sensitivität der Augen aufrecht zu erhalten. Die Blickbewegung Tremor ähnelt dem Drift und dient für den Ausgleich der Instabilitäten bei der Ansteuerung der Augenmuskeln. Die Minisakkaden werden für die künstliche Refixierung bzw. für die Korrektur von Drift und Tremor verwendet. [Duc03] [Kai07]

Neben den soeben genannten Typen gibt es weitere Augenbewegungen, die keinen direkten positionsverändernden Einfluss haben, wie etwa Pupillendehnung oder Linsenfokussierung. Diese werden aber im Rahmen der Diplomarbeit nicht behandelt, da sie für die Methode der Blickregistrierung nicht primär von Bedeutung sind. [Duc03]

## 1.2.2 Fixationen

Die wichtige Zustandsklasse „*Fixation*“ markiert „relative“ Ruhephasen in Bezug auf ein betrachtetes Objekt und signalisiert Abschnitte der Reizaufnahme bzw. -Verarbeitung. Die Stabilisierung der Augen auf die Interessenfelder wird hierbei mit den Blickbewegungen Drift, Tremor sowie Minisakkade bewerkstelligt. Gemäß Kain erfolgt die „Ruhephase“ in der Regel nach der Blickbewegung „Sakkade“ und ist zentraler Teil der Aufmerksamkeitszuwendung. [Duc03] [Kai07]

Im Rahmen einer Fixation läuft der Informationsaufnahmeprozess in drei Teilschritten ab. In der ersten Phase einer Fixation wird das fokussierte Objekt analysiert, im zweiten Schritt erfolgt die Abtastung des peripheren Umfeldes und abschließend wird die Planung der nächsten Sakkade durchgeführt. Die durchschnittliche Zeitspanne dieses Verarbeitungsprozesses beträgt in der Regel 225 Millisekunden. Die minimale Dauer einer Fixation wird mit 100 Millisekunden, der Höchstwert mit mehreren Sekunden beziffert. [Fen06] [Viv90]

Im Folgenden werden anhand ausgewählter Studien nun vier Einflussfaktoren der Zustandsklasse „Fixation“ angeführt, die im Rahmen empirischer Eye Tracking Tests zu berücksichtigen sind.

Die Studie nach [Dol93] zeigte auf, dass Fixationen von den Faktoren Farbe, Größe, Orientierung sowie von einer etwaigen Bewegung des fokussierten Objekts beeinflusst werden. Die Untersuchung ergab, dass beispielsweise eine animierte Banneranzeige die Anzahl der Fixationen erhöhte, da die Animation die Aufmerksamkeit des Benutzers während des Suchvorgangs zeitenweise signifikant ablenkte.

Die empirische Untersuchung von Cowen besagt, dass Bereiche eines Stimulus, die aus mehreren kleinen Objekten gebildet werden, intensivere Fixationen aufwiesen als jene, die aus einer kleinen Anzahl von Elementen aufgebaut werden. Als Grund für diese Tatsache nennt Cowen den Prozess des „*repeated viewing*“, wobei eine große Menge an Elemente aufgrund der möglichen multiplen Interpretationen länger betrachtet werden. [Cow01]

Studien, die Kontext-fremde Objekte behandeln, zeigen auf, dass diese Elemente in der Regel längere Fixationen generieren. Im Rahmen der Studie nach Goldberg et al. [Gol99] erhöht sich die Dauer der Fixationen bei Toolbar-Icons, welche nicht logisch gruppiert wurden, um 17 %, da die Testpersonen in der Regel längere Interpretationszeiten benötigten als bei kontextuell kohärenten Anordnungen. [Coo06]

Gemäß [Lev91] werden für das Erfassen eines textuellen Mediums mehr Fixationen benötigt als für etwaige andere Medien. Die registrierten Fixation sind aber hinsichtlich ihrer Dauer kürzer als beispielsweise beim Medium ‘Grafik’.

### 1.2.3 Blick

Als „Blick“ werden im Rahmen von Eye Tracking Studien zusammengefasste bzw. zeitlich konsekutive Fixationen bezeichnet. Aufgrund der Tatsache, dass ein Mensch für die Erfassung einer Wissenseinheit grundsätzlich mehrere Fixationen benötigt, erscheint die Verwendung der Zustandsklasse „Blicke“ als plausibel. So können komplexe sowie umfassende Informationseinheiten hinsichtlich des Aufmerksamkeitsaspekts auf effiziente Art und Weise untersucht werden. Darüber hinaus sind „Blicke“ aus der Sicht des Eye Tracking Verfahrens nützlich, da sie aufgrund des zusammenfassenden Charakters eine Datenreduktion bewirken sowie geringere Anforderungen an die Auflösungsfähigkeit des Blickregistrierungsgeräts stellen und somit effizientere Datenformate ermöglichen. In Folge der technologischen Fortschritte bei der Bild- bzw. Datenverarbeitung werden aber mittlerweile mit „Einzel-Fixationen“ hochauflösende Untersuchungen durchgeführt. In Folge dieser Erkenntnisse empfehlen Just und Carpenter für die Erfassung kognitiver Prozesse die Verwendung dieser Zustandsklasse. [Jus76] [Kai07][Kra93]

Ein „Blick“ kann unbewusst bzw. bewusst erfolgen, wobei für die Unterscheidbarkeit im Rahmen des Eye Tracking Tests die zeitliche Dimension herangezogen wird. „Blicke“ die kürzer als 240 Millisekunden dauern, werden von Graf und Krueger als „unbewusst“ eingestuft, hingegen jene die länger als 320 Millisekunden andauern mit „bewusst“ klassifiziert. Diese Aufteilung erweist sich als durchaus sinnvoll bei der Erforschung

kognitiver Themenaspekte, wobei an dieser Stelle vermerkt sei, dass diese Klassifikation weitere Forschungsarbeit benötigt. [Gra89]

Zusammenfassend zu den Augen-Zustandsklassen kann angeführt werden, dass für eine Eye Tracking Analyse in der Regel bevorzugt „Blicke“ zu beachten sind. Benötigen Untersuchungen die präzise Erfassung von Aufmerksamkeitszuwendung, dann ist die Zustandsklasse „Fixation“ zu berücksichtigen, wobei hierfür speziell Sakkaden sowie Folgebewegungen aufzuzeichnen sind, da diese Zustände am informativsten für die Erfassung der visuellen Aufmerksamkeitsausrichtung sind. [Duc03] [Kai07]

### ***1.3 Eye Tracking Verfahren***

Der nachfolgende Abschnitt soll einen Überblick zum Themengebiet „Eye Tracking“ geben, wobei jene grundlegenden Aspekte erörtert werden, welche der zweiten Studienphase von Bedeutung sind.

#### **1.3.1 Entwicklung der Technologie**

Erste objektive Messungen der Augenbewegungen wurden 1901 durchgeführt, welche auf Basis von Hornhautreflexionen funktionierten. Um die Genauigkeit der Reflexionserfassung zu verbessern, wurden in den 1950er invasive Kontaktlinsen entwickelt die zunächst mit Spiegeln und in weiterer Folge mit Drahtverbunde erweitert wurden (siehe Abschnitt 1.4.1). In den Folgejahren wurde der Forschungsschwerpunkt auf nicht-invasive Techniken gelegt, mit deren Hilfe Augenbewegungen ohne direkten Kontakt zum Augapfel erfasst werden konnten. Hierbei wurde die Messung der Augenpositionen mit sichtbaren Augenkomponenten, wie etwa mit der Pupille, Iris oder Hornhaut bestimmt. Diese Messverfahren funktionierten auf Grundlage der Erfassung von Reflexionen, welche aufgrund der künstlichen Bestrahlung des Auges mit infrarotem Licht entstehen. Die Videoaufnahmen der Infrarotkameras werden anschließend mit Hilfe des Computers ausgewertet um die Ausrichtung der Augen zu bestimmen. Aufgrund der Fortschritte in der computerunterstützten Bildverarbeitung können mittlerweile die Augenbewegungen in Echtzeit analysiert werden. [Duc03]

Die Eye Tracking Methode wird neben HCI-Studien (Human Computer Interaction) bzw. Usability Tests auch in vielen weiteren Forschungsbereichen eingesetzt, wie etwa in der Leseforschung, Wahrnehmungs-forschung, Diagnostik, Problemlöseforschung, Unfall- bzw. Warnsignalforschung, Werbe-wirkungsforschung, Konsumentenverhaltensforschung, Ästhetikforschung, Entwicklungsforschung sowie im Untersuchungsfeld der Ergonomie. [Kai07]

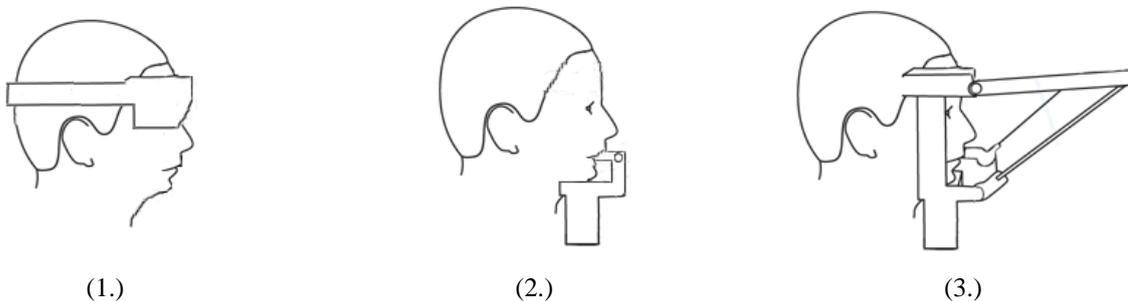
### 1.3.2 Eye Tracking Prozedur

Grundsätzlich gibt es zwei Methoden der Blickregistrierung. Die erste Vorgehensweise erfasst die Augenpositionen stets im Verhältnis zum Kopf, hingegen bestimmt der zweite Ansatz, die so genannte „Blickachsenmessung“, die Orientierung der Augen allgemein im Raum. Der Hauptunterschied der beiden Methoden liegt in der Messung der Kopfbewegungen begründet.

#### *1. Augenmessung bei fixiertem Kopf:*

Der erste Ansatz betrachtet den Kopf als eine stabile Einheit und registriert lediglich die Bewegungen der Augen. Diese Vorgehensweise hat den Nachteil, dass bei einem frei beweglichen Kopf die Bestimmung der Blickausrichtung auf ein bestimmtes Element des untersuchten Stimulus nicht möglich ist. Um die genaue Blickausrichtung der Augen und somit den Fokus der Aufmerksamkeit bestimmen zu können, muss der Kopf der Testperson fixiert werden. Bei Eye Tracking Geräten gibt es grundsätzlich drei Formen der Immobilisierung. Die hierfür verwendete Hardware hat stets sicherzustellen, dass die Blickrichtung der Testperson fix zum Stimulus orientiert ist und die registrierten Augenbewegungen in genauer Relation zur visuellen Exploration stehen. [Duc03]

- a) *HMD (head mounted displays)*: Ein HMD visualisiert den Stimulus in einem Ausgabegerät, welches am Kopf des Benutzers fixiert wird. (siehe Abbildung 1)
- b) *„Bite bar“*: Eine Entität, welche durch Zubeißen der Testperson, Unruhebewegungen des Kopfes minimiert. Diese Form der Fixierung wird in Abbildung 2 dargestellt.
- c) *Kopf- bzw. Kinnstütze*: Der Kopf der Versuchsperson wird auf eine Auflagefläche gelegt bzw. befestigt (siehe Abbildung 3), welche sich in der Blickachse des Stimulus befindet.



**Abb. 1.:** Der Stimulus wird mit Hilfe eines HMDs direkt vor den Augen der Testperson präsentiert.

**Abb. 2.:** Der „bite bar“ fixiert den Kopf mittels Zubeißen auf ein Stabilisationselement.

**Abb. 3.:** Durch Auflegen des Kopfes auf eine stabile Unterlage können präzise Messungen der Augenbewegungen durchgeführt werden.

## 2. Video-basierte Blickachsenmessung:

Die zweite Methode der Blickregistrierung erfolgt ohne Fixierung des Kopfes. Um die Blickachse bestimmen zu können, welche für die genaue Bestimmung der Augenorientierung essenziell ist, müssen multiple okulare Messungen vorgenommen werden, die zur Unterscheidung zwischen Kopf- und Augenbewegungen herangezogen werden. Die hierfür am häufigsten verwendete okulare Messung umfasst die Bestimmung der Hornhautreflexionen sowie die der Pupillenzentren, welche durch die Definition zweier Referenzpunkte ermittelt werden können. Der erste Punkt befindet sich hierbei auf der Hornhaut, der Zweite liegt im Pupillenzentrum und mit Hilfe der Distanz dieser Referenzen kann die Bewegungen klassifiziert werden. Bei Augenbewegungen wird eine signifikante Änderung dieser Länge festgestellt, hingegen bleibt bei Kopfbewegungen der Abstand zwischen den Referenzpunkten relativ konstant. Als Referenzpunkte nimmt man in der Regel die so genannten Purkinje Reflexionsbilder an, welche aber im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter beschrieben werden. [Cra94] [Duc03]

Die Bestimmung der Referenzpunkte wird durch die Bestrahlung der Augen mit infrarotem Licht erzielt, wobei aufgrund der Beleuchtung die Pupille als helle Scheibe im Gegensatz zur dunklen Iris erscheint. Infrarotempfindliche Videokameras fangen die Reflexionen der Referenzpunkte auf und mit Hilfe der Bildverarbeitungssoftware des Eye Tracking Systems werden Kopf-, Körper- bzw. Augendaten ermittelt, woraus in weiterer Folge die Blickrichtung errechnet wird. Die Genauigkeit der räumlichen Messung liegt hierbei zwischen 0,5 bis 2 Grad Sehwinkel. [Coo04] [Kai07]

Die Bestimmung der Aufmerksamkeitsverteilung erfolgt laut [Kai07] am häufigsten mit der soeben vorgestellten Methode der Video-basierten „Blickachsenmessung“. Die Erfassung der Augenpositionen erfolgte bei Diplomarbeitstudie ebenfalls nach diesem Ansatz.

### 1.3.3 Hardware

Der grobe Aufbau eines Eye Tracking Systems ähnelt im Prinzip den Komponenten eines regulären Arbeitsplatzrechners, wobei die Spezialbausteine im Grunde genommen lediglich von zwei Infrarotkameras sowie von der Infrarot-Lichtquelle (LEDs) gebildet werden.

Nach [Duc03] bestehen die internen Hauptkomponenten aus zwei monokularen Datenströmen der Infrarotkameras sowie aus dem Videosignal des Software-Screenrekorders, welcher die Szenenbilder in der Regel im NTSC Format aufzeichnet. Die monokularen Datenkanäle weisen die separat aufgenommenen Koordinaten des linken und rechten Auges auf und werden anschließend zum Prozessor des Eye Tracking Systems gesendet oder bei neueren Blickregistrierungsgeräten in den Verarbeitungsprozess der Grafikkarte integriert. An dieser Stelle erfolgt das Koordinaten-Mapping, wobei die erhaltenen drei-dimensionalen Raum- bzw. Weltkoordinaten auf zwei-dimensionale Koordinaten des Computerbildschirms abgebildet werden. Anschließend erfolgt die Bestimmung der Position des fokussierten Elements und somit der Mittelpunkt der Aufmerksamkeitszuwendung.

Der Systemparameter „Messfrequenz“ bestimmt in welcher Zeitspanne Augenkoordinaten erfasst werden, wobei gemäß Duchowski durchschnittlich zumindest alle 16 Millisekunden Augenkoordinaten aufgenommen werden sollten. Die zeitliche Messfrequenz bei Apparaten der neuen Generation beträgt 50 bis 250 Hz. [Coo04] [Duc03] [Kai07]

### 1.3.4 Systemkalibrierung

Die meisten Video-basierten Eye Tracker benötigen laut [Duc03] einen vorangeschalteten Kalibrierungsprozess, wobei auf dem erwarteten Blickfeld des Computerbildschirms sequenzielle Stimuli präsentiert werden und während der Kalibrierung zu verfolgen sind. Dabei werden individuelle Referenzwerte für Pupillenmitte sowie Horthautreflexionen ermittelt. Falls die Eye Tracking Studie nicht in einem Labor (bzw. an einem Computer) erfolgt, übernehmen spezielle Marker die Rolle der Kalibrierungsreferenzpunkte.

Der für die Testperson während der Untersuchung sichtbare Bereich wird mit der Kalibrierung des zentralen Punkts (Blickachse) eingeleitet, wonach die Koordinatengrenzen mit den Extremwerten (im Falle einer Studie am Monitor, die vier Ecken des Bildschirms) festgesetzt werden. Die ermittelten Bewegungsmuster werden mit Referenzdaten abgeglichen und in einem persönlichen Profil des Benutzers abgespeichert.

Neben der Bestimmung der personenbezogenen Koordinaten umfasst die Kalibrierung auch die korrekte Einstellung der Eye Tracking Aufnahmesensoren auf die individuellen Raumcharakteristika, wobei optimale Schwellenwerte für den Aufnahmeprozess gesetzt werden. [Duc03]

### 1.3.5 Eye Tracking Parameter

Da ein „Blick“ aus einzelnen zusammengefassten „Fixationen“ besteht (siehe Abschnitt 1.2.2), sind die Parameter beider Zustandsklassen nach analogen Mustern aufgebaut. Bei der nachfolgenden Beschreibung werden die wichtigsten Parameter „*Dauer*“ sowie „*Häufigkeit*“ anhand der Zustandsklasse „Fixation“ erläutert:

#### 1. *Fixationsdauer*:

Diese Eye Tracking Parameterklasse gibt jene Zeitlänge an, während die Augen auf ein Objekt verweilen und steht im direkten Zusammenhang mit der Informationsverarbeitung, wie dies unter dem Kapitel 1.1 bereits behandelt wurde. Aus der Fixationsdauer kann Interesse abgeleitet werden und dient als Maß für das Beanspruchungspotenzial des Stimulus. Gemäß [Fen06] erschweren Objekte mit erhöhter Komplexität die Informationsextraktion und generieren überaus lange Fixationsdauer. [Kai07]

Es gibt zwei Formen dieser Parameterklasse, namentlich „absolut kumulierte Werte“, diese sind über ein AOI Bereich aufsummierte Fixationsdauer sowie „relativ kumulierte Zeiten“, welche stets im Verhältnis zur Gesamtdauer der Testsession ermittelt werden. [Kai07]

## 2. *Fixationshäufigkeit:*

Die Häufigkeit gibt an wie oft ein Bereich des Stimulus erfasst wurde und dient somit als Maß für die Auffälligkeit, die Wichtigkeit sowie für die Verteilung der Aufmerksamkeitszuwendung. Im Rahmen der Informationssuche fungiert die Fixationshäufigkeit als Indikator für die Sucheffizienz bzw. Informationshaltigkeit der Elemente. Gleichmaßen wie die Fixationsdauer gibt es eine „absolute Häufigkeit“, die Gesamtzahl der Betrachtungen eines AOIs, sowie eine „relative Häufigkeit“, die zu Gesamthäufigkeiten des Stimulus angegeben werden. [Fen06] [Kai07]

Weitere relevante Eye Tracking Parameter sind:

- *Blickpfad:*

Dieser Parameter visualisiert die räumliche Verteilung sowie die sequenzielle Reihenfolge der einzelnen Fixationen und fungiert als Maß für die Effizienz der Anordnung von Interfaceelementen. Mit Hilfe von Blickregistrierungsgeräten kann der aufgezeichnete Blickverlauf auch den Moment bzw. die Position der Blickabwendung der Testperson vom Computerbildschirm ermitteln. [Duc03] [Fen06]

- *AOI (area of interest):*

Um Fixationsdaten, wie Dauer und Häufigkeit, separat für eine Region auszuwerten, können spezielle räumliche Ausschnitte des Stimulus als so genannte AOIs definiert werden. In der Regel werden Navigationselemente, Textpassagen sowie Grafiken (bzw. bestimmte Bereiche dieser) als bevorzugte Untersuchungsregionen deklariert. [Fen06]

### **1.3.6 Problembereiche der Eye Tracking Methode**

Im folgenden Abschnitt werden nun die Problembereiche genannt, welche bei Eye Tracking Studien zu berücksichtigen sind.

Die erste Problematik der Blickregistrierung betrifft die Erhebung an sich, da diese nicht an der natürlichen Population, sondern lediglich an einer kleinen Stichprobe von in der Regel 10 bis 20 Personen durchgeführt wird. In Folge dessen sind nur bedingt Aussagen zur Allgemeinheit möglich. [Kai07]

Darüber hinaus ist die Auswertung der erhobenen Daten sehr aufwendig, zeitintensiv und benötigt viel Speicherplatz, da bei jeder einzelnen Testsession Augenkoordinaten, Interaktionsaktionen (Maus, Tastatur), Video-Aufnahmen des Kopfes bzw. des Computerbildschirms bei einer verhältnismäßig hohen Messfrequenz gespeichert werden müssen. Weiters erschwerend wirkt sich die Tatsache aus, dass sich bestimmte Eye Tracking Daten nicht automatisiert auswerten lassen, wodurch manuelle Datenauswertung einen großen Teil der Analysephase ausmacht. [Coo04] [Kai07]

Einen weiteren Problembereich stellt die Absenz von Standardisierungen in Hinblick auf Messverfahren, Auswertung bzw. Interpretation der erhaltenen Fixationen dar.

Unterschiedliche Parameterauswertungen führen zu stark variierenden Ergebnisse, wodurch die Vergleichbarkeit ähnlicher Studien deutlich erschwert wird. [Kai07]

Neben hohen Anschaffungskosten erweisen sich dynamische Szenenänderungen des Stimulus als problematisch, da sich hierbei vermehrt Kopf- bzw. Körperbewegungen ereignen, welche eine präzise Berechnungen der Fixationen verkomplizieren. Besonders sich bewegende Interfaceelemente, wie animierte Menüs, Hypertext sowie animierte Grafiken, können zu ungenauen Messungen führen. [Coo04] [Fen06]

Darüber hinaus können Brillen, Kontaktlinsen, starke Schminke (vor allem dick aufgetragene Wimperntusche), dunkle bzw. lange Wimpern, schmale sowie kleine tief-liegende Augen, „hängende“ Augenlider sowie hochfrequenter Lidschlag zu einer ungenauen Erkennung der Pupillenmitte bzw. der Hornhautreflexionen führen. Diese soeben aufgelisteten Einflussgrößen verändern die Reflexionseigenschaften oder interferieren die Rückstrahlung dahingehend, dass eine vollständige Kalibrierung auf die individuellen Augencharakteristika nicht möglich ist. [Duc03] [Kai07]

Weiters muss bei jeder Versuchsperson separat eine Kalibrierung durchgeführt werden, eine Prozedur die sich zeitintensiv auf die Gesamtuntersuchung auswirkt. Darüber hinaus muss gemäß Kain ca. 20 bis 30 Minuten nach Untersuchungsbeginn die Kalibrierung erneut durchgeführt werden, da aufgrund numerischer Berechnungen die erhaltenen Werte stark vom Sollwert abweichen. [Coo04] [Kai07]

Die Entscheidung ob eine Kopffixierung, wie etwa ein HMD, zum Einsatz kommen sollte ist nicht trivial, da laut [Fen06] bei einem stabilisierten Kopf durchschnittlich 10 bis 20% mehr Augenbewegungen registriert werden können. Die Verwendung einer Immobilisierung impliziert jedoch Druckempfindung sowie Kopfschmerzen, wodurch der physische Zustand der Versuchsperson negativ beeinflusst wird. Aber auch bei einem Video-basierten Eye Tracking Verfahren, welches ohne Kopffixierung arbeitet, müssen die Benutzer auf die Vermeidung bzw. zumindest auf eine Minderung der Kopf- sowie Körperbewegungen hingewiesen werden. Dieser Umstand kann sich als eine Limitierung beim Ausführen der Aufgabenstellung empfunden werden. [Kai07]

Die letzte Problemstellung betrifft die Interpretation der erhaltenen Eye Tracking Daten. Hierbei stellt sich die Frage, nach welchem Forschungsansatz die erhaltenen Ergebnisse auszuwerten sind. Nach [Coo04] können Blickregistrierungsstudien nach drei wissenschaftlichen Methoden durchgeführt werden:

1. „*Top-down*“ Ansatz basierend auf kognitive Theorien:

Nach diesem Ansatz wird die Studie auf eine existierende Aussage eines kognitiven Modells aufgebaut, welche anschließend mit Hilfe der Eye Tracking Ergebnisse zu beweisen oder zu widerlegen ist. Ein Beispiel für diese Vorgehensweise stellt die Studie nach [Aal98] dar, bei welcher Testpersonen ein bestimmtes Element eines ungeordneten Pull-down Menüs zu lokalisieren hatten. Der grundlegenden kognitiven Theorie nach sollten nicht intuitiv angeordnete Interface-Elemente komplizierter zu extrahieren sein, wodurch längere Fixationsdauer zu erwarten waren.

2. „*Top-down*“ *Ansatz basierend auf Design Hypothesen:*

Im Rahmen dieser Methodik wird eine bestimmte Design-Hypothese im Voraus entwickelt und diese anschließend mit dem Eye Tracking Verfahren empirisch bestätigt bzw. widerlegt. Die Studie gemäß [Gold02] hatte als zentrales Forschungsziel Navigationsunterschiede zwischen Arbeiten mit einem Bildschirm bzw. mit multiplen Monitore zu identifizieren.

3. „*Bottom-up*“ *Ansatz:*

Bei diesem Forschungsansatz wird die Untersuchung ohne zu Grunde liegender Hypothese bzw. kognitiver Theorie angelegt. Aussagen werden ausschließlich aus Mustern, Auffälligkeiten bzw. Interferenzen der ermittelten Eye Tracking Daten abgeleitet. Die Studie von [Lew04] ermittelte die Reihenfolge der angesehen Elemente einer Online-Zeitung lediglich aus den erfassten Augeninformationen.

## **1.4 Alternative Messmethoden**

Gemäß [Kai07] kann Aufmerksamkeitszuwendung grundsätzlich auf zwei Arten erhoben werden. Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Vertreter beider Ansätze erläutert.

### **1.4.1 Direkte Messung**

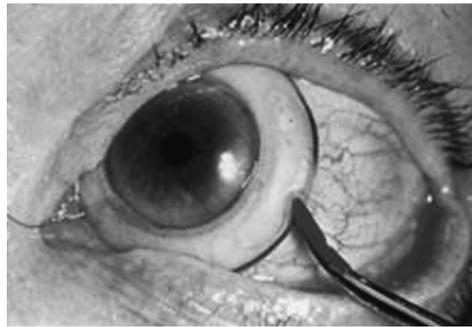
Die einfachste Form der direkten Messung ist die „direkte Beobachtung“ durch einen Forscher, wobei mit dieser Methode die Augenbewegungen nur ziemlich ungenau registriert werden können, da der Sehwinkel des Menschen 1° Grad beträgt. [Kai07]

Ein weiterer, vor allem in den 1970-er, weit angewendeter Ansatz ist das Elektro-Okulogramm, welches die Potenzialdifferenzen zwischen Cornea und Retina registriert, die sich im Falle einer Augenbewegung ereignen. Um die Augen herum angebrachte Hautelektroden erfassen hierbei die elektrischen Pulse (siehe Abbildung 5). Der Nachteil dieses Messverfahrens ist die Tatsache, dass Augenbewegungen stets in Bezug zum Kopf gemessen werden, wodurch die Blickausrichtung auf spezielle AOI nicht erhoben werden kann. [Duc03] [Kai07]

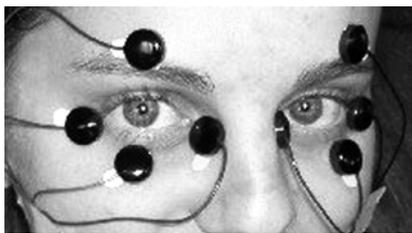
Ein weiterer Ansatz der direkten Messung erfolgt mittels der Spulen-Kontaktlinse (siehe Abbildung 4), welche unmittelbar vor dem Auge getragen wird und überaus genaue Positionsdaten liefert. Die Blickregistrierung dieser Methode basiert auf einem in die Kontaktlinse integrierten Draht, welcher mit einer Spule verbunden ist. Die Spule bewegt sich wiederum in einem elektromagnetischen Feld. Die Blickrichtung der Testperson geht mit der Position der Spule im Spannungsfeld einher, woraus die Augenpositionen rekonstruiert werden können. Aufgrund des physischen Kontakts mit dem Augenapfel konnten überaus empfindliche Messungen erzielt werden. Dieser Ansatz ist aber eine sehr aufwendige sowie stark invasive Methode, bei welcher die Augen der Testpersonen stark belastet werden. Der Nachteil des invasiven Charakters war die signifikante Beeinflussung der Untersuchungsergebnisse, da seitens der Testpersonen die eingesetzten Apparate als

„unangenehm“ empfunden wurden. Darüber hinaus können, wie beim Elektro-Okulogramm, keine Betrachtungen einzelner AOI-Regionen bestimmt werden. [Duc03] [Kai07] [Rob68]

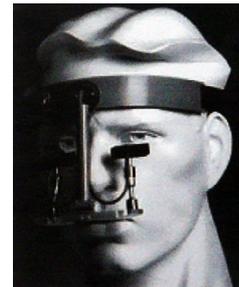
Die „Limbus-Pupillen“- bzw. Augenlidregistrierung (Abbildung 6) nützt die Tatsache aus, dass der Limbus (Grenzbereich zwischen Augapfel und Iris) mit horizontalen Augenbewegungen einhergeht, hingegen Augenlider vertikale Positionsänderungen verfolgen. Die Registrierung dieser Merkmale ermöglichen die Messung von etwa 20° des Gesichtsfeldes. Der Kopf muss sich jedoch auch bei dieser Methode in der genauen Blickachse des Stimulus befinden, wodurch eine Immobilisierung des Kopfes erforderlich ist. [Duc03] [Kai07]



(4.)



(5.)



(6.)

**Abb. 4.:** Mit Hilfe eines in eine Kontaktlinse eingebetteten Drahtes, welcher die gemessenen Spannungen an eine Drahtspule überträgt, können präzise Augenbewegungen erfasst werden.

**Abb. 5.:** Die elektrookulare Messung bestimmt die Augenbewegung aus der Potenzialdifferenz der Haut. Die Messung erfolgt mittels Elektroden, die um die Augen herum angebracht werden.

**Abb. 6.:** Der Limbus-Tracker bestimmt die Augenbewegungen durch die Messung des Bereichs zwischen Iris und Lederhaut.

### 1.4.2 Indirekte Messung

Die Aufmerksamkeitsverteilung wird bei indirekten Messverfahren nicht physisch vom Auge abgelesen, sondern beispielsweise von Verhaltens- bzw. Navigationsmustern ableitet. [Kai07]

Usability Untersuchungen zeigen, dass Mausbewegungen mit Interessenbereichen korrelieren. Probanden der so genannten „Maus-o-Meter“ Tests wurden gebeten das Interaktionsgerät „Maus“ stets zu Bereiche zu bewegen, worauf sie gerade ihre Aufmerksamkeit richten. Aus den Klicks sowie aus den Verweilpositionen bzw. –Dauer können Interessenverteilungen abgeleitet werden. [Kai07]

Die Methode des „*Attention Tracking*“ bestimmt Interessenfelder indem Testpersonen gebeten werden unter Zeitdruck jenen Bereich zu nennen, welcher ihre Aufmerksamkeit am ehesten beeinflusst. Diese Vorgehensweise garantiert die Betrachtung des Wesentlichen und kann online mit Hilfe einer großen Anzahl von Probanden durchgeführt werden. Der Nachteil ist jedoch, dass die Untersuchung unter „Stresssituation“ erfolgt, wodurch Aussagen zu „natürlichen“ Verhaltensweisen kaum erhoben werden können. [Kai07]

Das Messverfahren „*Site-Covering*“ teilt den Stimulus in funktionale Bereiche auf und deckt diese mit einer grau-halbtransparenten Fläche ab. Testpersonen werden gebeten die teilweise verschleierte Bereiche (je nach vorhandenem Interesse) aufzudecken. Daraus kann sowohl die Verteilung als auch die Reihenfolge der Aufmerksamkeitszuwendung ermittelt werden. Die Methode ist zeit- und kostengünstig, hat aber die Einschränkungen, dass nur statische Objekte untersucht werden können sowie keine Analyse des Gesamtstimulus auf einmal erfolgen kann. [Kai07]

## 2. Visuelle Wahrnehmung

Die Wahrnehmung ermöglicht das subjektive Erleben unserer Umwelt und liefert die Grundlage für die Interaktion mit dieser. Bereits Aristoteles definierte menschliche Sinne als Wahrnehmungsapparate, namentlich das visuelle, auditive, olfaktorische, gustatorische sowie haptische Bewusstsein. Nach heutiger Ansicht ist unsere Wahrnehmung aber weitaus komplexer, denn zusätzlich zu den oben definierten Aspekten werden weitere entscheidende Prozesse eingebunden, beispielsweise spielen soziale, situationsbedingte, aufgabenrelevante, zeitliche, räumliche oder non-verbale Dimensionen bei der Auffassung der Umwelteinflüsse eine wichtige Rolle. [Gol02] [Kai07]

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird der visuelle Wahrnehmungsapparat detailliert behandelt, da dieser eine wichtige Grundlage für eine Eye-Tracking Studie darstellt. Die menschliche Wahrnehmung ist am ehesten auf den visuellen Mechanismus aufgebaut, denn gemäß Nielsen sind 70 Prozent der aufgenommenen Umwelteindrücke visueller Natur. Auch Ware betrachtet das Sehen als den mächtigsten Sinnesindruck und betont die exzellente Fähigkeit der visuellen Suche. Das folgende abstrakte Beispiel nach Ware stellt das Verarbeitungsvermögen der Augen illustrierend dar. Innerhalb weniger Sekunden ist der Mensch in der Lage einen schwarzen Pixel aus einem Quadrat von grauen Pixeln (mit den Dimensionen 500x500 Pixel) zu erkennen. Aus hintereinander geschalteten Bildern ist sogar die Verarbeitung von 15 Millionen Pixeln innerhalb einer Minute möglich. [Nie01] [War00]

Dieses Beispiel zeigt, dass die Menge an potenzieller visueller Information, die auf den Menschen durchgehend einwirkt, überwältigend ist. Müsste man alle sichtbaren Reize abarbeiten, wäre eine kognitive Überlastung die Folge, woraufhin die Interaktion mit der äußeren Wirklichkeit beschränkt wäre. Daher wurde evolutionsbedingt der Mechanismus der „Aufmerksamkeit“ entwickelt, welche die scheinbar unendlichen Reize auf einen kognitiv bearbeitbaren Teilbereich reduziert und diese erst nach dem „Filtern“ bzw. der „Selektion“ dem Bewusstsein zugänglich macht. Die Aufmerksamkeitsausrichtung erfolgt anhand vieler Ebene, die in der Regel in Kombination von angeborenen sowie erworbenen Mechanismen stattfinden. [Duc03] [Gol02] [Kai07]

Die visuelle Wahrnehmung sowie die Aufmerksamkeit sind nicht direkt messbar, können jedoch mit Hilfe impliziter wissenschaftlicher Methoden, wie etwa über „thinking aloud“ (lautes Denken), Befragungen, Aufzeichnung der Mausbewegungen bzw. Mausclicks, Reaktionszeiterfassung, Messung der Hirnströmungen, Herzfrequenz mittels EEG sowie über Eye Tracking erfasst werden. [Kai07]

Der folgende Abschnitt dient dazu, Konzepte sowie wesentliche Einflussfaktoren vorzustellen, die eine Auswirkung auf den visuellen Wahrnehmungsapparat haben. Die Erkenntnisse werden vor allem für die Interpretation der Eye Tracking- bzw. Interviewdaten benötigt.

## 2.1 Wissenschaftliche Ansätze

Zahlreiche wissenschaftliche Konzepte, welche die komplexe Natur der visuellen Wahrnehmung bzw. des visuellen Aufmerksamkeitsprozesses beschreiben, sind mit der Untersuchung der Objekterkennung verbunden. Im Rahmen dieses Kapitel werden nun verschiedene Ansätze vorgestellt sowie signifikante Vertreter genannt.

Die erste wissenschaftliche Behandlung der Aufmerksamkeit führte Von Helmholtz durch. Er beschrieb diesen Sachverhalt als eine natürliche Tendenz der ständigen Wanderung des Blickes zu neuen interessanten Blickbereiche. Sein Konzept ist stark von den Augenbewegungen geprägt, welche seiner Ansicht nach direkt mit Verläufen der Aufmerksamkeit einhergehen. [Duc03]

Die konstruktivistische Ansicht zur Wahrnehmung, wie dies beispielsweise von James eingenommen wird, besagt, dass Aufmerksamkeit das Endprodukt aus der Wechselbeziehung zwischen eintreffenden Reizen sowie dem internen Hypothesen-Konstrukt ist. Die Aufmerksamkeitssteuerung ist hierbei eine aktive Erkundung, die durch Erwartungen konstruiert wird. Ein Nachteil dieses Ansatzes betrifft den Aspekt der menschlichen Erwartung, die durchaus fehlerhaft sein kann. Aufgrund dieser Tatsache stellen Kritiker fest, dass Erwartung alleine nicht als Grundlage der visuellen Wahrnehmung dienen kann. [Duc03] [Poh06]

Gibson führte die kontextuelle Grundlage in die Aufmerksamkeitsforschung ein, welche besagt, dass visuelle Wahrnehmung stets in situationsabhängige Dimensionen eingebettet ist. Der Kontext hat einen signifikanten Einfluss auf die Aufmerksamkeit, wie es im folgenden Beispiel ersichtlich wird: [Duc03]

*[...]Experiments involving ambiguous stimuli typically evoke [...] reactions. For example, if the viewer is made to expect words describing animals, then the misprint “sael” will be read as “seal”. Changing the expectation to words describing ships or boats invokes the perception of “sail”. [...]*  
[Duc03]

Posner (zitiert nach [War00]) definierte die so genannte „*searchlight*“ Metapher als Erklärung für visuelle Aufmerksamkeitssteuerung. Die menschlichen Augen suchen ständig nach neuartigen Informationen, welche einer endogenen sowie exogenen Kontrolle unterworfen sind. Die endogene (bewusste) Aufmerksamkeitssteuerung erfolgt seiner Ansicht nach mit „inneren Stimuli“, die kognitiver, emotionaler sowie motivationaler Natur sind und sich in Form von Erwartungen, Hypothesen, Gedanken, Intentionen und Ziele manifestieren. Die exogene (reflexive) Kontrolle hingegen richtet sich auf neue, auffällige, unerwartete, plötzlich erscheinende, blinkende sowie sich bewegende Reize, welche in der Regel nach physikalischen Charakteristika wie Größe, Farbe, Form, Kontur und Komplexität erfolgen. [Kai07] [War00]

Bei dieser Metapher ist für Posner auch die Größe des „Suchfensters“ ein wesentlicher Untersuchungsaspekt, da dieser beim Lesen einzelner Wörter kleiner ist als bei der Verarbeitung großer visueller Muster. Er führte dafür das Akronym UFOV („useful field of view“) ein, welches die Dimension des „searchlights“ bzw. der Aufmerksamkeit je nach

Informationsdichte beschreibt. Für den Parameter UFOV ist die Bewegung ein entscheidender Faktor, denn bei sich bewegenden Objekten ist dieser größer als bei statischen. [War00]

Ein weit verbreitetes Konzept der visuellen Wahrnehmung ist die „*Merkmalsintegrationstheorie*“ nach Treisman (zitiert nach [Gol02]), welche folgende Phasen definiert. Im ersten Schritt wird ein Gegenstand präattentiv verarbeitet, indem die Elementarmerkmale identifiziert werden, um anschließend eine aufmerksamkeitsgerichtete Verknüpfung zu ermöglichen. Der Gegenstand wird nun als dreidimensionales Modell wahrgenommen, mit Repräsentanten des Gedächtnisses abgeglichen und im Falle eines korrespondierenden Vergleichsobjekts als „vertraut“ erkannt. Die wichtige Errungenschaft dieses Ansatzes ist die Ausarbeitung des Modells der „*präattentiven Verarbeitung*“, welche aufgrund seines hohen Stellenwerts unter dem Abschnitt 2.4 detailliert behandelt wird. [Gol02] [Poh06]

Wirth beschreibt die visuelle Wahrnehmung anhand definierter Reizkategorien, welche er in Intensitäts-, Größen-, Farb-, Positions- sowie Ausnahmegesetze unterteilt. Die wesentliche Aussage seiner These besagt, dass eher intensive, größere, farbige (bzw. hoch gesättigte), warme, sich kontrastierende und nach vorne, oben bzw. zentral gerichtete Reize die Aufmerksamkeit der Menschen bestimmen. [Wir02]

Der Regelkonstrukt nach Wirth ist eine Anlehnung an die Gestaltpsychologie, welche die Organisation der visuellen Wahrnehmung beschreibt und als weit verbreitete Grundlage dient. Die „*Gestalt Gesetze*“ nach Wertheimer besagen, dass das visuelle System des Menschen aus registrierten Einzelteilen unbewusst ganzheitliche Aspekte zu konstruieren versucht. Die Gestaltfaktoren spielen hierbei eine wesentliche Rolle und werden daher im Kapitel 2.5 umfassend behandelt. [Boy97] [Gol02]

Bülthoff prägt den Ansatz der „*kanonischen Abbildungen*“, welche auf jene Tatsache aufbauen, dass Gegenstände nicht aus jeder Perspektive gleich effizient erkannt werden können. Der Begriff der kanonischen Ansicht betrifft die Speicherung aussagekräftiger Bilder im Gedächtnis. Während der visuellen Verarbeitung bzw. der Objektwahrnehmung werden betrachtete Elemente stets mit bereits abgelegten kanonischen „Bildern“ verglichen. [Gol02]

Zusammenfassend kann aber konstatiert werden, dass automatische und bewusst kontrollierte Wahrnehmungsprozesse nicht getrennt voneinander behandelt werden können und aufgrund der Komplexität der visuellen Wahrnehmung diese ohnedies scheinbar parallel zueinander ablaufen. [Weg98]

## **2.2 Ablauf des Wahrnehmungsprozesses**

Ausgehend aus den Ansätzen des vorangegangenen Kapitels wird nun eine generalisierte Prozessbeschreibung des visuellen Wahrnehmungsablaufs angeführt, um eine Vorstellung über die Gesamtheit sowie Komplexität zu demonstrieren. Die nachfolgend beschriebene Aufmerksamkeitsausrichtung basiert hierbei auf der Methode des Bottom-up Prozesses.

Die einleitende Phase der visuellen Wahrnehmung erfolgt indem ein Stimulus zuerst in seiner Gesamtheit durch peripheres Sehen erfasst wird. Die Betrachtung findet hierbei auf einer

niedrigen Auflösung statt, da alle Umweltinformationen in die Sinneszellen „geladen“ werden müssen.

Als nächsten Schritt erfolgt eine physikalische Kategorisierung bzw. Merkmalsextraktion, wobei die erfassten Reize automatisiert mittels zahlreicher paralleler Prozesse auf Form, Bewegung, Farbe, räumliche Tiefe sowie Textur geprüft werden. Beispielsweise dient sowohl die verstärkte Konturwahrnehmung, auch laterale Inhibition genannt, als auch die selektive Farbextraktion dazu, verschiedene Objektgrenzen zu identifizieren, um aus diesen anschließend Regionen des Interesses abzuleiten. Das Ergebnis der Merkmalsextraktion bewirkt den so genannten „*Pop-Out*“-Effekt, welcher automatisch Bereiche in den Vordergrund „springen“ lässt. Der Zweck dieses Phänomens ist die Sicherstellung, dass das Bewusstsein das visuell Erfasste gewiss verarbeitet.

Die erhaltenen Szeneninformationen ziehen in der nächsten Phase die Aufmerksamkeitszuwendung auf sich, wobei dieser Prozess sowohl aktiv als auch unbewusst erfolgen kann. Pashler [Pas98] nennt für die aktive Aufmerksamkeitsausrichtung das passende Beispiel des Zuhörens, welches die exzellente Konzentrationsfähigkeit des Menschen darstellt auf eine bestimmte Personenstimme in einem Raum voller Geräusche „fokussieren“ zu können.

Die Aufmerksamkeitsfokussierung leitet die Verarbeitung in höherer Auflösung ein. Die sequenzielle Verarbeitung dieser selektierten Entitäten erfolgt anschließend durch das „Hinzuschalten“ kognitiver, emotionaler sowie sozialer Aspekte. Ein beispielhafter Nachweis für den Einfluss subjektiver Aspekte auf die visuelle Wahrnehmung wird durch den Versuch von Bruner geliefert. Im Rahmen eines Vergleichsexperiments zwischen einer Goldmünze und einer gleichgroßen Pappscheibe, haben ärmere Kinder die Goldmünze als größer wahrgenommen, als reichere. Dieser Aspekt wird auch im Rahmen der Diplomarbeitsstudie entscheidend sein, da bestimmte bevorzugten Lernmechanismen bzw. präferierte Lernstile zu einer unterschiedlichen Wahrnehmung des E-Learning Tool führen können. [Bru47]

Ein definitiver Wissenserwerb findet erst statt nachdem der verarbeitete Reiz einer Gedächtnisinformation korreliert. [Boy97] [Bru47] [Duc03] [Kai07] [Poh06] [War00]

Der soeben beschriebene komplexe Systemablauf der visuellen Wahrnehmung enthält viele Aspekte der unter dem Kapitel 2.1 genannten Konzepte, weist aber zwei verbleibende Problemstellen auf. Einerseits erfolgt demnach die Wahrnehmungsfokussierung stark merkmalsbasiert, wodurch bewusste Blicke kaum möglich werden, andererseits ist die Vernachlässigung der „abgelehnten“ Merkmale nicht vertretbar, denn die Studie nach Stroop zeigte, dass ausgeblendete Merkmale bis zum gleichen Ausmaß verarbeitet werden können wie „Selektierte“. Der „*Stroop Effekt*“, dargestellt in Abbildung 7, trat bei Experimenten auf, bei welchen Testpersonen die Aufgabe hatten die Farbe einzelner farbcodierten Wörter zu nennen. Es wurden hierbei signifikante Probleme in Form von Verzögerungen bzw. Falschnennungen festgestellt, wenn es zu einem Konflikt bei der Merkmalsextraktion kam. [Pas98] [Str35]

grün rot blau orange  
orange blau grün rot  
blau violett grün rot  
orange blau rot grün  
violett orange rot blau

**Abb. 7.:** Bei der nicht kohärenten Farbbenennung der aufgelisteten Wörter kommt es im Rahmen der visuellen Aufmerksamkeit zu einem Konflikt zwischen selektierten und „abgelehnten“ Merkmale.

## ***2.3 Aufmerksamkeit und Augenbewegungen***

Der Zusammenhang zwischen Augenbewegungen sowie Aufmerksamkeitszuwendung ist in der Wahrnehmungspsychologie nicht eindeutig geklärt. Augenbewegungen stehen signifikant mit Aufmerksamkeitsausrichtung in Beziehung, aber visuelle Selektion kann nicht auf die bloße Bewegungen der Augen reduziert werden, denn laut [Pas98] kann ein Subjekt durchaus die Aufmerksamkeit auf einen Stimulus richten ohne hierbei die Augen zu bewegen. Als Beispiel werden in diesem Zusammenhang Astrologen genannt, die mit Hilfe der Strategie des peripheren Sehens größere Flächen durchforsten bzw. „aufmerksam“ verarbeiten können.

In der Regel werden aber mittels Sakkadensprünge neue Interessensregione fokussiert, da hierdurch der Informationsgehalt dieses Bereichs mit höherer Auflösung verarbeitet werden kann. In diesem Zusammenhang sind zwei Tatsachen von Bedeutung. Einerseits erfolgt die Aufmerksamkeitszuwendung nicht kontinuierlich über das Sichtfeld, sondern sprungweise, wobei für die kurze Dauer eines Sprunges keine Informationsaufnahme bzw. –Verarbeitung erfolgt, andererseits sind Vergenzbewegungen sowie Folgebewegungen (Beschreibung siehe Kapitel 1.2.1) Auslöse-orientiert und werden von Geschwindigkeits- bzw. Ungleichheitssignalen des Sichtfeldes beeinflusst. Sie dienen der „mechanischen“ Ausrichtung der Augen bewirken aber per se keine Aufmerksamkeit. [Duc03] [Kai07] [Pas98]

## ***2.4 Präattentive Verarbeitung***

Der Mechanismus der präattentiven Verarbeitung wurde im Rahmen der Merkmalsextraktionstheorie nach Treisman vorgestellt (Beschreibung siehe Abschnitt 2.1) und stellt die Phase der unbewussten Wahrnehmungsorganisation dar. Bestimmte Merkmale wie etwa Muster, Formen oder Farben „springen heraus“ (Pop-Out Effekt) und bewirken somit eine Vorentscheidung zur bewussten Aufmerksamkeitsverarbeitung. Diese kurzfristig, parallel sowie unmittelbar erfolgende Bildinterpretationen stehen vor attentiven Prozessen, welche sequenziell eine absichtsvolle, aufgabenorientierte Betrachtung des selektierten Reizes bezwecken. [Poh06] [War00]

Das folgende einfache Beispiel nach Ware zeigt die selektive Wirkung der präattentiven Verarbeitung. Die Aufgabenstellung sieht vor im nachfolgenden Ziffernblock alle „3“-er zu identifizieren. [War00]

68976869179447681419499801847891647681636981747019380183  
90898091762352462312567889089097156288947152343789084635  
27487654246578287778271677265344231678282667590598112986  
76898645387887826671789014367819328091856874826234829712

Um nun alle „3“-er ausfindig zu machen, ist der Betrachter gezwungen den Ziffernblock sequenziell zu verarbeiten. Beim zweiten Ziffernblock, der nach Mechanismen der präattentiven Verarbeitung aufbereitet ist, erfolgt nun eine unmittelbare sowie unbewusste Erfassung der dunklen Ziffern. Der Grund für die rasche Verarbeitung ist durch den Aspekt gegeben, dass der „Helligkeitsunterschied“ ein präattentives Merkmal eingestuft wird. [War00]

68976869179447681419499801847891647681636981747019380183  
90898091762352462312567889089097156288947152343789084635  
27487654246578287778271677265344231678282667590598112986  
76898645387887826671789014367819328091856874826234829712

Des Weiteren ist im Rahmen dieses Beispiels ersichtlich, dass präattentive Merkmale nicht primär von der Anzahl der Distractionen abhängen, sondern eher von der Menge der Ablenkungstypen bestimmt werden. Ware führt hierfür das Beispiel an, dass ein Adler unter gleichen Tauben präattentiv effektiv unterschieden werden kann, aber in einer Menge verschiedener Vögel nicht mehr. [War00]

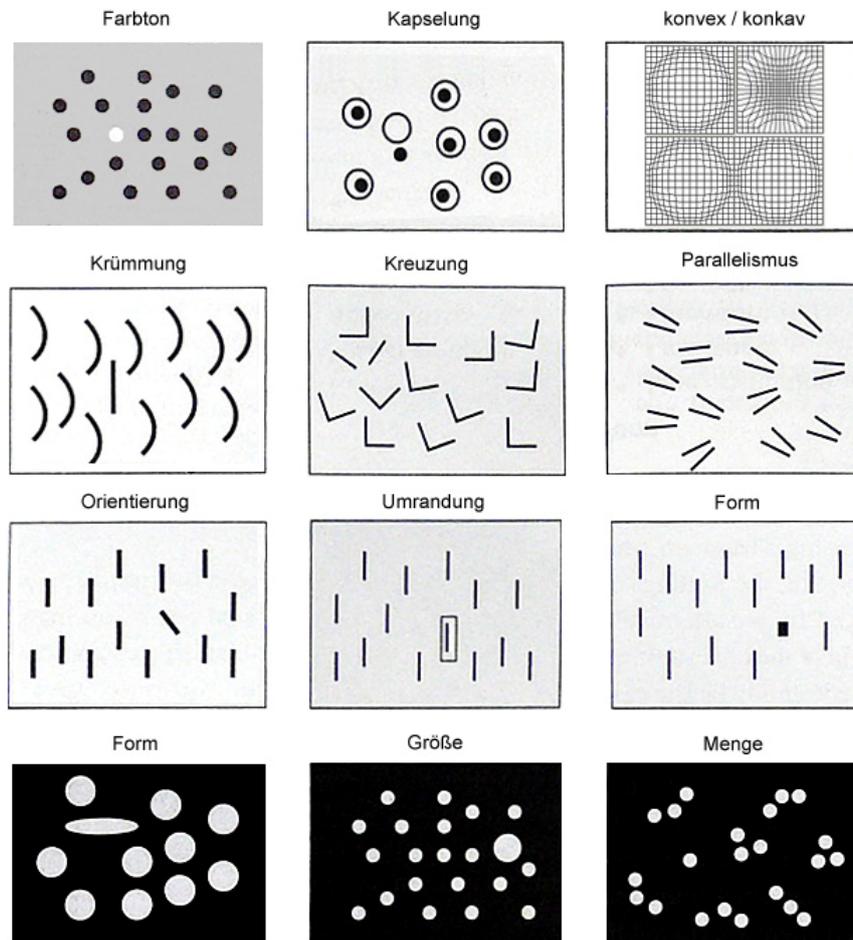
Die visuelle Selektion erfolgt nach physikalischen Attributen, d.h. wenn ein Stimulus ein physikalisches Kriterium erfüllt, wird dieser noch vor der eigentlichen Interpretation klassifiziert. [Pas98] [War00]

Die Kategorisierung nach Ware (beispielhafte Darstellungen siehe Abbildung 8) untergliedert präattentive Merkmale nach folgenden Eigenschaften: [War00]

1. *Form:* Größe, Krümmung, räumliche Gruppierung, verstärkte Kennzeichnung, Menge, Linienorientierung, -Länge, -Breite sowie -Kollinearität.
2. *Farbe:* Farbton, Intensität (Helligkeit).
3. *Bewegung:* Flimmern, Richtung der Bewegung.
4. *Ausrichtung:* 2D Positionierung, stereoskopische Tiefe, konvexe bzw. konkave Form der Schattierung.

Die Studie nach Sperling zeigt, dass zwischen den Kriterien der präattentiven Merkmale signifikante Effektivitätsunterschiede existieren, denn die Ergebnisse seiner Experimente zeigen auf, dass beispielsweise die Selektion nach der Kategorie „Ausrichtung“ effektiver sei als der Einstufung nach „Form“. Die Studie nach Von Wright stellte hingegen fest, dass die Merkmale räumliche Position, Farbe, Größe sowie Helligkeit einfacher vorzuselektieren sind, als etwa die Attribute Orientierung oder Form. Letztere wurde am Beispiel der Unterscheidung zwischen Buchstaben vs. Ziffern durchgeführt. Die Begründung dieser

Kategorie-Unterschiede liegen laut Pashler darin begründet, dass bestimmte Faktoren einen gewissen Grad an Interpretation mit dem visuell erfassten Objekt verlangen. [Pas98]



**Abb. 8.:** Die Abbildung visualisiert beispielhafte Darstellungen präattentiver Selektionsmerkmale. Die beiden Exempels, die „Kreuzung“ sowie der „Parallelismus“, sind nach Ware keine präattentiven Merkmale. [War00]

## 2.5 Gestalt Gesetze

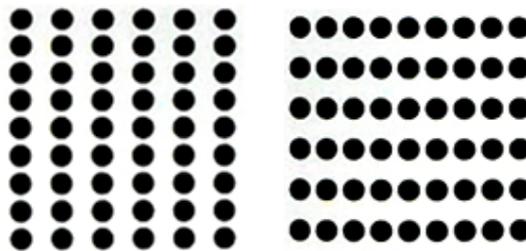
Die auf die Studie nach Wertheimer basierenden Gestalt Gesetze beschreiben visuelle Wahrnehmungsphänomene, die bei bestimmten vorherrschenden Reizbedingungen vorherrschen. Im Gegensatz zum Mechanismus der präattentiven Verarbeitung treffen die Gestalt Gesetze Aussagen nicht aus den physikalischen Eigenschaften des Reizen per se, sondern leiten Wahrnehmungsmuster aus ihrer Anordnung ab und reflektieren somit Regelmäßigkeiten der Umwelt. Die Grundannahme der Gestaltpsychologie besagt: „*Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.*“ Hierdurch wird zum Ausdruck gebracht, dass sich die visuelle Wahrnehmung nicht additiv aus Einzelkomponenten eines Objekts ergibt. Beispielsweise ist ein grafisches Bild „mehr“ ist als die Summe der aufgetragenen Malfarben. [Gol02] [Kai07] [War00]

## 2.5.1 Gestaltfaktoren nach Wertheimer

Wertheimer formulierte sieben grundlegende Gestalt Gesetze: [Wer21] [Wer23]

### 1. *Gesetz der Nähe:*

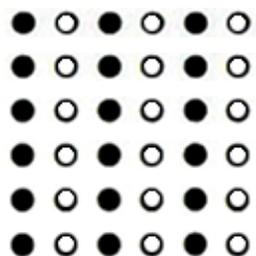
Jene Objekte, welche sich räumlich nahe beieinander befinden, erscheinen bei der visuellen Wahrnehmung als zusammengehörig. Dieser räumliche Gruppierungsprinzip (siehe Abbildung 9) hat die Funktion Reizelemente aufgrund der Lage zu Objekte zusammenzufassen. [Gol02] [Poh06] [War00]



**Abb. 9.:** Durch räumliche Nähe wird bei der visuellen Wahrnehmung Gruppierung konstruiert.

### 2. *Gesetz der Ähnlichkeit:*

„Ähnliches“, wie in Abbildung 10 dargestellt, wird unter gleichen Umständen eher als zusammengehörendes Gruppenelement wahrgenommen als formenfremde Sachverhalte. Die Organisation zu einer Einheit wird laut [Gol02] von den Reizeigenschaften Helligkeit, Farbton, Größe sowie Orientierung begünstigt. [Gol02] [Poh06] [War00]



**Abb. 10.:** Nach dem „Gesetz der Ähnlichkeit“ werden gleich distanzierte Kreise aufgrund ihrer ähnlichen Farbe gruppiert perzipiert.

### 3. *Gesetz der glatten Linienfortsetzung:*

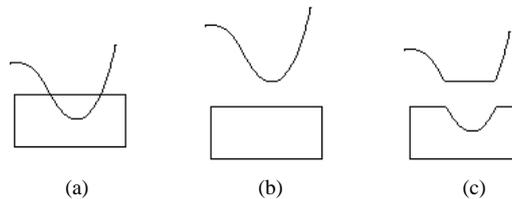
Die Verbindung zweier Entitäten über gerade oder geschwungene Linien wird tendenziell als zusammengehörig wahrgenommen. Gemäß der Gestaltpsychologie gruppiert die menschliche Wahrnehmung eher wohlgeformte als sich abrupt ändernde Linienführung zu einer Einheit. Der Gestaltfaktor des glatten Verlaufs wird in Abbildung 11 visualisiert. [Gol02] [Poh06] [War00]



**Abb. 11.:** Wohlgeformte bzw. geschwungene Linien (a) gruppieren Entitäten, da sie aufgrund ihrer einfachen Form leichter wahrgenommen werden können als sich abrupt ändernde Verbindungen (b).

4. *Gesetz der Prägnanz bzw. guten Gestalt:*

Jede Reizkonfiguration wird so gesehen, dass die resultierende Struktur eine möglichst einfache Entität ergibt (siehe Abbildung 12). Es werden daher tendenziell jene Gestalten wahrgenommen, welche sich durch prägnante (simple) Merkmale von den anderen Umgebenden unterscheiden. [Gol02] [Poh06]



**Abb. 12.:** Die Elemente der Abbildung (a) werden dem „Gesetz der Prägnanz bzw. guten Gestalt“ nach eher wie in Abbildung (b) gesehen als beispielsweise durch komplexe Figuren aus (c).

5. *Gesetz von Figur / Hintergrund:*

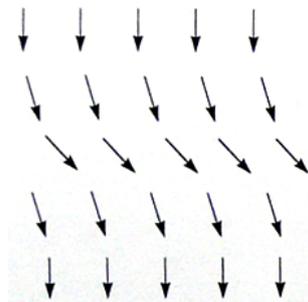
Wertheimer definiert, dass eine Figur „dinghaft“ ist und daher im Vordergrund steht, im Gegensatz dazu stellt der Hintergrund stets „ungeformtes Material“ dar. Grundsätzlich werden beim Prozess der visuellen Wahrnehmung kleine, helle, prägnant strukturierte, symmetrische und vertikal / horizontal angeordnete Objekte als „Figur“ gesehen. Die nach dem symmetrischen Ordnungsprinzip orientierten Entitäten, die einen visuellen Vergleich simplifizieren, werden gleichermaßen als „Figur“ eingestuft. Komponenten des visuellen Feldes, welche bedeutungsvolle Interpretation zulassen werden ebenfalls als „Figur“ erkannt, hingegen dunklere, wenig strukturierte Objekte dem visuellen „Hintergrund“ zugesprochen. Die Unterscheidung zwischen Figur / Hintergrund kann jedoch bei gewissen Sachverhalten, wie etwa bei perzeptueller Mehrdeutigkeit oder unklarer Segmentierung, erschwert sein. Ein Beispiel hierfür ist in der Darstellung des Figur- bzw. Hintergrundmodells (siehe Abbildung 13) ersichtlich. [Gol02] [Poh06] [War00]



**Abb. 13.:** Die Grafik visualisiert jene Auffälligkeit, dass gewisse Sachverhalte schwer in Figur bzw. Hintergrund „aufgeteilt“ werden können. Die Abbildung nach Rubin kann nämlich sowohl als gegenüberliegende Profile als auch eine Vase gedeutet werden. [War00]

6. *Gesetz des gemeinsamen Schicksals:*

Dinge, die sich in die gleiche Richtung bewegen, erscheinen als zusammengehörig und werden von der visuellen Wahrnehmung als eine Einheit organisiert. Dieser Gestaltfaktor, wie in Abbildung 14 dargestellt, wird vom „Gesetz der Nähe“ begünstigt. [Gol02]



**Abb. 14.:** Objekte, welche sich in übereinstimmende Richtung bewegen, werden als zusammengehörig wahrgenommen.

7. *Gesetz der Vertrautheit bzw. der Erfahrung:*

Nach Wertheimer bilden Entitäten, welche dem Betrachter vertraut erscheinen, mit größerer Wahrscheinlichkeit eine Gruppe als unbekannte Elemente. Die Wahrnehmungsorganisation geschieht hierbei in Form eines Vergleichs mit bestehendem Wissen wobei Prozessen der Ergänzung bzw. der Vervollständigung das Betrachtete zu deuten versuchen. Die Abbildung 15 visualisiert diese Prozesse indem sie die Wirkung der Erfahrung bzw. Vervollständigung vorführt. [Gol02]



**Abb. 15.:** Nach dem „Gesetz der Vertrautheit bzw. Erfahrung“ können scheinbar unvollständige Darstellungen, wie in diesem Fall die Abbildung zweier Bäume, interpretiert werden.

## 2.5.2 Erweiterung sowie Kritik

Im Rahmen weiterer Forschung auf dem Gebiet der Gestaltpsychologie wurden zusätzliche Gestaltfaktoren detektiert. Diese ergänzen die ursprünglich bestehenden aufgrund deren Mangel an Erklärungsfähigkeit bestimmter Phänomene. An dieser Stelle werden drei beispielhafte Erweiterungen nach Palmer angeführt. [Gol02]

### 8. *Gesetz der gemeinsamen Region:*

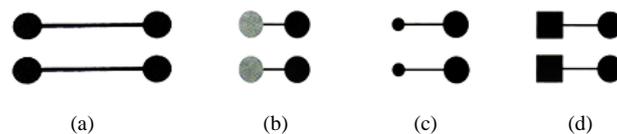
Jene Entitäten, welche sich innerhalb einer gemeinsamen Region befinden (siehe Abbildung 16), werden bei der visuellen Verarbeitung automatisch als zusammengehörig erfasst. [Gol02]



**Abb. 16.:** Die Unterteilung nach Regionen strukturiert die visuelle Perzeption.

### 9. *Gesetz der Verbundenheit:*

Elemente des visuellen Feldes die mittels einer Verbindung vereinigt werden (siehe Abbildung 17), sind beim Prozess der Wahrnehmung als eine Entität einzustufen. Darüber hinaus organisiert dieser Gestaltfaktor stärker als die Gesetze der Ähnlichkeit sowie Nähe. [Gol02]



**Abb. 17.:** Das „Gesetz der Verbundenheit“ (a) hat einen stärkeren Ordnungscharakter als der „Gestaltfaktor der Ähnlichkeit“ wie dies im Falle der Helligkeit (b), Größe (c) sowie Form (d) erkennbar ist.

#### 10. Gesetz der Synchronizität:

Zeitgleich aufleuchtende Bereiche werden auch bei einer relativen räumlichen Distanz als gemeinsam gruppiert erfasst, wie dies in Abbildung 18 ersichtlich ist. [Gol02]



**Abb. 18.:** Synchron aufleuchtende Entitäten werden trotz räumlicher Trennung als zeitgleich und somit gruppiert rezipiert.

Kritiker der Gestaltpsychologie betonen, dass die Gesetze lediglich bei speziell zugeschnittenen Darstellungen funktionieren und ihre Wirkung in komplexer Umgebung des Alltags bzw. der äußeren Wirklichkeit nicht entfalten können. Die Vielschichtigkeit der Realität lässt mehrere Möglichkeiten der visuellen Wahrnehmung zu, wodurch die Rolle der Gestaltfaktoren neu definiert werden musste. Im Verlauf der Wahrnehmungsforschung kam es zu einem Überdenken der Bedeutung der Gesetze, welches ergab, dass Gestaltfaktoren eher als Wahrnehmungsprinzipien angesehen werden sollten, da sie auf Heuristiken visueller Perzeption beruhen. [Gol02]

Ein weiterer Kritikpunkt der Gestaltpsychologie beanstandet die wissenschaftliche Grundlage der aufgestellten Gesetze. Vertreter der Gestaltpsychologie können nicht erklären, auf welche Art und Weise die in den Gestaltfaktoren definierten Wahrnehmungen entstehen. [Poh06]

Die menschliche visuelle Perzeption basiert im Grunde genommen auf die Reduktion der nahezu unendlichen Reizmengen. Diese Selektion sollte ein Designer aber nicht als etwas „Negatives“ ansehen, denn gerade die Fähigkeiten der Vereinfachung sowie der Adaptivität machen den visuellen Wahrnehmungsapparat zu einem leistungsfähigen System. Die Entwicklung von E-Learning Applikationen, sollte daher Design-Prinzipien folgen, sodass einerseits Benutzer korrekte Erwartungen zur Funktion der Interface-Komponenten antizipieren können, andererseits eine effiziente Führung der Aufmerksamkeit bzw. Blickausrichtung erreicht werden kann. Die bewusste Steuerung mittels der präattentiven Regeln bzw. der Gestaltfaktoren spielen hierbei eine grundlegende Rolle. Optimale Gestaltung erleichtert unbewusst die Trennung wesentlicher Inhaltselemente von unbedeutenden Bereichen. [Boy97] [War00]

### **3. Didaktische Grundlagen**

Das Untersuchungsfeld dieser Diplomarbeit beinhaltet aufgrund des Lernsystems Moodle didaktische Aspekte, welche nun im Rahmen dieses Abschnitts behandelt werden. Zunächst werden Lerntheorien erörtern, welche lehrtheoretische Ansätze für die Beschreibung grundlegender didaktischer Vorgehensweisen darstellen. Hierbei wird das konstruktivistische Konzept detaillierter dargelegt, da das Lernsystem Moodle auf dieses Modell basiert. Als nächstes werden bedeutende internale sowie externale Lernfaktoren behandelt, die einen wesentlichen Einfluss auf das computerunterstützte Lernen bzw. Lehren haben. Es sei an dieser Stelle vermerkt, dass eine klare Trennung zwischen diesen beiden Kategorien oft nicht möglich ist, da in der Praxis die einzelnen Einflussgrößen aufeinander einwirken. Abschließend erfolgt die Behandlung des Themengebiets „E-Learning“, ein Begriff, welcher ein häufig verwendeter Ausdruck des aktuellen Bildungswesens ist. Im Rahmen der Abhandlung werden die zu Grunde liegenden Technologien klassifiziert sowie die Vor- und Nachteile dieser Bildungsform diskutiert.

#### **3.1 Lerntheorien**

Wie die Präsenzlehre so basieren auch Computer-unterstützte Lernumgebungen auf didaktische Modelle. Diese werden in der Regel „*Lerntheorien*“ genannt und beschreiben den didaktischen bzw. pädagogischen Vorgang des Lehrens. Sie beschreiben bestimmte Strategien des Lernprozesses, indem sie unterschiedliche theoretische Annahmen über Lehr- und Lerntechniken entwickeln. Des Weiteren kann mit Hilfe dieser Konzepte die Effizienz der Lehre verbessert werden sowie neue Lernwege entwickelt werden. Im Rahmen dieses Abschnitts werden nun die Bekanntesten und am weitesten verbreiteten Lerntheorien vorgestellt, namentlich Behaviorismus, Kognitivismus, Konstruktivismus sowie Instruktionsdesign. [Höb07]

##### **3.1.1 Behaviorismus**

Der behavioristische Lehransatz basiert auf das Reiz-Reaktions-Modell, welches besagt, dass um ein antizipiertes Verhalten bewirken zu können, der Lernprozess durch die Präsentation eines bestimmten Reizes erfolgen muss. Hierbei steht das direkt „Beobachtbare“ im Vordergrund, wobei das Gehirn als eine stark reduzierte Einheit angesehen wird, die lediglich einen Input (Reiz) erhält und auf diesen in Form eines Outputs (Verhalten) reagiert. Das behavioristische Lehren arbeitet vermehrt mit konditioniertem Reflex, wobei Lernende bei erwünschtem Verhalten mit Anerkennung bestätigt werden, hingegen bei Norm-abweichenden Verhalten mit Sanktionen belegt werden. Der Lernprozess dieser Lerntheorie erfolgt dabei passiv-rezipierend sowie nach Regeln der Adaptation. Die Entscheidung über die Lerninhalte sowie die Form des Wissenstransfers unterliegt streng dem Lehrenden,

welcher hierdurch unidirektional zu agieren hat. Die Hauptaufgabe des Lehrkörpers ist die Schaffung einer gewünschten Reizsituation, um gewünschtes Verhalten vermitteln zu können. Das behavioristische Lernmodell ist bei kleinen Lerneinheiten, wie etwa das Erlernen von Maschinenschreiben, effizient, aber für die Aneignung komplexer Aufgaben ist es nicht geeignet. Die Hauptkritik dieses Lehransatzes ist, dass das Lernen nicht auf ein „bloßes Reiz-Reaktionsschema“ reduziert werden kann. Als weitere Nachteile des Behaviorismus können das Vernachlässigen der komplexen geistigen Zustände, die fehlende Erklärungskraft sowie die Überbewertung des Einflusses von Reizen genannt werden. [Bau94] [Höb07] [Rei05]

### **3.1.2 Kognitivismus**

Das Grundprinzip dieser Lerntheorie beruht auf das kognitive Informationsverarbeitungsmodell, das ein gegenläufiges Konzept zum Behaviorismus darstellt, da hierbei die inneren Prozesse des Gehirns als zentraler Bereich angesehen werden. Geistige Abläufe werden dabei mit theoretischen, als absolut geltenden „*objektiven Wissensrepräsentationen*“, nachgebildet, wodurch das Lernen als eine Abfolge von Reizaufnahme, kognitiver Abgleich (mit Erfahrungswerten) sowie Einordnung (in mentale Modelle) aufgefasst wird. Die Rolle der Lehrenden bei kognitiven Lernsystemen ist jener, dass sie den Lernstoff so strukturieren, dass dieser den vorhandenen Wissensstrukturen der Lernenden entgegenkommt. Der Lehrkörper agiert dabei bidirektional, wobei die Kommunikation nicht nach gleichberechtigten Gesichtspunkten verläuft. Die Kritikpunkte der kognitivistischen Ansicht betreffen die Schwierigkeit des Modellierens mentaler Informationsverarbeitungsprozesse, den wesentlichen Einfluss von individuellen Faktoren des „menschlichen Geistes“ und die Problematik der Definition von „absolut gültigen“ (objektiven) Wissensrepräsentationen. [Bau94] [Höb07] [Rei05]

### **3.1.3 Konstruktivismus**

Nach konstruktivistischer Ansicht ergibt sich das Wissen aus aktiven Erkenntnisprozessen, wobei die jeweilige relevante Bedeutung mittels reger Konstruktion aus den zur Verfügung gestellten Lernelementen hervorgebracht wird. Dieser Ansatz steht somit im Gegensatz zum Kognitivismus, da es hierbei keine absolut „objektiven“ Abbildungen gibt. Die Informationsaufnahme wird stets in einem situativen Kontext konstruiert. Der Wissenserwerb kann daher bei jedem Individuum verschieden ablaufen, wodurch auch stets mehrere Möglichkeiten der Wissenskonstruktion gibt. Es sei vermerkt, dass beim konstruktivistischen Lernen nicht um das Lösen von vordefinierten Problemen geht, sondern das eigenständige Generieren von für sich selbst relevanten Problemen im Mittelpunkt steht. Es wird zwar ein grobes Lernziel für den Lernenden bekanntgegeben, aber das Subjekt wird dazu bewegt durch selbstreguliertes Hinarbeiten seine eigene individuelle Lernsituation zu gestalten, um durch aktive Interpretation der Lernelemente eigenständig zu neuer Erkenntnis zu gelangen. [Bru02] [Höb07] [Schu96] [Unz00]

Der Lehrkörper nimmt hierbei lediglich die Rolle des Beobachters bzw. Beraters ein und überprüft den jeweiligen Lernfortschritt. Im Falle einer Rückmeldung bzw. Einschreitens sieht der konstruktivistische Ansatz eine bidirektionale und gleichberechtigte Kommunikation vor, welches die Lehrkraft als „Coach“ definiert. Durch partnerschaftliches Einbringen von Wünschen, Anmerkungen und Standpunkten können Probleme beseitigt werden, wobei stets das Grundprinzip nach Schwetz et. al. in Auge behalten wird: [Höb07]

*„So viel Konstruktion wie möglich, aber soviel Instruktion wie notwendig.“ [Höb07]*

Eine konstruktivistische Lernumgebung ist demnach so aufgebaut, dass Lernende motiviert werden, um sich aktiv mit dem Lernstoff zu befassen. Diese werden durch Präsentation von multimedial bzw. multimodal vorbereiteten Lerninhalte sowie durch bewusstes Verzicht auf einen streng vordefinierten Lernweg erreicht. Des Weiteren fügen Konstruktivisten hinzu, dass Lernen am effektivsten ist, wenn die Inhalte möglichst authentisch in der jeweiligen Anwendungssituation behandelt werden. [Bru02] [Höb07] [Schu96]

Kritik am Konstruktivismus besagt, dass es für bestimmte Sachverhalte sehr wohl objektive Wissensrepräsentationen gibt, da sonst beispielsweise die wissenschaftliche Forschung subjektiv wäre und nur einen relativen Wert hätte. Darüber hinaus können mittels dieser Lerntheorie einige soziale Faktoren bzw. Prozesse, wie etwa die Sprache oder gesellschaftliche Gegebenheiten, nicht umfassend genug begründet werden. [Schu96] [Unz00]

### **3.1.4 Instruktionsdesign**

Das Instruktionsdesign versucht die Ansätze „Kognitivismus“ und „Konstruktivismus“ zu einer Einheit zu kombinieren, indem sie die beiden Modelle zu einer pragmatischen Ansicht zusammenführt. Ähnlich dem konstruktivistischen Ansatz werden die Lerninhalte in einer komplexen sowie multicodalen Situation zur Verfügung gestellt, aber im Gegensatz zur konstruktivistischen Ansicht muss der Lernende festgelegte Lernziele unter Aufsicht erfüllen. An dieser Stelle ist das Instruktionsdesign aber auch von der kognitivistischen Ansicht klar zu trennen, denn der Lernende wird zum Lernziel begleitet („guided“) und nicht hingeführt („directed“). Beim weiteren Unterschied zum Konstruktivismus, wo Kollaboration bzw. Kommunikation mit anderen Lernenden als ein immanenter Bestandteil des Lernprozesses angesehen wird, sind die Vertreter des Instruktionsdesigns der Ansicht, dass manche Lernaufgaben besser alleine gelernt werden sollten, da eine Gruppenarbeit nicht immer positiv für den eigenen Wissenserwerb ist. [Bru02]

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Wissenserwerb effizient verläuft, wenn die allgemein gültigen Lernphasen „Wissen erwerben“, „üben“, „testen“, „wiederholen“, „nachlesen“, „in einer Anwendung simulieren“ und „reflektieren“ im Lernprozess vorkommen. Es sollte aber stets beachtet werden, dass der Wissenserwerb ein aktiver Prozess ist, welcher stets in einem kontextuellen Situation stattfindet, mit bereits vorhandenem Wissen

kumuliert, neue mentale Strukturen konstruiert und interaktiv mit anderen Lernenden erfolgt. [Bru02] [Schu96]

## **3.2 interne Lernfaktoren**

Obwohl eine Lehreinheit bzw. ein Reiz jedem Lernenden in gleicher Weise präsentiert wird, erfolgt der Wissenserwerb bei jedem Subjekt individuell verschieden. Bei einer Lernsituation spielen viele Gesichtspunkte eine Rolle. Unz definiert Einflussgrößen, die vom Lernenden selbst ausgehen, als „internale Lernfaktoren“, andere die von externen Aspekten entstammen, als „externale Lerngrößen“. [Unz00]

Internale Einflussfaktoren, welche verschieden ausgeprägt den Lernstoff vorstrukturieren, verändern daraufhin nicht nur den individuellen Lernprozess sondern auch den persönlichen Lernerfolg. Im folgenden Abschnitt werden nun jene internen Einflussgrößen genannt, die unmittelbar in Zusammenhang mit Computer-unterstütztem Lernen stehen. [Unz00]

### **3.2.1 Kognitive Fähigkeiten**

Gemäß Unz erfolgt der Wissenserwerb bei der Auseinandersetzung mit den Lerneinheiten je nach Entwicklungsgrad der kognitiven Fertigkeiten verschieden effektiv. Studien zeigen, dass Intelligenz, schulische bzw. akademische Fähigkeiten und besonders die Beherrschung logischer Schlussfolgerungsprozesse eine Effektivierung des Lernens bewirken. Der Lernende benötigt die Lernkompetenz, Lerneinheiten auszuwählen, diese mit vorhandenen Konstrukten abzugleichen, anschließend zu bewerten und eine Entscheidung über ihre Relevanz zu treffen. Im Rahmen der Kollaboration mit anderen Lernenden sind auch gewisse Kompetenzen der Kommunikationskultur vorauszusetzen, um einen Lernfortschritt garantieren zu können. [Höb07] [Unz00]

### **3.2.2 Vorwissen und Expertise**

Empirische Befunde zeigen, dass umfassendes Vorwissen bzw. fundiertes Expertenwissen hinsichtlich eines Themengebiets den Umgang mit Computer-unterstützten Lernsystemen signifikant beeinflussen. Dieses Spezialwissen ist hierbei sowohl aus inhaltlicher Sicht als auch in Form einer Interaktionskompetenz mit einer bereits bekannten Lernumgebung zu verstehen. [Unz00]

Damit neues Wissen integriert und neue Relationen hergestellt werden können, müssen zuerst bestehende Ideen und Konzepte im Gedächtnis aktiviert werden. Wird ein Lernender mit vollkommen unbekanntem Begriffen bzw. Sachverhalten konfrontiert, so wird der Lernprozess „verlangsamt“, da die erfassten Strukturen im Gedächtnis erst eine zusammenhängende Einheit bilden müssen. Vorwissen sowie Expertise in der Domäne sind entscheidende Faktoren, da sie bekannte Strukturen aktivieren, auf welche aufgebaut werden kann. [Bru02]

### 3.2.3 Motivation

Die Motivation definiert das grundsätzliche Interessensniveau des Lernsubjekts, um eine bestimmte kontextuelle Aufgabenstellung engagiert zu erarbeiten. Dieser Lernaspekt kann jedoch nicht von anderen Einflussgrößen getrennt betrachtet werden, da es eine signifikante Abhängigkeit zu anderen internalen Lernfaktoren besteht. Beispielsweise konstatiert der „*skill and will*“ Ansatz nach Friedrich et. al einen Zusammenhang zwischen kognitiven Fähigkeiten sowie motivationalen Prozessen. [Unz00]

Weitere Dimensionen der Motivation sind technologisch in den Schnittstellen der Lernumgebungen begründet. Grabowski und Curtis definieren vier Ebenen der Motivation, welche bei Erfüllung ein hohes Engagement implizieren: [Unz00]

1. Interesse und somit Aufmerksamkeit für das Themengebiet sowie für das Lernsystem selbst.
2. Wahrgenommene Relevanz der Lerninhalte.
3. Überzeugung der eigenen Fertigkeiten die Information vollständig verarbeiten bzw. verstehen zu können.
4. Zufriedenheit resultierend aus erfolgreichem Lernfortschritt, welcher reflexiv verstärkend wirkt.

In Hypertext-basierten Lernsystemen beeinflussen positive Attitüden das Informationssuch-Verhalten und bewirken somit optimale Such- bzw. Lernergebnisse. Abschließend soll der Faktor der Erwartungshaltung anderer genannt werden, welches sich beim Gruppenlernen als ein durchaus kritisches Kriterium der Motivation erweist. [Unz00]

### 3.2.4 Aufmerksamkeit

Die Rolle der visuellen Aufmerksamkeit wurde bereits unter dem zweiten Kapitel behandelt, an dieser Stelle sollte nun in aller Kürze die Auswirkung der Aufmerksamkeit speziell auf den Lernprozess erörtert werden.

Ein aufmerksamer Lernender studiert zielgerichtet und arbeitet möglichst nur relevante Reize der Lernumgebung ab und unterlässt dabei gleichzeitig störende Handlungsabsichten, wie andere Aufgaben oder Tagträume. Diese Eigenschaft geht sehr eng mit dem Begriff der Konzentrationsfähigkeit einher und wird sichtbar indem eine aufmerksame bzw. konzentrierte Person zielorientiert Entscheidungen trifft, fokussiert Inhalte des Themengebiets bewertet, bewusst sinnvolle Elemente anwählt oder strategisch bestimmte Absichten verfolgt. [Sta07] [Sut07]

### 3.2.5 Selbstlernkompetenz

Die Fähigkeit der „Selbstregulation“ stellt einen weiteren internalen Lernfaktor dar, welche die eigenverantwortliche Steuerung des Lernverlaufs, die Reflexion der eigenen

Denkprozesse sowie die Kombination dieser mit kognitiven Strategien umfasst. Im Gegensatz zu traditionellen Lernmaterialien, wie etwa dem Lehrbuch, nimmt der Lernende bei computerunterstützten Lernsystemen eine aktivere Rolle ein und muss ständig Organisations-, Elaborations-, sowie Strukturierungsentscheidungen treffen, um den „digital-verteilten“ Lernstoff in handhabbaren Mengen zu verarbeiten. Die Selbstlernkompetenz setzt bei konstruktivistischen Lernumgebungen Lern-, Lese- bzw. Navigationsfähigkeiten sowie auch die Bestimmung der eigenen Lernzeit, des Lernorts sowie des Lernfortschritts voraus. Diese Kompetenz ist je nach Vertrautheit in die eigenen Fertigkeiten individuell verschieden ausgeprägt und wird von den Einflussgrößen „Alter“ im Sinne der Erfahrung, sowie der Entscheidungsfähigkeit bestimmt. Im Falle mangelnder Selbstregulation wird der Lernende von der angebotenen Informationsfülle überfordert. Um diese kognitive Überlast zu bewältigen bzw. den Lernprozess aufrechterhalten zu können, ist er auf Instruktionen seitens des Lehrkörpers angewiesen. [Höb07] [Mei06] [Unz00]

### 3.2.6 Lernstil

Unz definiert einen „Lernstil“ als die Art und Weise wie ein Lernender die Wissenseinheiten sammelt, selektiert und diese beim Lernprozess bevorzugt benutzt. Es gibt zahlreiche Studien, welche sich mit dieser Thematik befassen, aber aufgrund der Tatsache, dass jede Untersuchung eine eigene Klassifikationsterminologie benutzt, gibt es keine allgemein gültigen und somit standardisierten Lernstile. Nach Laurillard (zitiert nach [Unz00]) wäre eine Einteilung auch nicht sinnvoll, da ihrer Ansicht nach Lernende bei verschiedenen Aufgabenstellungen ohnedies kontextabhängig unterschiedliche Lernstile anwenden. [Unz00]

Im folgenden Abschnitt werden zwei exemplarische Klassifikationsansätze nach Meier beschrieben. Das erste Konzept (siehe Tabelle 1) gliedert die Lernstile nach bevorzugtem „Wahrnehmungssinn“. An dieser Stelle sei erwähnt, dass es eine generelle Tendenz zur Einstufung der eigenen Fähigkeit als „visuellen Typ“ existiert und den Menschen nicht bewusst ist, dass sie in der Regel verschiedene Lernstile anwenden und somit eigentlich zur Kategorie des „Mischtypen“ gehören. [Mei06]

Lernstil	Bevorzugte Form des Wissenserwerbs	Häufigkeit
Visueller Typ	Lernen erfolgt bevorzugt über optischen Eindruck (Text, Bild).	sehr häufig
Auditiver Typ	Wissenserwerb geschieht über Akustik (Vortrag, Diskussion).	weit verbreitet
Haptischer Typ	Motorische Durchführung bzw. Verarbeitung von Lerneinheiten.	häufig
Mischtyp	Wechsel der bevorzugten Lernsituation je nach Aufgabe.	am häufigsten

**Tab. 1.:** Die Tabelle nach [Mei06] klassifiziert Lernstile anhand des bevorzugten Wahrnehmungssinns.

Der zweite Klassifikationsversuch nach Meier, welcher in Tabelle 2 dargestellt wird, definiert drei Kategorien von Lernstilen, welche Lernende aufgrund der Tiefe ihrer analytischen

Vorgehensweise, ihrer Rationalität beim Lernprozess sowie nach der Form ihrer Kollaboration einstuft. [Mei06]

Lernstil	Form des Wissenserwerbs
Analytisch / Ganzheitlich	Lernende können entweder analytisch (auf Details fokussierend) oder durch Erfassen von ganzheitlichen Strukturen zum Wissenserwerb kommen.
Rational / Emotional	Die Form der Informationserarbeitung kann rational systematisch erfolgen oder mittels des Interessensfaktors gesteuert sein, welcher den Lernenden dazu veranlasst interessante bzw. spannende Themenaspekte auszuwählen und diese zuerst zu erarbeiten. Der zweitgenannter Lerntyp hat in der Regel jedoch vermehrt Probleme hinsichtlich der Selbstlernkompetenz.
Kommunikativ / Individuell	Der kommunikative Lerntyp bevorzugt das Lernen in einer Arbeitsgemeinschaft, hingegen der individuelle Lernstil, beispielsweise den selbstbestimmten Fernunterricht bevorzugt.

**Tab. 2.:** Die Tabelle nach [Mei06] schlüsselt Lernstile aufgrund der Faktoren analytische Vorgehensweise, Rationalität, sowie Form der Kollaboration auf.

### 3.2.7 Navigationsstrategien

Unter der Annahme, dass der Lernprozess aus einzelnen zielgerichteten Entscheidungen besteht, gehen Lernende bei der Selektion bzw. der Erforschung der vorhandenen Lerneinheiten zu einem gewissen Grad systematisch vor. Diese konsequente Vorgehensweise impliziert die Existenz bestimmter „Navigationsmuster“, welche Gegenstand zahlreicher Studien waren. Beispielsweise identifizierte Horney (zitiert nach [Unz00]) die Navigationsmuster lineares Durchwandern, Seiten-Trips bzw. Sternerfassung, sowie definierte Regeln für ein „chaotisches Vorgehen“. [Unz00]

Da sich jedoch die Erkennung von allgemein gültigen Mustern als schwer herausstellte, konzentrierte sich die wissenschaftliche Forschung auf „Navigationsstrategien“, welche aufgrund ihrer grobkörnigen Beschreibungsform, die Vorgehensweisen der Lernenden effektiver erklären können. Im Rahmen der Leseforschung konnten grundlegende Ansätze definiert werden. Exemplarisch konnte Mohageg (zitiert nach [Unz00]) zeigen, dass die Navigationsleistung bei hierarchisch organisierten Lernsystemen höher ist als bei netzförmigen bzw. individuell angeordneten Strukturen. Die Effektivität wurde hierbei stets als Abweichung von einem vorbestimmten optimalen Pfad gemessen. Des Weiteren konnte die Strategie „wiederholtes Besuchen bereits erfasster Lernpositionen“ identifiziert werden. Wenn eine Funktion einer bekannten Entität dem Lernenden bereits vertraut ist, können mit diesem „fixen Ankerpunkt“ neue Bereiche erkundet werden.

Darüber hinaus konnten unterschiedliche Navigationsstrategien bei Experten sowie Anfängern festgestellt werden, da beispielsweise Experten bereits zeitig mit tiefen Strukturen arbeiten, da sie bereits aufgrund der Vertrautheit ins Lernsystem auf grundlegende Konzepte aufbauen können. [Unz00]

Kritik an Navigationsstrategien weisen darauf hin, dass detektierte Nutzungsmuster in der Regel Artefakte des Systemdesigns sind und signifikant von Charakteristika der Aufgabenstellung sowie Lerntheorien abhängen. Des Weiteren erfolgen Kategorisierungen der Navigationsmuster willkürlich, basieren lediglich auf Beobachtungen und sind somit weniger theoriegeleitet. Unz stellt darüber hinaus fest, dass eine Kette von Aktionen noch keine Strategie bedeutet, dies sei erst bei vorhandener kognitiver Planung zum Erreichen eines Lernziels vorhanden. [Unz00]

### **3.2.8 Physiobiologische Faktoren**

Zusätzliche internale Einflussgrößen, welche eine nicht zu vernachlässigende Rolle im Lernprozess bzw. hinsichtlich der Reizaufnahmefähigkeit haben, sind physiobiologische Faktoren. Die Interaktion mit dem Lernsystem wird beispielsweise von Stress, Müdigkeit, Zeitdruck, Desorientiertheit, Anspannung sowie von der Reaktionsbereitschaft (auch Vigilanz bezeichnet) beeinträchtigt. Externale Aspekte welche auf die physiobiologischen Faktoren einwirken, sind beispielsweise die Eintönigkeit oder der Reizarmut des Lernsystems. [Kai07] [Sta07]

### **3.3 externe Lernfaktoren**

Die externalen Lernfaktoren stehen im Gegensatz zu den soeben behandelten Gesichtspunkten, da diese nicht vom Lernsubjekt ausgehen, sondern ihren Ursprung beim Computersystem oder bei der Lernsituation begründet haben. [Unz00]

#### **3.3.1 Lehrkörper**

Im Gegensatz zum Lehren in einem Seminarraum sind bei Lernprogrammen Lehrkörper und Lernende des Öfteren physisch getrennt, wodurch die Rolle des Lehrkörpers neu definiert werden muss. Diese unterscheidet sich je nach Lerntheorie bzw. Lernsoftware. Die Verwendung von Kommunikationstools (E-Mail, Forum, Chat) sowie Evaluations- und Prüfungswerkzeuge ist jedoch immanent, um Betreuung ermöglichen zu können. Der Lernerfolg des Teilnehmers hängt somit signifikant von dieser Größe ab, wobei im Rahmen der computerunterstützten Lehre der Lernende selbst aktiv Problembereiche zu artikulieren hat. Der Ansprechpartner ist hierbei der Lehrkörper, welcher sich Zeit nehmen muss mit Problemen der Lernenden zu beschäftigen, um adäquate Hilfestellung aus der „Ferne“ anbieten zu können. [Höb07] [Mei06]

Laut [Mei06] ist aber obendrein noch zu beachten, dass der Wunsch nach Betreuung innerhalb einer Lernapplikation bei jedem Lernsubjekt individuell unterschiedliche Ausmaße annehmen kann. Somit muss ein Lernsystem flexible Werkzeuge zum Tutoring bereitstellen. Höbarth klassifiziert hierbei zwei grundlegende Feedback-Typen. Eine „einfache Rückmeldung“ ist ein Leistungskommentar bzw. die Beantwortung einer Fragestellung in

einer prägnanten Form, wie etwa „richtig / falsch“ oder in Form einer kurzen expliziten oder impliziten Hilfestellung zwecks einer Lösungsfindung. Der Vorteil dieser Feedback-Klasse ist, dass diese meist ohne große zeitliche Verzögerung gesendet kann und somit eine unmittelbare Selbstreflexion des Lerners begünstigen. Hingegen wird der „komplexe Feedback“, bestehend aus einem umfangreichen Kommentar, meist für die Bewertung eines längeren Lernprozesses angewendet, um eine umfassende sowie tiefgründige Selbstreflexion zu ermöglichen. [Höb07]

### 3.3.2 Medien, Lernweg, Akzeptanz

Der Lernstoff wird in einer Lernumgebung mit unterschiedlichen Medientypen (Grafik, Text, Video, Ton, Animation oder Video) präsentiert und er stellt die Grundlage für interaktives Handeln dar. Medienvergleichsstudien definieren wesentliche Variablen in Hinblick auf die Medienklassen, wie etwa die Einflussgrößen Kontrollierbarkeit, Qualität des Materials sowie die Präsentationsform. Der letztgenannte Faktor ist hinsichtlich der Eignung je nach Bedarfssituation, Lernstil bzw. Aufgabenstellung unterschiedlich, denn bestimmte Medienelemente bzw. Darstellungsformen dieser transportieren gewisse Sachverhalte effektiver als andere. [Bru02] [Höb07] [Unz00]

Meier klassifiziert Medien nach dem Begriff „Lernweg“ und gliedert diese nach ihrer Neuartigkeit. Tabelle 3 vergleicht ausgewählte Lernwege nach den Dimensionen Verfügbarkeit, Interaktivität und Selbstbestimmung bezüglich Lerninhalte sowie Lerntempo. [Mei06]

Lernweg	Verfügbarkeit	Interaktivität	Individuelle Lerninhalte	Individuelles Lerntempo
Seminare (Vortrag)		++	+	
Printmedien	++		+	++
Audio/Video	+			
Computer-basiert	+	++	+	++
Web-basiert	+	+	++	++

**Tab. 3.:** Die Tabelle nach [Mei06] stellt die klassischen Medien (Seminar, Printmedien sowie Audio/Video) neuen Lehransätzen (computerunterstützte Lehre, Web-basiertes Training) gegenüber.

Abschließend sei vermerkt, dass nicht jeder Lernende die gleichen Lernwege bzw. Medientypen bei einer Aufgabenstellung bevorzugt. Dieser interne Einfluss wird „Akzeptanz“ genannt und ist gemäß praxisorientierten Untersuchungen nach Meier beispielsweise in Hinblick auf das Geschlecht gleich verteilt. Hingegen nach Altersgruppen aufgelöst (siehe Abbildung 19) weist die Akzeptanz signifikante Unterschiede auf, da ältere Altersklassen aufgrund mangelnder Computerkenntnisse klassische Lernwege favorisieren. [Mei06]

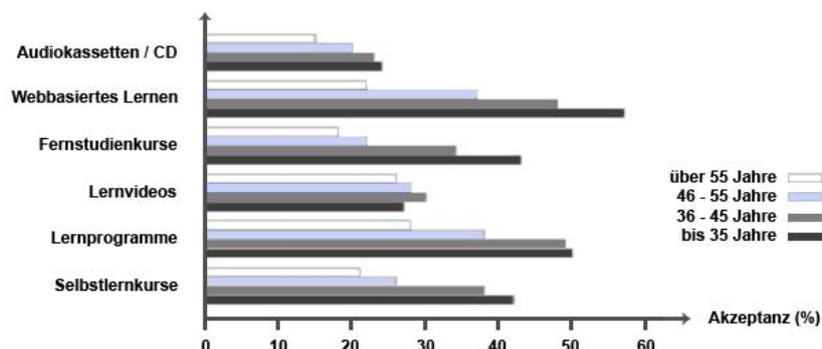


Abb. 19.: Die Akzeptanz von Medien bzw. Lernwegen legt signifikante Unterschiede in Hinblick auf Altersklassen nahe. [Mei06]

### 3.3.3 Konzeptuelle Struktur

Die zu Grunde liegende konzeptuelle Struktur eines Lernsystems beeinflusst die Erwartung des Lerners gegenüber den Inhalten, generiert Annahmen, aktiviert Vorwissen und kann die Verwendung bestimmter Lernstrategien suggerieren. Die konzeptuelle Struktur soll nicht als Design-Aspekt der Komposition verstanden werden, sondern als die grundlegende Anordnung bzw. Verknüpfung der Lernentitäten. Nach Unz fungiert der Aufbau einer Lernumgebung als „Übermittler des Inhalts“. [Unz00]

Die Verbindungsreihenfolgen von Lernkontexten innerhalb einer Lernplattform sind nach Hodges und Sasnett (zitiert nach Unz) komplexer als bei einem Film, denn es können beliebige Organisationsformen angewendet werden. Konzeptuelle Verknüpfungen sind eng mit Topologien der Technologie verbunden und können beispielsweise linear, netzartig (Hypertext-basiert), hierarchisch, sternförmig, temporär oder nach räumlichen Kriterien verbunden werden. [Boy97] [Unz00]

Boyle führt bei der Diskussion der konzeptuellen Struktur an, dass in der gesamten Lernapplikation auf die Beibehaltung der Kohärenz der Organisationform geachtet werden muss, damit der Wechsel zwischen den einzelnen Kontexten den Lernenden nicht desorientiert und somit seinen Lernprozess nicht unterbricht. [Boy97]

### 3.3.4 Design bzw. Kompositionsaspekte

Die Gestaltung der Interaktionsoberfläche eines Lernsystems beeinflusst die Wahrnehmung und hat einen externalen Einfluss auf die Bedeutungskonstruktion. Die Komposition einer grafischen Oberfläche umfasst beispielsweise die nutzerorientierte Organisation der Bedienungselemente oder die optisch ansprechende Gestaltung der Metapher. Zahlreiche Design-Richtlinien bzw. Gestaltungsprinzipien wurden definiert, welche die Interaktion mit der Benutzerschnittstelle vereinfachen sollen. Ein Hauptziel hinsichtlich der Komposition eines Lernsystems ist, dass ein optischer Anreiz für die Auseinandersetzung mit diesem bewirkt werden sollte. Dieser Umstand wird in der Regel mit abwechslungsreich bzw. multimedial aufbereiteten Inhalten erreicht, welche so strukturiert werden, dass diese vertraut

erscheinen bzw. den Erwartungen des Lernenden entsprechen. Je mehr eine Designentscheidung die Beziehung zur Erfahrungs- bzw. Interessenwelt des Lerners entspricht umso effektiver kann der Lernprozess erfolgen. Des Weiteren ist es vorteilhaft für den Lernenden, wenn der Nutzen des Lernstoffs bereits aus dem Design einer Lernapplikation erkennbar ist. An dieser Stelle sei jedoch vermerkt, dass dieser Aspekt bei konstruktivistisch ausgelegten Lernsystemen den Nachteil hervorrufen kann, dass Lernziele bzw. der Lernweg automatisch „vorgegeben“ wird und somit kein selbstbestimmtes Studieren mehr möglich ist. [Bru02] [Höb07] [Unz00]

### **3.3.5 Setting**

Unz stellt fest, dass das Setting einer Lernumgebung selten Untersuchungsgegenstand von Studien ist. An dieser Stelle sei kurz darauf verwiesen, dass räumliche Gegebenheiten oder die Realisierung als individuelles System bzw. als Kollaborationstool external den Lernprozess bzw. die Erwartungshaltung der Lerner beeinflussen können. [Unz00]

### **3.3.6 Interaktion**

Die Einflussgröße „Interaktion“ sei an dieser Stelle als Bindeglied zwischen externalen und internalen Lernfaktoren anzuführen, da dieser von beiden Faktorenklassen in großen Ausmaß beeinflusst wird.

Nach Schulmeister [Schu96] kennzeichnet die Interaktion ein wichtiges Merkmal multimedialer Lernsysteme und ist für das Erleben des Benutzers von großer Bedeutung. Der wechselseitige Charakter dieses Faktors bewirkt aufgrund der individuellen Informationspfade, die je nach Interesse verfolgt werden können, die Zustände Motivation und Neugier. Diese wiederum bewirken eine Beschäftigung mit dem System, verstärken in weiterer Folge das Interesse für das Themengebiet und regen den Lernprozess positiv an. Eine weitere positive Eigenschaft interaktiver Lernumgebungen ist, dass die Interaktion ohne soziale Konsequenzen bleibt. Der Lerner kann im Gegensatz zur Interaktion mit einem Lehrkörper Fehler für sich behalten und beim nächsten Mal vermeiden. Man spricht von der „Sanktionsfreiheit der Interaktion“. So erhält der Lernende permanentes Feedback frei von personalen Bewertungen, was ein Experimentieren ohne Angst vor Bloßstellung ermöglicht. [Schu96]

Interaktion entsteht external aus dem Umgang mit der Hardware des Computers bzw. aus den Interface-Elementen der Benutzerschnittstelle. Internale Faktoren der Interaktion sind aus den Inhalten des Lernstoffs und aus den kognitiven Prozessen, wie etwa Absichten, Vorlieben bzw. Erfahrung abzuleiten. Die Klassifikation nach [Schu96] unterscheidet die Interaktionsaktivität nach reaktivem Charakter (Reagieren auf präsentierte Stimuli), nach proaktivem Typ (Handlungen des Lerners gehen über vorhandene Strukturen hinaus und generieren neue Handlungen) sowie die wechselseitige Interaktion (Austausch zwischen Lernendem und System). [Höb07] [Schu96] [Unz00]

### **3.4 E-Learning**

Eine Definition des Begriffes „E-Learning“ existiert nicht und die Auffassung dieses Ausdrucks änderte sich mit dem Erscheinen neuer Informationstechnologien, welche Verwendung in der Lehre gefunden hatten. Ursprünglich diente „E-Learning“ als ein Sammelbegriff für Lernverfahren, welche mit Hilfe von Informationstechnologien unterstützt wurden, hingegen werden aktuell eher jene Lernsysteme mit diesem Begriff bezeichnet, welche Online-Lernen bzw. „digitale Fernlehre“ ermöglichen. Stangl kennzeichnet „E-Learning“ als eine besondere Form des Computer-unterstützten Lernens, die folgende Eigenschaften aufweist: [Sta09]

- digitale Präsentation der Lernmaterialien mit Hilfe multimedialer Komponenten
- integrierte Möglichkeit zur Interaktion zwischen den Lernenden
- Unterstützung bzw. Betreuung durch einen (virtuell-präsenten) Lehrkörper
- ständige Verfügbarkeit in Form von „Online-Präsenz“

Die anfängliche Begeisterung für „E-Learning“ setzte zahlreiche Hoffnungen in die neue Technologie, wie etwa das Ermöglichen eines unmittelbaren, zielgerichteten sowie kostengünstigen Wissenstransfers. Aufgrund umfassender Forschung sowie Änderungen des Bildungswesens relativierte sich die anfängliche Euphorie. Aktuell wird E-Learning die Rolle der sinnvollen Ergänzung zur traditionellen Präsenzlehre vergeben. Traditionelle Bildungsformen sowie Lehrkonzepte werden nicht verdrängt, sondern es erfolgt eine Reflexion bestehender Ansätze. [Sta09]

#### **3.4.1 Technologie**

Wie bereits angesprochen umfasst der Themenbereich von „E-Learning“ viele Formen computerunterstützter-Lehre, welche je nach Studie unterschiedlicher Klassifikationen unterliegen. Schulmeister [Schu96] kategorisiert die Fülle an Lernsoftware nach Grad der Interaktionsfreiheit des Lernenden. Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden E-Learning Technologien jedoch nach der Gliederung von Meier mit Erweiterungen durch [Höb07] beschrieben, welche vier Kategorien definiert: [Mei06]

##### *1. Lernprogramme:*

Lernprogramme sind Software-Einzelentwicklungen mit dem Ziel Wissenserwerb zu bewirken und werden wiederum in zwei Unterkategorien aufgespalten, welche sich hinsichtlich des zu Grunde liegenden Vermittlungsobjektes unterscheiden. Die erste Klasse beinhaltet Computer-basiertes Training (CBT), die zweite Kategorie umfasst Lernprogramme, welche Web-basiertes Training (WBT) anbieten. Aufgrund des geringen Standardisierungsgrads der Einzelapplikationen weisen sie eine teure Entwicklung sowie ein starres Rahmengestüt auf.

Standardisierte Lehre ermöglichen so genannte Learning Management Systeme (LMS). Primäres Ziel dieser E-Learning Technologie ist die Integration benötigter Lernmechanismen bzw. Funktionen, wie etwa Kommunikation, Kollaboration, Bewertung sowie Evaluation von Lernenden. Die Bereitstellung von Inhalten wird erst nachrangig behandelt. Beispielhafte LMS-Systeme sind WeLearn oder elSitos. [Höb07] [Mei06]

2. *Informationssysteme:*

Die Informationssysteme stellen eine Hilfe bei der Bewältigung von Aufgabenstellungen dar, indem sie zielorientiertes Abrufen von benötigten Informationen ermöglichen. Informationssysteme sind besonders für Fachthemen sowie zur Vermittlung von IT-Wissen geeignet und werden in Form von Fachartikel, Lexika, Glossar, Checklisten, etc. gespeichert. Einen standardisierten Ansatz für Informationssysteme bilden so genannte Content Management Systeme (CMS), welche oft auch „Redaktionssysteme“ genannt werden. Diese dienen der Erstellung, Organisation sowie Administration von webbasierten Sachverhalte und erfüllen im Lernkontext den Zweck Informationen in einer einheitlichen Form zu präsentieren. Beispiele für CMS sind beispielsweise Joomla oder Typo3. [Höb07] [Mei06]

3. *Lern- und Informationssysteme (LIS):*

LIS-Systeme sind eine Kombination der beiden vorangegangenen Konzepte. Learning Content Management Systeme (LCMS) führen die Fähigkeit der Informations-Vermittlung eines Redaktionssystems mit den Lerntools der LMS-Systeme zusammen, wobei in der Praxis die Trennung zu einem LMS System in der Regel nicht klar ersichtlich ist. Der Vorteil dieser Systeme ist, dass sie die Vorzüge beider Systeme kompakt, standardisiert und somit effizient den Lernenden zur Verfügung stellen. Bekannte Lernplattformen sind unter anderem Moodle bzw. Blackboard, wobei Ersteres im Bildungskontext immer wichtiger wird. Des Öfteren werden LIS-Systeme als „Dokumentencontainer“ eingesetzt wird und fungieren somit als „bloße“ CMS-Systeme. [Höb07] [Mei06]

4. *Simulation:*

In der computerunterstützten Lehre können mit Hilfe von Simulationen komplexe Zusammenhänge bzw. Phänomene vermittelt werden. Diese sind Eigenentwicklungen und ähneln Lernprogrammen, werden aber aufgrund ihres Grundprinzips gesondert behandelt. [Mei06]

### **3.4.2 Vor- bzw. Nachteile von E-Learning**

Ein wesentlicher Vorteil von E-Learning Lernplattformen ist, dass ihr Informationsnetz mittels individueller Pfade und somit in beliebiger Reihenfolge erarbeitet werden kann, wodurch individuelles Lernen ermöglicht wird. Die Informationsverarbeitung kann nach persönlich logischen Strukturen erfolgen, wobei räumliche Unabhängigkeit sowie freie

Zeiteinteilung ein Lernen „just in time“ sowie „just in place“ zulassen. Der asynchrone Charakter von E-Learning Technologien bietet die Möglichkeit einzelne Lerneinheiten bei Unklarheiten beliebig oft zu wiederholen. Ein weiterer Vorteil in Hinblick auf diesen Umstand ist, dass bei Wissensmangel bzw. Fehlern der Lerner nicht mit negativen sozialen Konsequenzen zu rechnen hat. Die interaktive Dimension von E-Learning bietet darüber hinaus einen neuen unmittelbaren Weg der Lernerfahrung, welcher aufgrund des multimedialen Charakters Aufnahmekanäle für jeden Lernstil bereitstellt. Neben der Wissensvermittlung fördern E-Learning Systeme auch die Eigenaktivität des Lernenden, welche auch wirkungsvolle Selbstreflexion seitens des Lerners bewirken können. [Mei06] [Sta09] [Unz00]

E-Learning Systeme begünstigen aber nicht nur die Lernenden, sondern verbessern auch die Lehre an sich. Mit Hilfe dieser Technologie kann eine umfassende Dokumentation des Lernfortschritts erstellt werden, welche in weiterer Folge eine effektive sowie individualisierte Lernkontrolle ermöglicht. Mittels Simulationen können abstrakte Inhalte leichter zugänglich gemacht werden und der Lehrende ist in der Lage einen umfangreicheren Lernstoff verarbeiten zu lassen. Darüber hinaus gewährleistet computerunterstützte Lehre größere Interdisziplinarität, internationale Zusammenarbeit und unterstützt berufsbegleitende Weiterbildung. [Mei06] [Sta09] [Unz00]

Als Hauptkritikpunkt von E-Learning ist der technikedeterministische Charakter zu nennen, da des Öfteren didaktische Aspekte bei der Entwicklung von Lernprogrammen zugunsten technologischer Entscheidungen benachteiligt werden. An dieser Stelle sei wieder vermerkt, dass E-Learning nicht als Technologie zu verstehen ist, sondern als eine Lehrstrategie. Des Weiteren muss Lehrenden bewusst werden, dass der Lerneffekt nicht aus der Technologie entsteht, sondern erst die richtige Anwendung den Wissenserwerb begünstigt.

Ein weiterer Nachteil von E-Learning ist die mögliche soziale Isolation, welche auf mangelnden Kontakt zu anderen Lernenden zurückgeführt werden kann. In der Regel stellt hierbei nicht die Kommunikationsbereitschaft des Lerners das Problem dar, sondern die Güte der technologischen Werkzeuge, welche essenzielle Ebenen (Metaebene) der Diskussionen ausblenden. [Mei06] [Sta09]

Kritiker sind der Meinung, dass der Grund des Scheiterns einer Lernplattform primär nicht auf technische bzw. finanzielle Gründe zurückzuführen ist, sondern einerseits aufgrund mangelnder Akzeptanz andererseits wegen nicht zweckgerechter Verwendung erfolgt. Des Weiteren zeigen Studien auf, dass Lehrkräfte häufig nicht in der Lage sind den Lernstoff nach multimedialen bzw. multimedialen Gesichtspunkten aufzubereiten, sowie die didaktischen Funktionen des Lernprogramms inkorrekt anwenden. [Mei06] [Sta09]

Weitere Kritikpunkte stellen die Anforderungen der allgemeinen Computerkenntnisse, die vorausgesetzte Selbstlernkompetenz, das ermüdende Arbeiten vor dem Bildschirm sowie die fehlenden bzw. mangelhaften Bestimmungen für die Bewertung online erbrachter Leistungen, dar. [Mei06] [Sta09]

## 4. Moodle

Eine verhältnismäßig neue Form des technologieunterstützten Lernens stellen „Lern- und Informationssysteme“ (LIS) dar, die im Kapitel 3.4.1 vorgestellt wurden. Ein Vertreter dieser Lernsysteme ist Moodle, welche der Diplomarbeit als Stimulus diente. Moodle ist ein Akronym für *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* und bietet als Softwarepaket die Internet-basierte Durchführung von Kursen an. Der zugrunde liegende lerntheoretische Ansatz baut auf die Grundlagen des Konstruktivismus auf (siehe Kapitel 3.1.3). [Höb07] [Moo08]

Im folgenden Abschnitt wird zunächst das Grundkonzept anhand didaktischer, technischer sowie struktureller Gesichtspunkte erörtert, anschließend werden Lernelemente der Plattform sowie die zur Verfügung gestellten Rollen vorgestellt und abschließend wird die Eignung von Hypertextstrukturen als Lernkonzept diskutiert.

### 4.1 Grundkonzept

Die technische Entwicklung von Moodle begann 1999 an der Curtin University in Australien durch Martin Dougiamas mit der Absicht Vorteile der Managementsysteme CMS sowie LMS (vorgestellt in Abschnitt 3.4.1) in einer einzigen Plattform zu kombinieren. Moodle ist daher ein Vertreter der LCMS Systeme und ist mittlerweile weltweit die meistgenutzte Lernplattform überhaupt. [Höb07] [Moo08]

Das Grundkonzept auf welches Moodle abgebildet wurde, ist die Organisationsstruktur eines „Schulungsgebäudes“, bestehend aus den Lehrkörpern, Räumlichkeiten der Lehre, Kommunikations- bzw. Kollaborationsräumen, Bibliothek, sowie Prüfungssälen. Die Modellierung dieser soeben angeführten Strukturelemente erfolgt mit den unter Kapitel 4.2 dargestellten Arbeitsmaterialien, Lernaktivitäten sowie Rollen. Die Abbildung auf bereits bekannte Strukturen erleichtert den Lernenden den Zugang zu den Wissensinhalten und ermöglicht den Benutzern des Lernsystems auf bestehende Methoden bzw. Lernstrategien zurückzugreifen. [Hil07] [Moo08]

Die konzeptuelle Grundlage von Moodle lässt sich neben universitärem sowie schulischem Einsatz auch auf andere Einsatzbereiche anwenden, wie etwa bei Schulungen im betrieblichen Umfeld, Sprachtraining, Kundensupport, Wissensmanagement oder unternehmensinterne Kollaboration. [Höb07]

#### 4.1.1 Pädagogische Grundlage

Moodle baut auf den Konstruktivismus auf (Abschnitt 3.1.3), der eine eigenverantwortliche Arbeitsweise voraussetzt und die Konstruktion der eigenen Lernsituation bezweckt. Das didaktische Konzept von Moodle besteht nun darin, dass der Trainer Kursseiten zusammenstellt, welche das Themengebiet der Lehre in unterschiedlichen Kontexten sowie

mit multimodalen bzw. multimedialen Lernelementen darstellt. Somit geht das Lehren bzw. ein erfolgreicher Lernprozess nicht aus der Natur der Moodle-Technologie empor, sondern aus der Freiheit der Gestaltung eines Lehrplans. Moodle unterstützt eine Vielzahl an digitalen Darstellungsformen, da nahezu alle gängigen Datenformate auf das System geladen werden können. Die Selektion der bevorzugten Lernmaterialien erfolgt bei Moodle anschließend nach einer individuellen Entscheidung des Lernalerns. Die pädagogische Überwachung ist in Moodle flexibel realisiert, da von vollständiger Eigenverantwortung bis hin zu striktem Tutoring alle möglichen Betreuungsformen modelliert werden können. [Hil07] [Höb07] [Moo08]

Ein Aspekt, welcher das Lernen mit Moodle erschwert, betrifft das Erlernen komplexer Inhalte, die im Gegensatz zum Frontalunterricht nun ohne persönliche Betreuung erfolgt. Mit Hilfe intensiver Kommunikation bzw. Feedback kann diese Problemstellung aber überwunden werden. Ein weiterer Nachteil von Moodle ist der erhöhte Zeitaufwand für die Vorbereitung bzw. Erstellung von digitalen multimodalen Lerninhalten. [Höb07]

#### **4.1.2 Technische Realisierung**

Moodle ist als eine Webserver- und Datenbank-basierte Applikation ausgelegt, die größtenteils in der Programmiersprache PHP entwickelt wurde. Somit ist Moodle auf jedem Arbeitsplatzrechner lauffähig, welcher die Programmiersprache PHP sowie die SQL-Datenbanksysteme verwalten kann. Somit kann Moodle auf alle gängigen Betriebssysteme aufgesetzt werden. Laut [Hil07] ist die Anzahl benötigter Hilfsmittel gering, da lediglich ein PC mit Internetzugang sowie installiertem Browser vorausgesetzt wird.

Gemäß [Höb07] zeichnet sich Moodle durch eine einfache Installationsroutine, einen niedrigen Server-Ressourcenverbrauch, eine intuitive Bedienung sowie eine Anwenderfreundliche Navigation aus. Die Lernplattform benötigt in der Regel nur eine kurze Einarbeitungsphase, da sie eine stark Web-basierte Struktur aufweist. Darüber hinaus ist Moodle modular aufgebaut, wodurch anwendungsbezogene Skalierbarkeit garantiert werden kann. Moodle-Installationen können flexibel mit speziellen Funktionen erweitert bzw. bei Bedarf auch funktional reduziert werden. [Hil07] [Höb07] [Moo08]

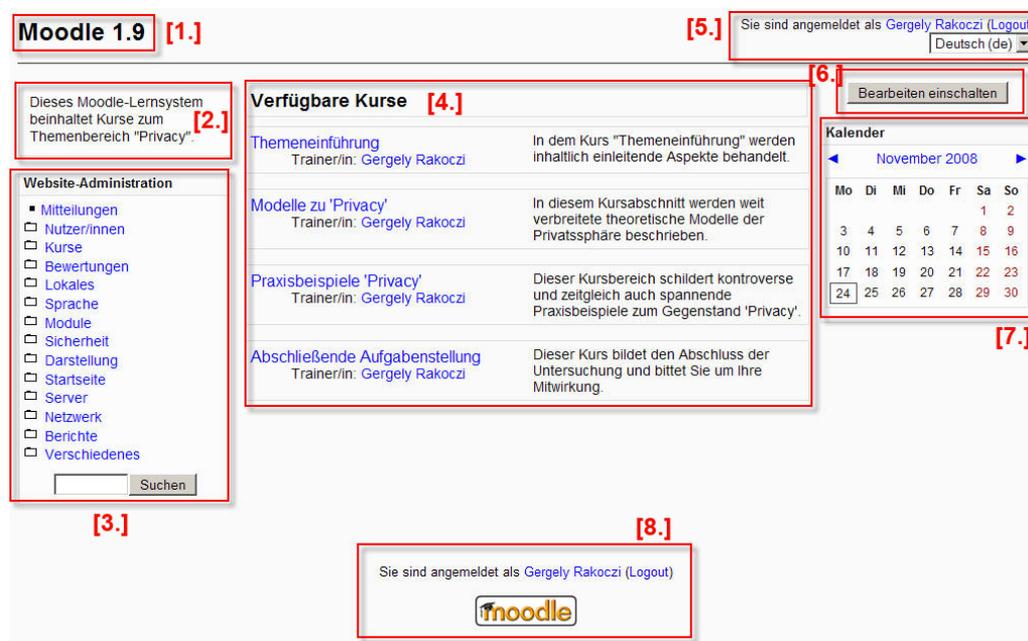
Das Lizenzmodell des Lernsystems beruht auf Open Source, wodurch eine Weiterentwicklung bzw. Anpassung des Programms im Rahmen der GNU/GPL Lizenz möglich ist. Des Weiteren können innerhalb einer Moodle Instanz unterschiedliche Mandantenmodelle zugewiesen werden, wodurch Teilbereiche eigenständig verwaltet werden können. Beispielsweise kann die Moodle Instanz einer Universität in die einzelnen Institutsmandate aufgespalten und autonom betrieben werden. [Hil07] [Moo08]

Nach der internationalen Vergleichsstudie von Lernsystemen [Bau04] weist Moodle eine gute Leistungseffizienz hinsichtlich Flexibilität, Funktionsumfang sowie Bedienbarkeit auf. Darüber hinaus ergab die Studie, dass Moodle ein exzellentes Support-System anbietet sowie aufgrund der freien Entwicklung zusätzlicher Modulen sich der Funktionsumfang fortlaufend vergrößert. [Bau04]

### 4.1.3 Struktureller Aufbau

Die Modularität von Moodle wird mittels flexibel organisierbarer Blöcke realisiert, die semantisch bzw. funktionell verschiedene Programmteile gruppieren. Die Blöcke können mittels ein-, zwei- oder dreispaltiger Layouts angeordnet werden, hingegen die Kursraumformatierung nach Themen-, Wochen-, Foren- bzw. SCORM-Format gegliedert werden kann. [Moo08]

Die Startseite von Moodle, sowie eine exemplarische Kursseite werden in den Abbildungen 20 und 21 dargestellt. Ein Nachteil, welcher aus der Struktur hervorgeht, ist die mögliche Verwendbarkeit als reinen „Dokumentencontainer“. Hierbei werden die angebotenen Lernaktivitäten vom Lehrenden nicht genutzt und das System wird als eine reine Informationsplattform aufgefasst. [Höb07]



**Abb. 20.:** Die Abbildung zeigt einen Screenshot der Moodle-Startseite und visualisiert die grundlegenden strukturellen Elemente. Eine Moodle-Lernplattform weist in der Regel den Titel [1.], eine Kurzbeschreibung der Moodle-Instanz [2.], den Administrations-Block [3.], die Auflistung aller Kurse bzw. Kursgruppen [4.], die Statusanzeige sowie die Sprachauswahl [5.], die Schaltfläche für die Trainer-Editierfunktion [6.], den Kalender [7.] und zuletzt den Anmeldestatus, sowie das Logo der Moodle-Instanz [8.], auf. [Höb07]



**Abb. 21.:** Die Lerninhalte werden innerhalb eines Kurses angeführt, wobei sich Kurse von der Startseite nur geringfügig unterscheiden. Der modulare Aufbau von Moodle wird mit Hilfe der Blöcke in der linken [1.] sowie rechten Spalte [3.] realisiert, hingegen werden die Lernelemente (beschrieben in Abschnitt 4.2) zentral in sequenzieller Reihenfolge angeführt [2.]. [Höb07]

## 4.2 Lernelemente von Moodle

Die Lernplattform Moodle setzt das Lehren mit Hilfe zweier Funktionsklassen um, namentlich „Arbeitsmaterialien“ sowie „Lernaktivitäten“.

Arbeitsmaterialien können als multimodale Lerneinheiten auf Kursbereichen platziert werden. In Moodle können Lernelemente in Form von Links zu Webressourcen, als Einzeldateien mit beliebigem Datentyp, als ganze Verzeichnisse (Dateisammlung zu einem Themenbereich), als Textseiten sowie als HTML-Seiten zur Verfügung gestellt werden. Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass Arbeits-Materialien die Funktion der Informationsbereitstellung erfüllen. [Höb07]

Im Gegensatz dazu stehen die so genannten „Lernaktivitäten“, welche pädagogische sowie didaktische Funktionen umsetzen, wie etwa die Förderung der Kommunikation, der Kooperation, der Kollaboration sowie der Selbstreflexion. Darüber hinaus können mit Lernaktivitäten sowohl Prüfungen als auch Aufsicht, Feedback und Evaluierung bewerkstelligt werden. Der grundlegende Zweck dieser Funktionsklasse, welche modular mit Hilfe spezieller Blöcke ins System eingebunden werden, ist jener, dass Lernende nach dem

konstruktivistischen Ansatz zu einer intensiven Auseinandersetzung mit den Arbeitsmaterialien gebracht werden. Die in der Standardinstallation von Moodle zur Verfügung gestellten Lernwerkzeuge werden samt ihrer pädagogisch-methodischen Einsatzmöglichkeiten in Tabelle 4 angeführt. [Höb07]

Lernaktivität	Kurzbeschreibung	Informations- vermittlung	Kommunikation	Kooperation bzw. Kollaboration	Prüfung	Selbstreflexion	Aufsicht und Evaluierung	Feedback
Abstimmung	Abstimmung zu einer Fragestellung	X		X			X	X
Aufgabe	zu lösende Aufgabenstellung				X			
Blog	Online-Tagebuch	X	X	X		X		X
Chat	Synchrone Kommunikation		X	X				X
Datenbank	Strukturiertes Ablegen von Information	X		X				
Forum	Diskussionsplattform	X	X	X				X
Glossar	Nachschlagewörterbuch	X		X		X		X
Hot-Pot Test	Online-Übungen in unterschiedlicher Form				X	X		X
Lektion	Aufteilung des Lernstoffs in kleine Abschnitte	X			X	X		
Lernpaket (SCORM)	Schnittstelle zu Autorensystemen	X			X			
Test	Klassische Prüfung in multipler Form				X			X
Umfrage	Meinungserhebung zu einem Themenaspekt					X	X	X
Wiki	Gemeinsames Verfassen von Texten	X	X	X		X		X
Workshop	Aufgabe mit Bewertungsmöglichkeit zwecks gezielter Selbstreflexion				X	X		X
„Arbeitsmaterialien“	Zur Verfügung stellen von Lernmaterialien	X						

**Tab. 4.:** Die Tabelle zeigt die Aufschlüsselung der Moodle-Lernaktivitäten nach didaktischer bzw. pädagogischer Funktion. [Hil07] [Höb07]

Im Rahmen der konstruktivistischen Lehre ist die Rolle des Lehrkörpers entscheidend, da dieser dem Lernenden sowohl die Freiheit hinsichtlich der individuell bevorzugten

Lernsituation gewährleistet, als auch die Entwicklung des allgemeinen Lernprozesses überprüfen muss. Die Betreuung wurde in Moodle mit den sogenannten „Rollen“ realisiert, welche unterschiedliche Lehrfunktionen ermöglichen. Diese werden nun mit Hilfe der Bezeichnungen der Standardinstallation erörtert, welche aber je nach Moodle Instanz verschiedenartig vergeben werden können: [Hil07] [Moo08]

1. „*Administrator/in*“: übernimmt die technische Betreuung von Moodle.
2. „*Kursverwalter/in*“: hat die administrative Rolle Aufgaben bzw. Kurse einzurichten, Trainer den Kursen zuzuweisen, sowie An- / Abmeldung von Teilnehmern durchzuführen.
3. „*Trainer/in*“: ist der eigentliche Lehrkörper und stellt Arbeitsmaterialien zur Verfügung, bestimmt Lernaktivitäten sowie übernimmt die didaktische bzw. pädagogische Kursbetreuung.
4. „*Co-Trainer/in*“: ist ein Assistent mit meist administrativer Funktion.
5. „*Teilnehmer/in*“: ist ein Lernender mit dem Ziel des Wissenserwerbs.
6. „*Gast*“: hat Zugang zu den Kursinhalten mit dem Ziel des Einblicks. [Moo08]

### **4.3 Hypertextstruktur als Lernkonzept**

Da die Lernplattform Moodle eine Web-basierte Applikation darstellt, ähnelt seine Grundstruktur dem Hypertextkonzept. Im Rahmen dieses Abschnitts erfolgt nun eine kurze Vorstellung der Hypertextstruktur und seiner Aspekte hinsichtlich des Lernprozesses.

Ein System, welches Informationen in Hypertextstruktur organisiert, weist eine nicht-lineare Anordnung seiner Elemente auf. Ein Hypertextnetzwerk besteht aus Knoten, welche eine abgeschlossene Menge an Information darstellen, sowie aus Kanten, welche zwei Knoten miteinander verbinden. Diese Verbindungskanten können uni- bzw. bidirektional erfolgen sowie entweder organisatorisch / referenziell oder semantisch sein. Der Wissenserwerb findet durch individuell verschiedene Lesepfade innerhalb der Netzstruktur statt.

Der Begriff „Hypermedia“ steht für die multimediale Ausstattung eines Hypertext-Systems, welches nach den soeben genannten Kriterien konzipiert ist. Hypermediale Plattformen kommen dem konstruktivistischen Lernansatz entgegen, da sie durch die Kombination von Text, Ton, Bild, Film sowie Animation einen multisensorischen Eindruck und multiple Repräsentationen des Lernstoffes ermöglichen. Somit kann eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Themenschwerpunkt bewirkt werden. [Unz00]

Die Hypertextstruktur ist wie geschaffen für den konstruktivistischen Lernansatz, da nach individueller Lernentscheidung bei jedem Knotensprung neue Wissenseinheiten erfasst werden können. Gemäß Unz gibt es jedoch bestimmte Aspekte, welche beim Lernprozess mit einer Hypertext-basierten Plattform zu berücksichtigen sind. [Unz00]

Die Darstellungsform der Verbindungskanten ist nicht standardisiert und des Öfteren werden visuelle Metaphern eingesetzt, welche vertraute Mechanismen bzw. Abstrahierungen (zwecks der Vereinfachung der Orientierung bzw. Bedienung) darstellen. Diese sollen die

kognitive Last mindern und so Verwirrungen entgegenwirken bzw. ein schnelles Lernen mit dem System ermöglichen. Im Gegensatz zum Internet, wo Links willkürliche Darstellungsformen annehmen, werden bei Lernsystemen, so auch bei Moodle, standardisierte Verknüpfungen verwendet. Dies ist essenziell, da erst die einheitliche Erscheinungsform das Vorhandensein weiterer Informationen (Knoten) signalisiert. [Unz00]

Um das Auffinden weiterer Informationseinheiten zu erleichtern bzw. den Lernprozess aufrecht erhalten zu können, ist das Anbieten von Orientierungshilfen essenziell. Hierbei existieren verschiedenartige visuelle Methoden, wie etwa Menüs, Inhaltsverzeichnisse, Breadcrumb Navigation, Guided Tour (bestehend aus einem Ring von Knoten), Register, Glossar, autorendefinierte Wegweiser, Suche bzw. individuelle Lesezeichen. [Nie01] [Unz00]

Der Informationszugriff bei Hypertextsystemen erfolgt entweder durch eine Bewegung zu einem zwischen benachbarten Knoten oder über ein „Hinnavigieren“ via den soeben genannten Orientierungshilfen. [Unz00]

Problembereiche, welche beim Lernen mit Hypertext-basierten Systeme auftreten können, betreffen die Granularität bzw. den Grad der Modularität des Knotennetzes. Bei der Gestaltung des Lernsystems sollte auf eine ausgewogene Balance zwischen zu kleinen sowie zu großen Informationsblöcken geachtet werden, da laut [Unz00] beim Ersteren verwirrende Aufspaltung, beim Zweitgenannten eine kognitive Überlast auftreten kann.

Conklin bezeichnet diese Problembereiche mit den Begriffen „*getting lost in hyperspace*“ sowie „*cognitiv overload*“: [Con87]

1. „*getting lost in hyperspace*“:

Bücher geben eine sequenziell festgelegte Reihenfolge des Lesens vor, hingegen haben Hypertextsysteme eine vollkommen ungeordnete Struktur. Diese kann den Lernenden zum ziellosen Herumirren bewegen bzw. für Verwirrung sorgen, falls es dem Lerner an Lernzielen bzw. Lerninteressen mangelt.

2. „*cognitiv overload*“:

Im Gegensatz zu linear angeordneten Lernunterlagen, erhöht sich bei Hypertextsystemen der mentale Aufwand, da zusätzliche Kapazitäten für den Entscheidungsprozess benötigt werden, um aus der Vielzahl an potenziell-möglichen Pfaden, die für die jeweiligen Lernsituation relevante auszusuchen. Im Rahmen dieser Prozedur erfolgt nicht nur eine Auseinandersetzung mit dem Themenbereich selbst, sondern auch zusätzlich eine mit der Navigation.

## 5. Einflussgrößen auf das Benutzer-Verhalten

Aus der Fülle an Einflussfaktoren, welche das User-Verhalten tangieren, werden im Rahmen dieses Abschnitt jene behandelt, die eine studienrelevante Funktion erfüllen. Diese sind die pragmatische bzw. hedonische Qualität sowie das Involvement. Darüber hinaus werden die zwei verwendeten Medientypen „Text“ und „Grafik“ in Hinblick auf das Eye Tracking Verfahren erörtert. Abschließend erfolgt eine Beschreibung der kognitiven Einflussgrößen, namentlich Primär- sowie Rezenzeffekt, welche bei qualitativen Interviews für die Informationswiedergabe von Bedeutung sind. Um diese Effekte jedoch kontextuell behandeln zu können, wird zuvor das Themengebiet der Gedächtnismodelle erläutert.

### 5.1 Pragmatische Qualität, Usability

Die Definition nach Hassenzahl besagt, dass sobald ein interaktives Computerprogramm als ein „Manipulationswerkzeug“ der Umwelt wahrgenommen wird, besitzt dieses eine so genannte „*pragmatische Qualität*“. Dieser Aspekt erfüllt neben der Durchführung der Aufgabenstellung auch menschliche Bedürfnisse, wie etwa Kontrolle, Vertrauen und Sicherheit. Das soeben angeführte Kriterium wird in der Informatik als „Usability“ bezeichnet und resultiert aus der Bedienung eines Programms. Der für die Studie relevante Qualitätsaspekt ähnelt weiteren Begriffen, beispielsweise der Benutzerfreundlichkeit, Gebrauchstauglichkeit, Benutzbarkeit oder Anwendbarkeit und ist durch das Zertifikat „DIN EN ISO 9241 Teil 11“ wie folgt definiert: [Has03] [Kai07]

*„ [...] das Ausmaß, indem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen [...]“ [Kai07]*

Die pragmatische Qualität eines Computerprogramms wird als hoch bewertet, wenn das Lösen einer Aufgabe aufgrund effizienter bzw. intuitiver Navigation rasch zu erledigen ist. Ein weiterer Faktor für hohe pragmatische Qualität ist im Falle einer Oberflächengestaltung gegeben, wenn diese die Unterscheidung zwischen wesentlichen und unwichtigen Informationselemente begünstigt. [Kai07]

Im Falle mangelnder Usability sind Schwankungen der Arbeitseffizienz, im Bereich der computerunterstützter Lehre sind Defizite beim Lernerfolg zu verzeichnen, die beispielsweise auf eine nicht zweckgemäße Bedienung des Systems oder auf eine erschwerte Orientierung zurückgeführt werden können. [Bru02] [Kai07]

### 5.2 Hedonische Qualität

Wird die unter dem vorigen Abschnitt behandelte „pragmatische Qualität“ mit Dimensionen erweitert, welche neue Herausforderungen an den Benutzer stellen, die visuelle Gestaltung

stimulieren oder eine bestimmte emotionale Identität vermitteln, dann weist ein Computerprogramm nach Hassenzahl auch eine so genannte „hedonische Qualität“ auf. Dieser Programmaspekt rückte in den vergangenen Jahren in das Untersuchungsfeld der Informatik, wobei bei der Software-Entwicklung in Hinblick auf die Relevanz, Wichtigkeit sowie Design diskutiert wird. In der Spiele-Industrie wird jedoch dieser Faktor nachweislich als immanenter Entwicklungsaspekt behandelt. [Has03] [Kai07]

Eine „hedonische“ Zustimmung umfasst die Betrachtungsaspekte „Spaß“ bzw. „Freude“ beim Umgang mit der Software, Sympathie gegenüber Systemkomponenten, visuelle Attraktivität sowie Ästhetik des Computerprogrammes. Eine erhöhte „hedonische Qualität“ kann einerseits ein intensiveres Erleben bzw. aufmerksameres Verhalten des Users indizieren, andererseits kann sie im Falle empfundener Freude bzw. Spaß bei der Benutzung der Applikation einen verstärkten Gebrauch hervorrufen. Eine weitere Dimension betrifft die Vermittlung bestimmter Identitäten, welche durch spezifische Erscheinungsbilder (beispielsweise Avatare) kommuniziert werden können. Des Weiteren kann eine Computeroberfläche verschiedene Profile, wie etwa eine professionelle, moderne oder kreative Wirkung vermitteln, sowie ist in der Lage durch Funktionen als soziales Statussymbol zu fungieren. [Has03] [Kai07]

Im Rahmen der „hedonischen Qualität“ ist jedoch zu beachten, dass diese bei unterschiedlichen Entitäten verschiedene Bedeutung annehmen kann, denn beispielsweise stufen Benutzer eines Bankautomaten die „pragmatische Qualität“, in Form von Sicherheit bzw. Bedienbarkeit, höher ein als die „hedonische Einflussgröße“, mit Attributen wie visuelle Attraktivität oder Spaßfaktor. [Kai07]

### **5.3 Involvement**

Im Rahmen der Verwendung eines Informationssystems gibt es nach Kappelmann (zitiert nach Kain) den Einflussfaktor „*Involvement*“, welcher eine „bedürfnisbasierte motivationale Einstellung“ signalisiert. Im Rahmen eines Informationsbearbeitungsprozesses wird diese Einflussgröße als ein willkürlicher Faktor angesehen, der nicht von einem Reiz-Reaktionsmechanismus entstammt, sondern als eine von der Kognition ausgehendes Engagement verstanden wird. Das Involvement bewegt ein Subjekt aufgrund persönliches Interesse zu einer freiwillig intensiven Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung und signalisiert somit das Niveau der Bearbeitungsbereitschaft bzw. der Interessenlage. Das Involvementkonzept steht somit indirekt mit der Aufmerksamkeit in Verbindung und hat somit einen Einfluss auf ihre Ausrichtung. [Kai07]

Nach Zaichkowsky weist das ursprüngliche Involvementkonzept drei wesentliche Wirkungsebenen auf: [Zai85]

1. *Personenfaktor:*

Diese Ebene umfasst die subjektiven Bedürfnisse eines Subjekts, welche sich in Form von grundlegendem Interesse, bestimmten Einstellungen, Wertvorstellungen, sowie als Ziele bemerkbar machen.

2. *Stimulusfaktor:*

Die Bearbeitungsbereitschaft geht zu einem gewissen Teil auch von den Objekteizen selbst aus.

3. *Situationsfaktor:*

Die letzte Ebene besagt, dass Involvement stark von der kontextuellen Gegebenheit abhängt, wobei sich diese über die Zeit verändern und somit stets neue Ansichten des Subjekts bewirken kann. [Zai85]

Das initiale Konzept wurde von Zaichkowsky nachträglich mit dem Aspekt erweitert, dass das Involvement in der Regel auf zwei Motivtypen basiert. Einerseits kann die Interessenlage „kognitiv“ begründet sein, wobei der persönliche Nutzen zwecks Erfüllung der gesetzten Ziele als Beweggrund fungiert, andererseits kann die Bearbeitungsbereitschaft „affektiv“ erfolgen, wobei emotionale Zustände bzw. Gefühle, welche aus den Eigenschaften des Objekts entstehen, als Grund für das Involvement dienen. [Zai94]

Die Messung des Bearbeitungsbereitschaftsniveaus erfolgt mit Hilfe von Bewertungsskalen und mittels subjektiver Rankings ausgewählter Objekte. Nach [Lev91] existieren zwei Stufen dieses Einflussfaktors. Das niedrige Niveau („low“) umfasst wenig involvierte Benutzer, die einen Sachverhalt kontrolliert aber nicht allzu intensiv erarbeiten bzw. sich gedanklich nur bedingt mit den präsentierten Inhalten befassen. Die zweite Stufe dieser Einflussgröße, welche eine erhöhte Interessenlage anzeigt („high“), beinhaltet involvierte User, die eine umfassende sowie profund kontrollierte Auseinandersetzung mit den Informationen aufweisen. Im Rahmen von Eye Tracking Studien stellten Kroeber-Riel et. al überdies fest, dass sich mit Zunahme des Involvements die Gesamtdauer der Objektbetrachtungen signifikant steigert. [Kai07]

Der wesentliche Nachteil des Involvementkonzepts betrifft die bereits genannten Messverfahren, welche keiner Standardisierung unterliegen. Somit ist keine Vergleichbarkeit der einzelnen Studienergebnisse gewährleistet. Darüber hinaus sind die mittels Bewertungsskalen ermittelten Ergebnisse nicht zuverlässig, da diese nur einen Teilbereich des gesamten kognitiven bzw. affektiven Spektrums erfassen. Des Weiteren sind Ergebnisse stark individuell subjektiv und somit nicht einfach zu vergleichen. Beispielhafte Problemfälle, welche bei der Untersuchung mit Bewertungsskalen auftreten können, werden im Kapitel 7.5 detailliert behandelt. [Zai85]

## **5.4 Einfluss des Medientyps**

Computerunterstützte Lernsysteme bestehen aus multimedialen Elementen, welche besondere Eigenschaften in Hinblick auf die Informationsverbreitung bzw. –Darstellung haben. Im Rahmen dieses Abschnitts wird zunächst die grundlegende Bildschirmbetrachtung, ausgehend vom visuellen Wahrnehmungsprozess des Kapitels 2.2, erörtert und anschließend werden die zwei wesentlichen Medientypen, namentlich „Text“ und „Grafik“, welche beim Stimulus der Diplomarbeit hauptsächlich verwendet wurden, hinsichtlich ihrer Funktion, Eigenschaften bzw. Auswirkungen aufs Eye Tracking Messverfahren, behandelt. Weitere Medientypen wie

etwa Ton, Animation oder Video werden im Rahmen dieser Studie nicht behandelt, da sie den Rahmen der Arbeit sprengen würden.

### 5.4.1 Bildschirmbetrachtung

Am Bildschirm dargestellte Inhalte unterliegen Gesetze visueller Wahrnehmung, weisen aber nach [Wir02] spezifische Eigenschaften auf. Bei zielloser Betrachtung einer Bildschirmoberfläche beschreibt Wirth zwei entscheidende Zustände, namentlich die „Scannen-Phase“, bei welcher mittels flüchtiger Orientierungsblicke die dargestellten Informationen unvollständig überflogen werden, und die „Lesen-Phase“, wobei die relevant eingestuften Regionen des ersten Abschnitts genauer betrachtet werden. Der Verlauf dieser Verarbeitung ähnelt dem „Skimmen“, ein Lesen mit erhöhter Lesegeschwindigkeit, wobei Sätze unvollständig „angelesen“ werden, Informationen nach jeweiliger Relevanz verarbeitet werden und Abbildung nicht nur angeblickt, sondern wesentlichen Merkmale erforscht werden. Erscheint das Betrachtete als überaus interessant, werden die Inhalte abschließend mit höchster Genauigkeit extrahiert. Wirth führt jedoch an, dass diese Form der Informationsverarbeitung bei zielorientierter Informationssuche nicht erfolgt. [Kai07] [Wir02]

### 5.4.2 Medientyp ‚Text‘

Der menschliche Wissenserwerb basiert hauptsächlich auf textuelle Informationsquellen, wie etwa Bücher oder Journale. Hierbei besteht die allgemeine Annahme, dass der Text ein „*schwieriges Medium*“ ist und in Folge dessen der Leser automatisch beim Verarbeiten die Aufmerksamkeit erhöht. Studien hingegen zeigen, dass textuelle Informationen auf dem Bildschirm bei vielen Benutzern eine andere Bedeutung zugesprochen bekommt. Die Leser digitaler Texte sind des Öfteren weniger konzentriert, wodurch textuelle Inhalte häufig überflogen werden. Ein weiterer Grund für das „unbeliebte“ Studieren eines Dokuments am Bildschirm ist, dass dieser Prozess deutlich anstrengender ist, denn Studien belegen, dass die Lesegeschwindigkeit am Computer um bis zu 25 Prozent abnehmen kann. [Bru02]

Wesentliche Eigenschaften, welche das Leseverhalten bzw. -Fluss positiv beeinflussen, sind die Strukturierung in sinnvoll getrennten Abschnitte, Verwendung optimaler Satzlängen, Zielgruppen-angepasstes Vokabular, Zwei-Spalten Schreibweise, sowie die Verdeutlichung des „roten Fadens“. Des Weiteren sollte nach Bruns eine Lernplattform versuchen so viel Text wie möglich in ein anderes mediales Element überzuführen, um die Lesbarkeit von Lehrinhalten zu verbessern. Hierzu eignet sich meist eine grafische Abbildung am besten, da eine Kombination von Text und Bild das Lernen optimiert. Die beiden medialen Elemente sollten möglichst nahe beieinander platziert werden, sodass diese gleichzeitig bzw. als zusammengehörend erkennbar sind. [Bru02]

Die ersten bekannten Eye Tracking Studien wurden im Rahmen der Leseforschung eingesetzt um Lesestrategien (genauer, Muster der Augenbewegungen beim Erfassen textueller Informationsquellen) zu untersuchen. Hierbei konnten spezifische Auffälligkeiten in Hinblick

auf das Medienelement „Text“ festgestellt werden, welche nun nachfolgend angeführt werden. [Duc03]

Rayner definiert, dass Augenbewegungen bei stillem bzw. lautem Lesen auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen, ein Umstand, welcher sich besonders beim Parameter „Fixationsdauer“ bemerkbar macht. Darüber hinaus werden Fixationsmuster von textuellen sowie typografischen Variablen beeinflusst, wie etwa von der konzeptuellen Schwierigkeit des Medientyps. Hierbei gilt, dass komplex strukturierte Inhalte die Fixationsdauer erhöhen sowie die räumliche Ausdehnung der Sakkaden minimieren. Ausgewählte Faktoren nach Rayner, welche die Eye Tracking Ergebnisse beeinflussen, sind der Abstand zwischen den Buchstaben, die Printqualität sowie die Linienlänge. [Ray98]

Die perzeptuelle Spannbreite beim Lesen ist relativ schmal und die Wortidentifikations-Spannbreite sogar wesentlich kleiner. Englische, holländische sowie französische Leser perzipieren nach Duchowski drei bis vier Buchstaben links vom Fixationszentrum sowie 14 bis 15 Buchstaben auf der rechten Seite. Rayner hingegen postuliert den „*moving window*“ Ansatz, welcher bei englischen Probanden eine Sakkadengröße von sieben bis neun Buchstaben ergab. Die Fixationen bei dieser Studie waren zwischen 200-250 Millisekunden, wobei die fürs Lesen benötigte visuelle Information bereits in den ersten 50-70 Millisekunden der Fixation erfasst werden. [Duc03] [Ray98]

Eine weitere Auffälligkeit beim Medientyp „Text“ wird „globaler Effekt“ bzw. „*center of gravity*“ genannt. Dieser Einflussfaktor besagt, dass bei einem größeren Sprung zu neuem Textbereich, die Sakkade zwischen zwei benachbarten Wörtern landet. Ausgehend aus dieser Feststellung können Betrachtungspositionen identifiziert werden, aus welchen optimale Lesestrategien, wie vorsichtiges / genau prüfendes / riskantes oder überfliegendes Lesen, abgeleitet werden können. Aufgrund der Neuartigkeit dieser Untersuchungen sind diese Lesephänomene, aber noch nicht vollständig erforscht und werden an dieser Stelle nicht weiter behandelt. [Duc03]

### 5.4.3 Medientyp ‚Grafik‘

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Medientyps „Grafik“ ist der Umstand, dass dieser unmittelbar ohne großen Aufwand die Aufmerksamkeit des Betrachters auf sich zieht. Mit Hilfe von Bildern können auf kompakte Art und Weise eine Fülle von Informationen dargestellt und somit vermittelt werden. Grundsätzlich wird zwischen zwei groben Kategorien von Grafiken unterschieden, namentlich zwischen „Diagrammen“ und „Bildern“. Diagramme eignen sich hervorragend um quantitative Zusammenhänge zu beschreiben und Information kompakt zu strukturieren. [Bru02]

In Hinblick auf Bildern beschreibt Weidemann drei wesentliche Dimensionen: [Wei94]

#### 1. *Zeigefunktion*:

Die Zeigefunktion beschreibt den Aspekt der Informationsdichte, welche beispielsweise bei einer hoch aufgelösten Fotografie mehr Inhalte aufweist als bei einer Zeichnung bzw. einer Skizze. Die Zeigefunktion ist je nach kontextueller Verwendung des Bildes unterschiedlich ausgeprägt. [Wei94]

2. *Situierfunktion:*

Diese Dimension beschreibt die Tatsache, dass ein Bild bestimmte Szenarien bzw. Themeninhalte einfacher und schneller beschreiben kann als dies ein mehrzeiliger Text vermag. Beispielsweise ist es einfacher ein Bild eines Marktplatzes zu zeigen als auf die Themenaspekte eines Marktes textuell einzugehen. [Wei94]

3. *Konstruktionsfunktion:*

Bilder, aber vor allem Bildfolgen unterstützen den Lernprozess signifikant, da sie aufgrund ihres visuellen Charakters die erfasste Sachverhalte auf direkte Weise dem zugrunde liegenden mentalen Modell überträgt. Als Beispiel wäre die schrittweise bildliche Erklärung eines technischen Gerätes anzuführen. [Wei94]

Während Texte im Rahmen der Leseforschung des Öfteren Untersuchungsgegenstand von Eye Tracking Studien waren und somit das Leseverhalten bereits umfassend erforscht wurde, gibt es zur Untersuchung der Szenenwahrnehmung verhältnismäßig wenig Tests. Es existieren somit kaum allgemein anerkannte Muster in Hinblick auf die Betrachtung der Bilder. [Duc03]

Bei der Bildwahrnehmung sind die grundlegende Fragestellungen nach „Position“ sowie der „Fixationsdauer“ essenziell, da diese Aufschluss über mögliche Wahrnehmungs-Präferenzen geben. Die Bilderfassung geschieht nicht willkürlich sondern nach dem Ansatz relevante Interessenregionen mittels Clustering zu identifizieren. Duchowski sowie Henderson gehen davon aus, dass die ersten Fixationen bereits überaus früh den Hauptinhalt einer Grafik erfassen, wobei nachfolgende Blicke Detail- bzw. Szeneninformationen ermitteln. Dies stellt einen entscheidenden Unterschied zur Verarbeitung textueller Information dar, da sich beim Medientyp „Text“ aufgrund des sequenziellen Lesevorgangs bzw. der linearen Informationsextraktion die Themeninhalte verhältnismäßig „spät“ offenbaren. [Duc03] [Hen98]

Rayner [Ray98] steht jedoch im Gegensatz zur soeben beschriebenen These nach Duchowski [Duc03] sowie Henderson [Hen98], da seiner Meinung nach Hauptinhalte eines Bildes nicht mit den initialen Fixationen ermittelt werden. Seiner These nach wird der Themeninhalt einer Abbildung erst bei nachfolgenden „kritischen“ Blicken deutlich. [Ray98]

Die wichtigsten Eye Tracking Parameter, welche für die Analyse der Bildwahrnehmung herangezogen werden ist nach Duchowski die Fixationshäufigkeit sowie Gesamtfixationsdauer, welche bei semantisch informativen Abbildungen signifikant höher sind. [Duc03]

Die Spannbreite bzw. die Dimension der Szenenwahrnehmung ähnelt jener der Texterfassung, jedoch ist folgender Aspekt zu berücksichtigen. Das periphere Sehen, welches eine Bildbetrachtung mit niedriger Auflösung entspricht, erfolgt bei einem Blickwinkel von 2,6 Grad, hingegen findet die gezielte Informationsextraktion bei höherer Auflösung mit einem kleinen Blickwinkel von etwa 1,5 Grad statt. [Ray98]

In Hinblick auf die Erforschung von Grafiken mit Hilfe der Eye Tracking Methode ist das Phänomen zu nennen, dass jene Elemente die nicht kontextuell zu einer Abbildung gehören wesentlich höhere Fixationswerte generieren als jene die „semantisch“ geeignet sind. [Hen98]

Eine weitere Schwierigkeit für die Untersuchung der Bildwahrnehmung stellt die Tatsache dar, dass die zu Grunde liegende Absicht bzw. Aufgabenstellung stark den Bildbetrachtungsverlauf eines Subjekts beeinflusst. [Duc03]

## **5.5 Kognitive Informationsverarbeitung bzw. -Wiedergabe**

Eng mit Lernprozessen sowie der visuellen Wahrnehmung gehen der kognitive Wissenserwerb bzw. die Gedächtnismodelle einher, welche der Abspeicherung aufgenommener Reize dienen. Neben didaktischen Aspekten bzw. der visuellen Aufmerksamkeit wird dieses Themengebiet vor allem wegen der durchgeführten qualitativen Interviews behandelt, da im praktischen Teil der empirischen Studie (Phase II) Wissenseinheiten aufgenommen und anschließend im Gespräch abgefragt werden. Gedächtnismodelle sowie ihre den, wie etwa der Primär- und Rezenzeffekt, haben eine signifikante Auswirkung auf diesen Wiedergabeprozess.

### **5.5.1 Gedächtnismodelle**

Ein Gedächtnismodell sorgt für die Informationsverarbeitung und permanente Abspeicherung relevanter Sachverhalte. Ein weit verbreitetes Modell beruht auf das Konzept von Atkison und Shiffrin aus dem Jahre 1968, welches drei Stufen definiert, die sequenziell bei der Informationsabspeicherung durchlaufen werden: [Atk68] [War00]

1. „*Sensory Memory*“:  
Dieser Buffer ist ein visueller Informationsspeicher der Retina um für einen kurzen Augenblick wahrgenommene Reize zu behalten. Die perzeptuell erfasste Inhalte werden weniger als eine Sekunde lang abgelegt. [Atk68] [War00]
2. „*Short-term Memory*“:  
Mit Hilfe der Aufmerksamkeit werden relevante Informationen des „Sensory Memory“ gefiltert und in das sogenannte Kurzzeitgedächtnis geladen, wo diese für die Verarbeitungsdauer von Problemlösungsstrategien gespeichert werden. Die „Short-term Memory“ operiert in einer Zeitspanne von einer Sekunde bis ein-zwei Minuten, wobei durchschnittlich Inhalte 15 bis 30 Sekunden lang ohne Wiederholung im Kurzzeitgedächtnis verweilen ehe sie abklingen. [Atk68] [War00]
3. „*Long-term Memory*“:  
Die letzte Phase des Wissenserwerbs ist die Übertragung der als relevant eingestuften Informationseinheiten in das Langzeitgedächtnis, wo diese eine Minute bis lebenslang abgespeichert werden. Dieser Speicher ist für Mechanismen wie Objekt- und Wortwiedererkennung, Erinnerungen, sowie motorische Fähigkeiten zuständig, wobei auch dieser Buffer hinsichtlich der Speicherkapazität begrenzt ist. [Atk68] [War00]

Baddeley kritisiert an diesem Modell die starke Tendenz zur Linearität, wodurch die menschliche Fähigkeit der parallelen Informationsverarbeitung nicht erklärt werden kann. Das Gedächtnismodell von Baddeley sieht für das Kurzzeitgedächtnis einen Verarbeitungsprozess bestehend aus vier „Speichermodulen“ vor, die in der Lage sind parallel Sachverhalte unterschiedlicher Wahrnehmungstypen zu verarbeiten, wie etwa Rechnen bzw. Merken von Wörtern. Mit Hilfe der „phonologische Schleife“ werden sprachliche Informationen behandelt, der „räumlich visuelle Notizblock“ dient dem vorübergehenden Speichern visueller Reize („mental Imaging“), der „episodischer Buffer“ arbeitet multimodale Informationen eines kontextuellen Zusammenhangs in Form von „Episoden“ ab und die letzte Komponente, die „zentrale Exekutive“, fungiert als Koordinator der drei soeben genannten Speichermodule, sowie dient der Übertragung ins Langzeitgedächtnis. [Bad01]

Als Nachteile dieses Gedächtnismodells können die mangelnde Erklärungsfähigkeit der Arbeitsweise hinsichtlich der intern ablaufenden Prozesse, sowie der Ausschluss anderer Sinne, genannt werden.

Ein weiterer Aspekt, welcher im Rahmen der Beschreibung von mentalen Prozessen genannt werden muss, ist der direkte Einfluss des physiobiologischen Zustands, wie etwa Müdigkeit oder Stress, welche den soeben genannten Verarbeitungsprozess verlangsamen bzw. interferieren. [Pas98]

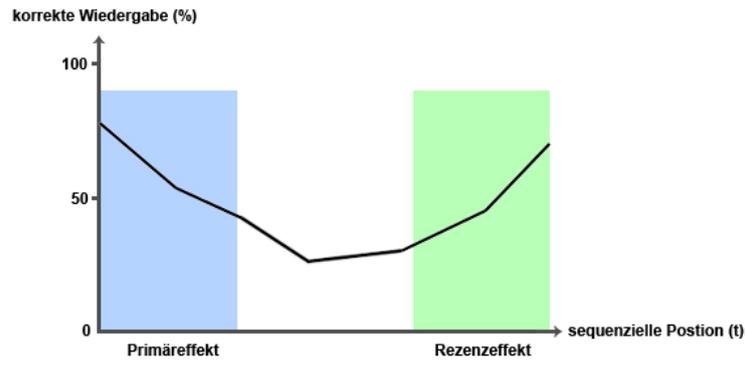
### **5.5.2 Primäreffekt, Rezenzeffekt, serielle Positionskurve**

Der erste Einflussfaktor, welcher bei der Wiedergabe gelernter Informationen zu berücksichtigen ist, wird „Primäreffekt“ genannt. Dieser Effekt ist ein psychologisches Gedächtnisphänomen, welcher beweist, dass beim Einstieg erfasste Informationseinheiten effektiver erinnert werden als später eingehende (siehe Abbildung 22). Darüber hinaus wirkt der Primäreffekt auf das Beurteilungsvermögen des Subjekts ein und kann die nachfolgende Meinungsbildung im Fall einer kontroversen Darstellung des Themengebiets zu Gunsten des Erstgenannten beeinflussen. [Atk68]

Der Grund für den Primäreffekt liegt im Gedächtnis-Verarbeitungsprozess begründet, da initiale Sachverhalte im Abspeicherungsschritt nicht mit nachfolgenden Elementen verglichen werden müssen und somit nicht interferieren. [Atk68]

Die zweite Einflussgröße ist das Gegenstück zum Primäreffekt und wird mit dem Begriff „Rezenzeffekt“ bezeichnet (siehe Abbildung 22). Dieser Faktor besagt, dass jene Informationen, die gegen Ende eines Lernprozesses aufgenommen werden, effektiver im Gedächtnis behalten werden, als früher eingehende Sachverhalte. Die wissenschaftliche Begründung liegt darin begründet, dass sich das zuletzt genannte Element noch im Buffer des Kurzzeitgedächtnisses befindet und dies daher einfach abgerufen werden kann. [Atk68]

Die Wiedergabefähigkeit längerer Informationsketten kann mit Hilfe der seriellen Positionskurve nach Atkinson und Shiffrin (siehe Abbildung 22) dargestellt werden. Hierbei müssen Testpersonen in freier Reihenfolge die Elemente des zuvor präsentierten Stimuli (in der Regel eine Liste von Wörtern) nennen, wobei tendenziell jene am häufigsten wiedergegeben werden, die zuerst bzw. zuletzt dem Lernenden präsentiert wurden.



**Abb. 22.:** Die visuelle Darstellung der seriellen Positionskurve zeigt die korrekte Wiedergabe sequenzieller Listenelemente und veranschaulicht den Primär- sowie Rezenzeffekt.

## **Phase II: Empirische Untersuchung**

---

### **6. Zentrale Fragestellungen**

Die Untersuchung des Benutzer-Verhaltens beim E-Learning erfolgt anhand ausgewählter Fragestellungen, welche den zentralen Kern der Studie bilden. Die Annahmen basieren auf die in der Theorie (Phase 1) behandelten Theorieaspekte und geben dem Versuchsleiter sowohl die Rahmenbedingungen der Untersuchungen als auch den Interpretationsraum vor. Die kritische Auseinandersetzung mit den zentralen Fragestellungen sowie die Auswertung der enthaltenen Eye Tracking Daten tragen dazu bei profunde Aussagen zum Benutzer-Verhalten, zu eventuellen Nutzungsmustern bzw. zu Auffälligkeiten der Verwendung des Lernsystems Moodle tätigen zu können.

Die folgenden Fragestellungen werden in Hinblick auf ihre wissenschaftliche Grundlage, auf den Fokus ihres Untersuchungsgegenstands, auf die Form der Erforschung sowie auf mögliche Erschwernisse beschrieben. An dieser Stelle wird jedoch betont, dass neben den zentralen Fragestellungen, auch weitere zusätzliche Fragestellungen, welche bei der Beschreibung der verwendeten Forschungsmaterialien bzw. –Methoden genannt werden (siehe Abschnitt 7) und diese ebenfalls bei der Analyse des Benutzerverhaltens berücksichtigt werden.

## Fragestellung 1: Reihenfolge erfasster Elemente

Gemäß Nielsen werden Webseitenelemente beim ersten Ansehen in einer bestimmten Reihenfolge von den Augen erfasst. Beim erstmaligen „Scannen“ der Bildschirm-Oberfläche werden zuerst die Schlagzeilen bzw. Überschriften, gefolgt von Grafiken und abschließend von Textblöcken sowie textuellen Beschreibungen wahrgenommen. [Nie01]

Im Rahmen der Diplomarbeitsstudie wird die soeben genannte These, über die Reihenfolge der erfassten Elemente, wie gefolgt auf das Lernsystem Moodle reflektiert:

- Es wird untersucht, ob bei der E-Learning Umgebung Moodle ebenfalls Überschriften, wie etwa Schlagzeilen etwaiger Kursartikel, vor eventuellen Bildern bzw. Texte angesehen werden.
- Des Weiteren wird erforscht in welcher Phase des „Scannens“ die Navigations-elemente sowie Verweise zu anderen Kursseiten des Lernsystems erfasst werden.
- Darüber hinaus wird jener Aspekt analysiert, ob der Detailgrad der Grafiken eine Auswirkung auf die Reihenfolge des Wahrnehmungsprozesses hat.
- Die strukturell ähnlichen Funktionen werden in Moodle in Blöcke gegliedert sowie individuell verschieden in der linken bzw. rechten Spalte angeführt. Hinsichtlich der Scan-Reihenfolge wird nun evaluiert in welcher Phase diese visuell segmentierten Blöcke wahrgenommen werden und ob ihre Position in linken bzw. rechten Bildschirmhälfte einen Einfluss auf die Reihenfolge der Augen-Erfassung hat.

Die Evaluierung erfolgt sowohl mit Hilfe des Parameters Blickpfad (wissenschaftliche Begründung siehe Kapitel 1.3.5), welcher aus der Gaze-Plot-Anzeige (Beschreibung siehe Abschnitt 7.6) abgelesen wird, als auch mittels der Tobii Software-Funktion „*Time to First Fixation*“, welche eine tabellarische Auswertung der benötigten Dauer für das Erfassen eines speziellen Objekts angibt. Diese Zeiten werden einerseits nach definierten AOIs andererseits auch nach den Teilnehmern aufgeschlüsselt ausgegeben. Im Rahmen der Gaze-Plot Auswertung werden jene Fixationen behandelt, welche eine niedrige Nummerierung (Rangfolge) aufweisen und somit in der Reihenfolge der visuellen Erfassung eine initiale Position einnehmen.

Die AOI Aufteilung wird nach den folgenden Klassen durchgeführt: „Überschrift“ (UE), „Grafik“ (PIC), „Textelement“ (TXT), „Navigationselement“ (NAVI) sowie linker als auch rechter Block (BL bzw. BR). Problematisch bei dieser zentralen Fragestellung kann sich der Typ der Moodle-Seiten erweisen, da eine Übersichtseite, welche in der Regel eine Ansammlung von Verweisen zu anderen Kursseiten darstellt, nach Annahme des Versuchsleiters verschiedenartig erfasst wird als beispielsweise eine Kursseite, welche hauptsächlich Lernmaterialien beinhaltet. Um diesem Problembereich entgegenzuwirken, werden vier Seiten gegenübergestellt, nämlich die Kursübersichtseite und die drei Kursseiten „*SOS - Überwachung*“, die „*Themeneinführung*“ sowie der „*Big Brother*“-Artikel. Die drei Kursseiten werden darüber hinaus für die Unterscheidung des Bild-Detailgrades verwendet.

## Fragestellung 2: Vergleich der Fixationshäufigkeiten von Text bzw. Grafik

Das Medienelement „Text“ wird laut Kain auf einer Webseite verhältnismäßig länger fixiert als eine Grafik, wodurch nach Meinung der Autorin der weit verbreitete Irrtum, dass eine bildhafte Darstellung wichtiger sei als ein Textelement, widerlegt ist. Dieser Sachverhalt spielt beim Lernprozess und somit auch bei einer E-Learning Umgebung eine signifikante Rolle. Im Rahmen der empirischen Untersuchung der Diplomarbeit wird daher untersucht, ob beim E-Learning System Moodle Textpassagen verhältnismäßig höhere Fixationsdauer aufweisen als Grafiken. [Kai07]

Die Grundlage für die Erforschung dieser Fragestellung bilden vier Seiten des Lernsystems Moodle (Artikel zu „SOS-Überwachung“, „Themeneinführung“, „Big Brother im Football“ sowie „Modelle zu Privacy“), welche stets die beiden Medienelemente Text sowie Grafik beinhalten und somit eine optimale Basis für einen Vergleich anbieten. Die Evaluierung dieses Forschungsaspekts wird einerseits mit der analytischen Deutung der errechneten Heat-Maps (Beschreibung siehe Kapitel 7.6), andererseits mit statistischer Auswertung der Fixationshäufigkeiten anhand definierter AOIs bewerkstelligt. Der zweitgenannte Parameter wird mittels zweier Interessenregionen bestimmt, nämlich „TXT“, welcher die Textpassagen abdeckt, sowie „PIC“, welcher über Grafiken gelegt wird. Die aufsummierten Fixationshäufigkeiten dieser Regionen werden anschließend relativ zu ihrer Größe analysiert werden, wobei die Auswertung hierbei getrennt für alle vier genannten Kursseiten erfolgt. Die Messung der Größenrelation wird mit Hilfe eines Flächenkoeffizienten der zu Grunde liegenden AOIs bestimmt.

Einen entscheidenden Faktor bei dieser Fragestellung bildet der Detailgrad der Grafiken, denn je informativer ein Bild ist, desto komplexer ist seine Interpretation, woraufhin längere Fixationszeiten beim Eye Tracking Test entstehen. In Hinblick auf diesen Aspekt werden die Abbildungen der Kursseiten in vier Kategorien eingeteilt und, wie bereits erwähnt, getrennt analysiert.

- Kategorie A:* Ein Bild als illustrierendes Beiwerk ohne ausgeprägtes Informationsgehalt. (das Logo des Artikels „SOS-Überwachung“)
- Kategorie B:* Eine zu interpretierende Abbildung mit niedrigem Detailgrad. (die Comic-Abbildung der „Themeneinführung“)
- Kategorie C:* Eine zu interpretierende Abbildung mit hohem Detailgrad. (Grafik des Artikels „Big Brother beim Football“)
- Kategorie D:* Diagramme mit abstraktem Inhalt. (Abbildung zu den „Privacy-Modellen“)

Um den Zusammenhang zwischen den beiden Medientypen zu untersuchen werden in weiterer Folge textuelle Verweise zu Bildern der jeweiligen Kursseiten analysiert. Mittels dieses Untersuchungsaspekts wird ermittelt in wie weit Lernende bei textuellen Verweisen zu Grafiken bereit sind ihren Leseprozess zu unterbrechen, um zur entsprechenden Abbildung zu „springen“. Eine weitere Auswertung soll Aufschluss darüber geben, in welcher Phase des Lernens informative Grafiken betrachtet bzw. gedeutet werden. In Form einer tabellarischen

Auflistung werden Zeitpunkte der Interpretationsphase von informativen Bildern (Kategorie C und D) zusammengefasst und verglichen. Darüber hinaus werden auch „Sprünge“ bzw. „Blicke zu themenfremden Inhalten“ erfasst, welche eine Ablenkbarkeit bzw. Minderung der Aufmerksamkeit signalisieren.

Diese soeben angeführten Untersuchungsaspekte werden mit Hilfe der individuellen Gaze-Plots der einzelnen Studienteilnehmer ausgewertet.

### **Fragestellung 3: Komplexität der Kursinhalte**

Die Komplexität von Lerninhalten signifiziert einen entscheidender Faktor des Lernprozesses, da diese das Lernverhalten u.a. hinsichtlich Lernerfolg, Dauer sowie Effizienz beeinflusst. Die Kompliziertheit eines Lernmaterials bestimmt auch die Lesegeschwindigkeit und hat somit einen grundlegenden Einfluss auf den Wissenstransfer bzw. -Verarbeitung. Somit hat die Komplexität eine direkte Auswirkung auf die Ergebnisse der Eye Tracking Untersuchung. Des Weiteren spielt auch die Bedeutung der einzelnen Lerninhalte eine nicht zu vernachlässigende Rolle, denn der gleiche Sachverhalt kann individuell unterschiedliche Assoziationen bei verschiedenen Lernenden hervorrufen und somit verschiedenartig auf den Lernverlauf einwirken.

Im Rahmen der Diplomarbeitsstudie werden dem Lerner drei textuelle Lernmaterialien mit unterschiedlicher Komplexität präsentiert. Der Fokus dieser Fragestellung liegt hierbei auf die Untersuchung des Leseverhaltens bzw. der Leseschwierigkeit und wie sich diese Aspekte beim Eye Tracking Test bemerkbar machen. Die dritte Fragestellung wird mit Hilfe der Parameter Fixationsdauer bzw. –Häufigkeit sowie mit der Auswertung des Blickpfades analysiert. Auffällige Fixationsmuster, signifikant auffallende Sprünge, kurz oder übersprungene Regionen können Indizien für zu hohe Komplexität sein. Um die Aussagen der Versuchspersonen zu berücksichtigen werden die Parameter stets in Kombination mit den beim qualitativen Interview erhobenen Daten analysiert. Weitere wesentliche Faktoren sind die errechneten Parameter „Lesegeschwindigkeit“ (ermittelt nach „Wörter pro Sekunde“) sowie „Fixationsumfang“ (Anzahl der erfassten Wörter pro Fixation), welche nach Annahme des Versuchsleiters bei verschiedenen Komplexitätsgraden in unterschiedlichen Fixations-Intensitäten resultieren können.

Eine Einschränkung dieser zentralen Fragestellung ist, dass die Komplexität eines Textes nicht verallgemeinert betrachtet werden kann, da diese beispielsweise von Erfahrung, Wissensstand, Interesse oder Ziele der Einzelpersonen abhängig ist. Die drei Lernmaterialien der Kursseiten werden daher nicht mit den Kategorien „leicht“, „mittel“ und „schwer“ eingestuft, sondern hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Charakteristika klassifiziert:

<i>Themeneinführung:</i>	journalistischer Schreibstil mit Terminologie aus Computertechnik, Kriminologie sowie Datenschutz;
<i>Modelle zu ‚Privacy‘:</i>	auf wissenschaftlichem Niveau verfasste theoretische Abhandlung mit Begriffen aus Datenschutz sowie Rechtswissenschaften;

*Praxisbeispiele ‚Privacy‘*: illustrierende Beschreibungen mit einfacher Wortwahl sowie teilweise Fachbegriffen aus der Informatik sowie Politikwissenschaft;

#### **Fragestellung 4: Involvement**

Wie bereits in der Theorie beschrieben (siehe Kapitel 5.3) spielt das Involvement, basierend auf das wissenschaftliche Konzept nach Zaichkowsky, eine wesentliche Rolle bei menschlicher Interaktion bzw. Verhalten. Das hohe Beteiligtsein bzw. die intensive Einbindung fördert den Lernablauf und somit auch die erbrachte Leistung.

Gemäß [Kai07] beeinflusst dieser Faktor nicht nur das Verhalten der Benutzer sondern auch die Ergebnisse einer Eye Tracking Untersuchung. Ein Zusammenhang mit hohem Involvement wird beim Eye Tracking durch längere Fixationsdauer und intensive Blickpfade erkennbar. Das Involvement der Testpersonen zum Themengebiet der Privatsphäre wird mündlich beim qualitativen Leitfadengespräch erfasst. Die Eye Tracking Daten jener Versuchspersonen, die hohes Beteiligtsein für das Thema ‚Privacy‘ angegeben haben (Involvement-Klasse „high“), werden mit jenen verglichen, die eine niedrige Einbindung nannten (Involvement-Kategorie „low“). Mit Hilfe dieser Fragestellung können anschließend Aussagen über das Benutzer-Verhalten beim E-Learning hinsichtlich des Beteiligungsfaktors getroffen werden.

#### **Fragestellung 5: Wahrnehmungsgesetze als Einflussfaktor**

Die Oberflächengestaltung eines E-Learning-Programms hat einen wesentlichen Einfluss auf das Lernverhalten. Das Design der Software unterliegt in der Regel bestimmten Usability bzw. User Interface Guidelines.

Ähnlich dieser Richtlinien sind die im Theorieteil (Abschnitt 2.4 bzw. 2.5) behandelten Grundlagen der Wahrnehmung, welche allgemein die Verarbeitung jeglicher visueller Reize betreffen. Eines der Ziele dieser Studie ist Aussagen über das Nutzungsverhalten der Benutzer beim Umgang mit dem Lernsystem Moodle zu treffen bzw. bestimmte Muster der Oberfläche-Exploration zu identifizieren. Die Wahrnehmungsgesetze haben eine Auswirkung auf die Bedienung des Lernsystems und somit auch auf die Testergebnisse der Eye Tracking Untersuchung.

Die Analyse der Eye Tracking Daten in Hinblick auf die definierten Wahrnehmungsgesetze werden mit folgenden beispielhaften Fragestellungen erörtert. Exemplarische Forschungsaspekte hinsichtlich der Gestalt Gesetze sind:

- *Gesetz der Nähe*: Weisen Inhalte von Moodle, die zeilenweise eng untereinander platziert sind, tendenziell höhere Fixationsdauer bzw. –Häufigkeiten auf als jene die das Gesetz nicht umsetzen?
- *Gesetz der Geschlossenheit*: Werden visuell segmentierte Inhaltsbereiche, wie etwa die Moodle-Blöcke, häufiger von den Augenbewegungen erfasst?

- *Gesetz des gemeinsamen Schicksals*: Welchen Einfluss hat die symmetrische bzw. stark strukturierte Gestaltung des Lernsystems auf das Lernverhalten, sowie auf die Augenbewegungen?

Beispielhafte Fragestellungen in Bezug auf die Wahrnehmungsfaktoren der „präattentiven Verarbeitung“ sind:

- *Umrandung*: Zeigen umrandete Elemente des Lernsystems Moodle signifikant höhere Fixationen?
- *Betonung mittels Helligkeitsunterschiede*: Weisen Bereiche, die weniger markant hinsichtlich ihrer Helligkeit sind, weniger Fixationen oder eine erhöhte Anzahl von Sprünge auf?

## **Fragestellung 6: Hedonische Qualität**

Gemäß [Kai07] ist die hedonische Qualität einer Programmoberfläche (detailliert beschrieben im Kapitel 5.2) ein weiterer Aspekt für die Effizienz einer Software. Die grundlegenden Faktoren hierbei sind eine optisch ansprechende Ästhetik, eine zum Arbeiten einladende Bildschirmgestaltung sowie ein gewisser Grad an Spaßfaktor. Da sich die hedonische Größe auf jedweden Softwaretyp anzuwenden lässt, profitieren auch die Benutzer einer E-Learning Umgebung im Falle hoher hedonischer Zustimmung. Die Bedeutung dieser Einflussgröße ist für die Eye Tracking Untersuchung immanent, da eine optisch ansprechende Programmoberfläche, die den Lernenden zum Arbeiten mit dem Lernsystem einladet, den Lernprozess intensiviert und in weiterer Folge signifikante Fixationsmuster erzeugt.

Die Bestimmung dieses Einflussfaktors erfolgt mündlich im Rahmen des qualitativen Abschlussgesprächs, sowie mit Hilfe der Unterlage B (siehe Anhang A). Dabei wird ermittelt ob die Testperson die Oberfläche der Testumgebung optisch ansprechend empfand bzw. welche Einstellung gegenüber dem Lernsystem bestand.

## **Fragestellung 7: Kopfbewegung als Indikator kognitiver Lernphasen**

Die in der Studie nach [Tat04] beschriebenen Erkenntnisse hinsichtlich der Kopfbewegungen (theoretische Abhandlung siehe Abschnitt 7.7) sind für die empirische Untersuchung der Diplomarbeit wertvoll, da diese Konzentration bzw. Aufmerksamkeit der Testpersonen aufzeigen. Somit wird erkennbar in welchem Moment aktiv die Inhalte der E-Learning Umgebung Moodle verarbeitet werden. Mit Hilfe von Starre bzw. moderaten Kopfbewegungen können jene Phasen identifiziert werden, in welchen Versuchspersonen kognitive Leistungen erbringen. Des Weiteren können auch sowohl Interaktionsphasen als auch Ruhezustände, gekennzeichnet durch signifikante Kopfbewegungen, festgestellt werden. Exemplarische Fragestellungen bezüglich dieses Indikators können wie gefolgt aussehen:

- Beim Betrachten welches Moodle Elements bzw. bei welcher Kursseite kommt es zu stärkeren Kopfbewegungen?
- Gibt es Phasen bzw. Lerninhalte bei denen die Köpfe aller teilnehmenden Testpersonen von Unruhebewegungen oder Starre geprägt sind?

## 7. Forschungsmaterialien bzw. –Methoden

Im folgenden Kapitel werden jene Forschungsunterlagen beschrieben, welche bei der Durchführung der empirischen Studie verwendet wurden. Die Grundlage dieser Forschungsmaterialien basiert auf wissenschaftlichen Methoden und sie erfassen wesentliche Auswertungs- bzw. Interpretationskriterien. Neben der deskriptiven Abhandlung der Untersuchungsunterlagen erfolgt sowohl eine Begründung für die Verwendung der verwendeten Methoden.

### 7.1 Unterlage ‚Vorbefragung‘ (teilstandardisiertes qualitatives Interview)

Noch vor der eigentlichen Durchführung der Eye Tracking Analyse erfolgt mittels des Fragebogens ‚Vorbefragung‘ (siehe Abbildung 50 und 51 des Anhangs A) die Erfassung bestimmter persönlicher Daten der teilnehmenden Testpersonen. Dieses mit ‚Unterlage VB‘ bezeichnete Dokument besteht aus sechs Themenbereichen, welche unterschiedliche Gesichtspunkte der Datenevaluation umfassen. Als erstes werden demografische Daten aufgezeichnet, gefolgt von Lernfaktoren sowie den Fähigkeiten der PC-Nutzung. Abschließend werden mit Hilfe des Fragebogen physische Faktoren, sowie die Erfahrung mit Moodle bzw. anderen E-Learning Systemen erhoben. Der letzte Abschnitt der ‚Unterlage VB‘ bietet Platz für sonstige Anmerkungen. Die ersten fünf soeben genannten Sachverhalte werden nachfolgend detailliert behandelt.

Die wissenschaftliche Vorgehensweise dieser Vorbefragung beruht auf der Methode des ‚teilstandardisierten qualitativen Interviews‘ und wird in Form eines Einzelgesprächs direkt vor dem Eye Tracking Test durchgeführt. Die Granularität der Strukturierung kann gemäß [Fli05] die Ausmaße ‚wenig strukturiert‘, ‚teilstandardisiert‘ bzw. ‚stark strukturiert‘ annehmen, wobei Ersteres die mündliche Befragung mit verhältnismäßig wenig vorbestimmten Anweisungen zu leiten versucht. Der Interviewtyp ‚stark strukturiert‘ eignet sich ebenfalls nur bedingt, da dieser das Gespräch durch einen fest vorgegebenen Ablauf gliedert. Die teilstrukturierte Variante hingegen ermöglicht eine flexible Interviewsituation, bei welcher die Testperson die Möglichkeit hat ihre Aussagen zu begründen, wodurch wiederum der Interviewer ein besseres Bild über die Einstellungen der Person vermittelt bekommt.

Die Wahl auf die Durchführungsform ‚qualitativ‘ fiel, da dieser Befragungstyp ein offenes Gespräch ohne streng vordefinierte Antwortmöglichkeiten ermöglicht. Es werden lediglich die Rahmenbedingungen in Form von Leitphrasen vorgegeben, das Interview selbst erfolgt aber ohne Beschränkungen. An dieser Stelle sei aber erwähnt, dass der Abschnitt über die Erfragung der Fähigkeiten der PC-Nutzung in der quantitativen Form durchgeführt wird, da der Testperson im Rahmen des Interviews fest vorgeschriebene Rückmeldungen genannt werden. [Fli05] [Schw07] [Ste07]

Das teilstandardisierte qualitative Interview weist aber weitere für die Studie passende Vorteile auf, wie etwa das Erfassen sowohl der verbalen als auch der non-verbalen Interviewaspekte. Beispielsweise können Unsicherheiten, Verständnisprobleme oder ungenaue Aussagen aufgrund der physischen Präsenz des Testers unmittelbar behandelt werden. Das aktive Zuhören bietet dem Interviewer die Möglichkeit nachzufragen, um Aussagen zu präzisieren bzw. individuelle Aspekte kontextuell zu deuten. Mit Hilfe dieser wissenschaftlichen Methode wird die Auswertung bzw. die Interpretation der empirisch gesammelten Daten aussagekräftiger.

Als Nachteile dieses Interviewtyps können die hohen anfallenden Kosten sowie die lange Durchführungsdauer genannt werden. Darüber hinaus kann aufgrund der physischen Präsenz des Testers eine gewisse Nervosität bzw. eine mögliche Beeinflussung der Testperson entstehen. [Fli05] [Schw07] [Ste07]

Im Rahmen der praktischen Untersuchung werden mittels der Unterlage ‚Vorbefragung‘ folgende Sachverhalte gemeinsam mit der Testperson behandelt:

1. *Demografische Daten:*

Der erste Themenschwerpunkt des teilstandardisierten qualitativen Interviews dokumentiert den Tag sowie die Uhrzeit des Tests. Darüber hinaus werden persönliche Daten der Testperson, wie etwa der Name, das Alter, das Geschlecht sowie die Studienrichtung inklusive der Anzahl der inskribierten Semester erfragt. Für die nachfolgende Auswertung der Testdaten ist hierbei besonders die Studienrichtung entscheidend. Wenn die Versuchsperson dem Leitthema ähnliches (siehe Kapitel 7.2) studiert, kann dies die Art des Lesens und in weiterer Folge die Form der Augenbewegungen über den Bildschirm beeinflussen, da ein höheres Interesse für das Thema besteht. Dementsprechend kann dies auch eine Auswirkung auf die Daten der Eye Tracking Aufnahme haben, beispielsweise können Textpassagen längere Fixationszeiten sowie größere Fixationshäufigkeiten aufweisen. Des Weiteren können Studierende mit höherer Semesterzahl mehr Erfahrung mit universitären E-Learning Umgebungen, mit Lesen von wissenschaftlichen Texten, sowie mit verschiedenartigen Lernsituationen gesammelt haben. Dieser Umstand kann sich wiederum auf die Eye Tracking Daten auswirken.

2. *Lernfaktoren:*

Im Rahmen des zweiten Fragenblocks der Vorbefragung werden individuelle Aspekte des Lerntyps erfasst, welche dem Versuchsleiter ermöglichen das Lernverhalten einzustufen (theoretische Grundlage siehe Kapitel 3.2.6). Der erste Lernfaktor, welcher abgefragt wird, hat das Ziel die persönliche Lernmotivation festzustellen. Dieser Aspekt wird stets verallgemeinert untersucht und soll ermitteln ob die Testperson von sich aus leicht für das Studieren von Lernmaterialien motiviert kann. Darüber hinaus ist die Freude am Studieren entscheidend, denn „enthusiastische“ Lerner bewegen die Augen in einer anderen Form über den Bildschirm und generieren somit bei der Eye Tracking Studie andersartige Fixationsintensitäten.

Die nächste Fragestellung ermittelt die bevorzugt verwendete Lernsituation bzw. Lernmedium. Dieser Aspekt wird getrennt für theoretische und praktische Lehrinhalte untersucht, wobei besonders die Einstellung gegenüber dem Web als Lehrinstrument abgefragt wird. Testpersonen mit reichlich Web-Erfahrung kommt voraussichtlich die Webstruktur von Moodle entgegen, was sich in einer vereinfachten Bedienung des Systems manifestieren kann und dementsprechend die Eye Tracking Ergebnisse beeinflusst.

Die letzte Frage dieses Themenblocks versucht jene Testpersonen zu identifizieren, die Schwierigkeiten haben alleine ohne Lehrkörper zu lernen. Da im Rahmen dieser Studie Kommunikations- bzw. Diskussionsmittel von Moodle nicht in Betracht gezogen werden und die Untersuchungen stets als Einzeltests durchgeführt werden, können Lerner, die eine Anwesenheit eines Lehrers (physisch oder in virtueller Form) benötigen, beeinträchtigte Eye Tracking Daten erzeugen.

3. *Fähigkeiten der PC-Nutzung:*

Mit Hilfe des dritten Schwerpunkts der mündlichen Befragung werden die Fähigkeiten der Testpersonen hinsichtlich der Computernutzung ermittelt. Neben den Fähigkeiten beim Umgang werden Intensität sowie das Nutzungsverhalten sowohl der PC- als auch der Internetnutzung behandelt. Der Einflussfaktor „Internetverwendung“ spielt einerseits wegen der Web-Basiertheit von Moodle eine Rolle, andererseits auch aufgrund der Tatsache, dass die Untersuchung mittels des Webbrowsers Microsoft Internet Explorer durchgeführt wird. Jene Testpersonen, die täglich mehrmals und mit einem hohen Entwicklerniveau den Computer bzw. das Internet verwenden, haben infolgedessen fortgeschrittene Fähigkeiten und bedienen die E-Learning Umgebung voraussichtlich nach anderen Maßstäben. Dies kann sich sowohl in intensiveren Fixationsdaten bemerkbar machen als auch beispielsweise in direkteren Blickpfaden widerspiegeln. Die letzte Fragestellung dieses Blocks überprüft, welchen Webbrowser die Testpersonen in der Regel benutzen, denn es ist durchaus denkbar, dass aufgrund eines ungewohnten Computerprogramms beeinträchtigtes Verhalten auftritt.

4. *Physische Faktoren:*

Im Rahmen der Vorbefragung werden auch die physischen Faktoren der Testpersonen berücksichtigt, da diese einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Ergebnisse der Eye Tracking Studie haben (siehe Kapitel 3.8.2). Müdigkeit, Stress, bevorstehende Aufgaben oder gar Zeitdruck können signifikante Auswirkung auf die Augen haben, beispielsweise kann Müdigkeit kleine Augenöffnungen auslösen, welche die Erkennung der Iris erschweren. Durch bevorstehende Aufgaben bzw. durch Zeitdruck ausgelöster Stress könnte die Testperson dazu bringen den Test so schnell wie möglich zu absolvieren, ein Umstand der sich in intensiven sowie zeitlich kurzen Fixationen äußern würde.

5. *Erfahrung mit Moodle bzw. anderen E-Learning Systemen:*

Der letzte Themenblock der Unterlage „Vorbefragung“ führt Fragstellungen zur Bekanntheit von E-Learning Systemen an, wobei zunächst Erfahrung mit dem System

Moodle erfragt wird. Wird dies mit ja beantwortet, erfolgt im Rahmen eines offenen Gesprächs eine Feststellung der Intensität der Nutzung, das Festhalten der Erfahrungsintensität, die Art und Weise der Verwendung sowie die Aktivitäten, die in Moodle bereits durchgeführt wurden. Dabei wird auch ermittelt aus welcher Sicht (Nutzer und/oder Lehrender) die Testpersonen mit der E-Learning Umgebung Erfahrung sammeln konnten. Geübte Moodle-Nutzer müssen sich die Oberfläche des Systems nicht mehr aneignen und können stets ohne Probleme durch die Kurse bzw. Lerninhalte navigieren. Dadurch werden Elemente von Moodle anfangs nicht als fremd wahrgenommen und die Eye Tracking Analyse weist signifikant kürzere Blickfixationsdauer, sowie einen direkten bzw. weniger abschweifenden Blickpfad auf.

In weiterer Folge wird auch die Erfahrung der Testperson hinsichtlich anderer E-Learning Systeme festgestellt. In diesem Kontext wird untersucht, ob die Versuchspersonen beispielsweise Lern-CDs, Video Trainings, Online Tutorials oder Erfahrung mit anderer Lernsoftware gemacht hatten.

Die soeben beschriebenen Schwerpunkte des teilstrukturierten qualitativen Interviews dienen dazu, ein detailliertes Bild aller Testpersonen zu machen, um deren Aussagen und Reaktionen in der Phase der Datenauswertung und somit für die Interpretation verwenden zu können.

## **7.2 Testumgebung Moodle**

Die Installation der Lernplattform Moodle, die in der ersten Phase dieser Diplomarbeit unter dem vierten Abschnitt bereits nach theoretischen Gesichtspunkten behandelt wurde, dient als Grundlage für die empirische Untersuchung. Die Testpersonen haben die Aufgabe mit Hilfe dieses Lernsystems Artikel zum Themengebiet „Privatsphäre“ zu erarbeiten. Die Wahl fiel auf den Gegenstand „Privacy“, da dieser stets aktuelle Sachverhalt die meisten Menschen betrifft und eine Meinungsbildung einigermaßen voraussetzt. Die Inhalte wurden bewusst nach kontroversen Kriterien ausgewählt, damit im Rahmen des Abschlussgesprächs (Abschnitt 7.4) eine fruchtbare Grundlage für Diskussionen geboten werden kann. Mit Hilfe dieses Interviews wird der Versuchsleiter das Involvement der Testpersonen zum Themengebiet „Privacy“ einschätzen.

Die Moodle Installation, welche im Rahmen der Eye Tracking Studie zum Einsatz kommt, beinhaltet die Lehrinhalte überwiegend in Form von Texten sowie einiger ausgewählter Bilder bzw. Diagramme. Die einzelnen Artikel wurden stets mit Überschriften versehen, welche für die Scan-Reihenfolge die entsprechende Grundlage bieten (siehe Abschnitt 6 zentrale Fragestellung 1).

### **7.2.1 technische Realisierung**

Die technische Realisierung von Moodle erfolgte in Zusammenarbeit mit dem E-Learning Zentrum der Technischen Universität Wien, wobei dankenswerter Weise ein Server für die

Speicherung der Moodle Instanz zur Verfügung gestellt wurde. Die implementierte Lernplattform basierte auf die Moodle Version 1.9+ (Build: 20080505) mit den Zusatzpaketen MySQL in der Version 5.0.26 sowie PHP mit der Versionsnummer 5.1.2. Die Eye Tracking Studie sieht die Verwendung der unveränderten Standardinstallation von Moodle als Grundlage für den Test vor. Es wurden aber für die Untersuchung die nun aufgelisteten Aspekte notwendigerweise angepasst.

- Unter dem Menüpunkt „Nutzer/innen / Authentifizierung / Übersicht“ der Webseiten-Administration wurde der Gastzugriff, mit Setzen des Feldes „Taste für das Gast-Login“ auf den Wert „Verbergen“, verhindert. Dieser Schritt dient der Sicherheit des Lernsystems. Darüber hinaus wurde die Selbstregistrierung zwecks Sicherheitsgründen mit dem gleichnamigen Parameterwert ausgeschaltet.
- Aufgrund der Optimierung der Bildschirmlesbarkeit wurde statt dem Default-Hintergrunddesign mittels des Menüeintrags „Darstellung / Design“ der Webseiten-Administration das Design „custom\_corners“ ausgewählt. Im Rahmen dieser Modifikation wurde auch die Funktionalität „Nutzer/innen dürfen Blöcke verbergen“ ausgeschaltet, da diese Funktion die Versuchspersonen während des User-Tests irritiert hätte.
- Mit Hilfe des Menüpunktes „Darstellung / Kalender“ der Webseiten-Administration wurde die Funktion „Administrator/innen sehen alles“ eingeschaltet, da diese den Implementierungsprozess für den Tester erheblich erleichterte. Des Weiteren wurde unter dem gleichen Menüeintrag der Beginn der Woche auf den Wert „Montag“ gesetzt, da dieser im Kulturkreis der Testpersonen als Standard erachtet wird. Der Standardwert hätte die Versuchspersonen notwendigerweise verwirrt und die Eye Tracking Daten verfälscht.
- Unter Zuhilfenahme von „Startseite / Einstellungen“ bei der Webseiten-Administration wurde ein Name, eine Kurzbezeichnung sowie eine Beschreibung der Moodle Instanz angegeben. Diese sind essenziell, da diese Elemente auf der Startseite von Moodle für die Testpersonen zu sehen sind. Es wurde bemüht aussagekräftige Deskriptionen anzugeben. Darüber hinaus wurden die Elemente der Eingabefelder „Startseite“ auf „Keine“ gesetzt, um eine Überladung der Willkommenseite zu verhindern. Als letzte Einstellung unter diesem Menüeintrag wurde das Feld „Startseite nach der Anmeldung“ auf den Wert „Kursliste“ gesetzt und somit ermöglicht, dass die Testpersonen beim User Test nach einem erfolgreichen Login ins System direkt auf die Themenübersichtsseite weitergeleitet werden.
- Anhand des Menüpunktes „Kurse / Verwaltung“ wurden zwei neue Kursbereiche, namentlich „Privacy“ und „Spezialkurs“ hinzugefügt und die Kategorie „Verschiedenes“ entfernt.

- Die abschließende Modifikation betraf die Erstellung einer Nutzer-Liste mit den Testpersonen, die an der empirischen Untersuchung teilnahmen, und die Anpassung der Blöcke auf den Moodle-Seiten. Hierbei wurden in der linken Bildschirmspalte die Blöcke „Personen“, „Administration“ sowie „Meine Kurse“, hingegen auf der rechten Seite der Block „Bald aktuell...“ hinzugefügt. Mit Hilfe dieser Elemente sind nun die Versuchspersonen in der Lage die Lehrinhalte zu studieren und die Aufgabenstellungen zu erarbeiten.

## 7.2.2 Beschreibung der Kursinhalte

Der folgende Abschnitt beschreibt die Kursinhalte der Moodle Testumgebung, wobei die Abbildungen zu den einzelnen Moodle-Seiten in Anhang B, gemeinsam mit den Heat-Maps der Datenauswertung, angeführt werden.

Den Einstiegspunkt in die selbst aufgesetzte Moodle Instanz bildet die Login-Seite (Abbildung 56), über welche Versuchspersonen nach Angeben ihres Anmeldenamen bzw. Kennwortes zur Startseite der Lernumgebung gelangen, welche im Rahmen dieser Arbeit als „Themenübersicht“ bezeichnet wird. Die Zugangsdaten werden bewusst einfach gehalten, da hierdurch auf ein Notizblatt abschweifende Blicke verhindert werden. Des Weiteren wird hierdurch dem Blickpfad der Eye Tracking Untersuchung ein kontinuierlicher Datenfluss garantiert.

Das zentrale Element der Testumgebung bildet die Themenübersichtsseite (Abbildung 57), welche aus drei Segmenten besteht. Im zentralen Fensterbereich werden vier Kurse samt einem jeweiligen Verweis zum Trainer angeführt, wobei die ersten drei Einheiten, namentlich „*Themeneinführung*“, „*Modelle zu Privacy*“ sowie „*Praxisbeispiele zu Privacy*“, als Lehrkurse ausgelegt sind, hingegen der vierte Abschnitt namens „*Abschließende Aufgabenstellung*“, für die Erforschung praktischer Untersuchungsaspekte verwendet wird. Darüber hinaus werden die Links dieser vier Kurselementen mit kurzen Erläuterungstexten ergänzt. In der linken Spalte der Themenübersichtsseite wird eine kurze Beschreibung zum gesamten Themengebiet der E-Learning Umgebung angegeben. Hingegen wird in der rechten Spalte ein Kalender mit dem aktuellen Termin des jeweiligen User-Tests angeführt.

Der erste Kursabschnitt „*Themeneinführung*“ (siehe Abbildung 58 des Anhangs A) beinhaltet einen Artikel von Mansmann [Man07], welcher einen literarischen Einstieg in die Thematik bietet. Sowohl die Verständlichkeit des beigefügten Comic-Bildes, als auch die Leseschwierigkeit des Textes wurde bezüglich Komplexität bewusst einfach gehalten. Wie auch in der zentralen Fragestellung 3 beschrieben (siehe Abschnitt 6) besteht die Annahme, dass die Komplexität des Mediums eine Auswirkung auf die Augenbewegungen hat. Die Ergebnisse können demnach hinsichtlich unterschiedlicher Fixationswerte bzw. modifizierter Blickpfade beeinflusst werden. Dies sollte besonders im Vergleich zum zweiten Kurs gezeigt werden können, welcher anspruchsvolle und nicht leicht zu lesende Hypothesen in Form von wissenschaftlichen Texten nach Unterlagen von Fleissner [Fle04] beinhaltet. Im Rahmen dieses Kursabschnitts werden den Versuchspersonen drei theoretischen Modelle zum Thema Privatsphäre präsentiert (siehe Abbildung 59), wobei der erste Modell, die

„Sphärenhypothese“, mit einem Diagramm sowie einer Legende erweitert wird. Diese sind im Gegensatz zum Comic-Bild des ersten Kurses nicht bloßes Beiwerk, sondern müssen von den Testpersonen erst aktiv entschlüsselt bzw. interpretiert werden. Darüber hinaus wird im Textfluss direkt auf das unter dem Textblock angeführte Diagramm verwiesen. [Man07] [Fle04]

Der dritte Themenabschnitt umfasst eine Auswahl an drei Praxisbeispielen zum Gegenstand der Einschränkung der eigenen Privatsphäre (siehe Abbildung 60), wobei die Komplexität dieser Texte, wie beim Kurs „Themeneinführung“, auf einem simplen Niveau gehalten wurde. Ausnahmen hierbei bilden lediglich einige Fachbegriffe, die inhaltlich technischer bzw. rechtswissenschaftlicher Natur sind und nicht dem Standardwortschatz angehören. Im ersten Praxisbeispiel „Verräterische JPEGs“ (siehe Abbildung 61), welches ein online-Bericht von Kotkoefer [Kot05] ist, werden beispielweise technische Begriffe wie „Screening-Software“, „Thumbnail“ oder „EXIF-Informationen“ verwendet. [Kot05]

Das zweite Exempel ist ein Spiegel-online Artikel [Spi01] über eine groß angelegte und verdeckt abgehaltene Massenüberwachung eines Football Spiel in den USA (siehe Abbildung 62). Dem Bericht ist ein optisch ansprechendes Bild sowie ein erläuternder Bilduntertitel zur Erklärung beigelegt. Diese sind zentral angelegt, sodass sie die Blicke der Versuchspersonen beim Eye Tracking Test an sich ziehen. Anhand dieser Abbildung wird überprüft, wie lange es dauert bzw. in welcher Phase eine optisch ansprechende Abbildung von der Testperson fixiert wird. [Spi01]

Die letzte Nachricht mit dem Titel „SOS Überwachung“ [sos09] ist ein Praxisbeispiel über einen österreichischen Fall von Privacy-Einschränkung (Abbildung 63). Die Komplexität des Textes wurde, bis auf wenige rechtswissenschaftliche Begriffe, unkompliziert verfasst. Dem Text ist ein einfaches Logo (nach [sos09]) beigelegt, welches bloß als Illustration dient und keine Zusatzinformation bietet. Es soll gemeinsam mit den anderen Abbildungen der Moodle Umgebung dazu beitragen, Aussagen zur Rolle der Bilder in einem E-Learning System treffen zu können. [sos09]

Der letzte Kurs „Abschließende Aufgabenstellung“ (siehe Abbildung 64), welcher auf der Themenübersichtsseite angeführt wird, bildet den Abschluss der Moodle Testumgebung und somit auch der Eye Tracking Untersuchung. Dieser Abschnitt beinhaltet vier Aufgaben, welche die Testpersonen im Rahmen der User-Tests zu absolvieren haben.

Die erste Aufgabestellung schreibt vor den Termineintrag der Untersuchung, welcher vor der Durchführung des User Tests vom Tester angelegt wurde, im Kalender der Moodle Lernplattform (dargestellt in Abbildung 65) zu finden. Der optimale Lösungsweg geht entweder über den Kalender selbst, welcher sich auf der Themenübersichtsseite befindet, oder über den Block „Bald aktuell ...“, der rechts vom zentralen Kursbereich angebracht ist.

Die zweite Aufgabe erfolgt mittels der Lernaktivität „Abstimmung“ (siehe Abbildung 66), wobei eine systeminterne Meinungsumfrage durchzuführen ist. Diese wird in Form einer Beurteilungsskala präsentiert, die auf die Methode der Skalierung basiert (detaillierte Beschreibung der wissenschaftlichen Vorgehensweise siehe Abschnitt 7.5). Darin wird eine Fragestellung über die Bedienbarkeit des vorliegenden Moodle-Lernsystems gegeben. Die fünfstufige Beurteilungsskala mit den Einträgen ‘umständlich zu bedienen’, ‘zeitweise nicht

intuitiv‘, ‘gewöhnungsbedürftig‘, ‘intuitiv‘ bzw. ‘optimal bedienbar‘ ermittelt die Einstellung der Versuchspersonen. Die Ergebnisseite der Abstimmung ist in Abbildung 67 angeführt.

Die dritte Aufgabenstellung besteht darin die im System gespeicherte falsche E-Mail Adresse zu finden (Abbildung 68) und diese mit der Korrekten zu ersetzen. Bei korrekter Lösung wird entweder auf den eigenen Namen geklickt oder über den Block „Administration“ der Eintrag „Profil“ bzw. über „Personen“ die Schaltfläche „Teilnehmer/innen“ angewählt. Auch diese Aufgabe dient dem Zweck zu erforschen nach welcher Methodik Versuchspersonen die Moodle-Seiten bedienen.

Im Zuge der letzten Aufgabe müssen sich Testpersonen aus dem Lernsystem ausloggen. Um den Testpersonen ein bisher „ungewohntes Bild“ zu bieten und um somit ihre Suche nach Lösungsansätzen zu komplizieren, beinhaltet der letzte Kursabschnitt eine erhöhte Anzahl an Blöcken. Es wurden der rechten Spalte des Lernsystems die Elemente „*Neuste Nachrichten*“, „*Bald aktuell ...*“, „*Neueste Aktivitäten*“ sowie „*Mitteilungen*“ hinzugefügt. Mit Hilfe dieser Aufgabenstellung werden die Testpersonen wieder dazu gebracht die Oberfläche von Moodle zu explorieren, um nach den entsprechenden Elemente der Aufgabenstellung zu suchen. Dies sollte aufzeigen in welcher Reihenfolge die Versuchspersonen die Moodle Elemente explorieren.

### **7.3 Unterlage ‚Wiedergegebene Inhalte‘**

Im direkten Anschluss zu den jeweiligen Eye Tracking Tests werden die Testpersonen gebeten die schriftliche Unterlage ‚Wiedergegebene Inhalte‘ auszufüllen („Unterlage WI“ siehe Abbildung 52 des Anhangs A). In kurzen Stichworten sollten hierbei für jeden Kurs (ausgenommen „*Abschließende Aufgabenstellung*“) die von Ihnen gemerkten Inhalte in der Reihenfolge des Einfallens notieren werden. Diese können sowohl spannende / interessante / überraschende / gehaltlose oder widersprüchliche Themenaspekte sein. Die wiedergegebenen Inhalte müssen beim jeweiligen Kurs in die dafür vorgesehenen sieben Felder eingetragen werden, wobei nicht alle Felder ausgefüllt sein müssen. Bei Bedarf kann auch die Rückseite des Blattes benutzt werden.

Mit Hilfe dieser Unterlage wird ermittelt, welche inhaltlichen Themenaspekte die Testperson im Rahmen der Untersuchung gemerkt haben bzw. welche Bereiche von ihrer Aufmerksamkeit erfasst wurden. Darüber hinaus wird untersucht, ob die wiedergegebenen Aspekte mit Auffälligkeiten der Eye Tracking Daten korrelieren. Beispielsweise kann ein nicht verstandener Fachbegriff, welcher bei den Eye Tracking Daten in Form einer überaus langen Fixation aufscheint, genannt werden. Die mittels dieser Unterlage erhaltenen Daten werden daher auch für die Interpretation der Eye Tracking Ergebnisse verwendet, da mit ihrer Unterstützung eventuelle Auffälligkeiten erklärt werden können.

Des Weiteren dient die Unterlage WI auch zur Überprüfung der Reihenfolge der Fixationen. Im Rahmen dieser Hypothese wird untersucht, ob die bei dieser Erfragung genannten Elemente auch mit den ersten Fixationen der Moodle Testumgebung einhergehen. Es wird überprüft ob jene Elemente, welche beim Eye Tracking Test auf den jeweiligen Seiten zuerst erblickt wurden auch tatsächlich im Gedächtnis geblieben sind und auch innerhalb der ‚Wiedergegebenen Inhalte‘ aufscheinen.

Der Vorteil dieser Methode liegt darin begründet, dass den Testpersonen genügend Zeit zur Verfügung steht das soeben „Erlebte“ zu erarbeiten und somit umfassend zu reflektieren. Sie können einerseits weder durch signifikanten Zeitdruck noch durch soziale Beeinflussung des Testers eine Aussage bilden. Blockaden bzw. Antworten, welche aufgrund sozialer Erwünschtheit der Interviewsituation bzw. Leistungsdruck entstehen, können so vollkommen ausgeblendet werden. Der zuletzt genannte Aspekt kann sich aber auch bei dieser Methode in Form eines Nachteils äußern, da beispielsweise die Rückgabe eines lediglich bis zur Hälfte ausgefüllten Blattes das Gefühl vermitteln kann, eine schlechte Merkleistung erbracht zu haben.

#### **7.4 Unterlage ‚Abschlussgespräch‘ (Leitfadengespräch)**

Nach dem Ausfüllen des Dokuments WI erfolgt das abschließende Interview mit dem Zweck die während des User-Tests gesammelten Erfahrungen sowie Eindrücke der Versuchspersonen mit Hilfe eines persönlichen Gesprächs zu erfassen. Bei dieser offenen Befragung wird der Eye Tracking Test gemeinsam mit dem Teilnehmer rekapituliert, um zu wichtigen Erkenntnissen zu gelangen, welche für die Deutung der Forschungsergebnisse von großer Bedeutung sind. Für das Interview wird der Fragebogen „Abschlussgespräch“ („Unterlage AG“ siehe Anhang A) verwendet, welcher zwei Themenbereiche umfasst. Der erste Gesichtspunkt beinhaltet Fragestellungen zu den behandelten Themen der Testumgebung Moodle. Der zweite Abschnitt umfasst Fragen, welche dem Versuchsleiter das Einschätzen des jeweiligen Involvements der Testpersonen ermöglichen. Diese soeben genannten Sachverhalte werden in den Kapitel 7.4.1 und 7.4.2 detailliert beschrieben.

Das Abschlussgespräch basiert auf die wissenschaftliche Methode „Leitfadengespräch“. Die Wahl auf diese Interviewform liegt in ihrem optimalen Charakter der flexiblen, offenen aber dennoch mittels eines Leitfadens strukturierter Gesprächsführung begründet.

Der wesentliche Vorteil dieser Methode ist jener Aspekt, dass das Leitfadengespräch einem natürlichen Gesprächsverlauf ähnelt und somit den Befragten ermöglicht, ihre Eindrücke möglichst frei zu schildern. Es werden im Rahmen dieses Interviews keine vorgefertigten Antworten präsentiert, sondern anhand weniger Leitfragen werden die Erfahrungen der Testperson möglichst ungehindert erfasst. Ein weiterer Vorteil dieser Interviewform ist die Tatsache, dass bei Unklarheiten der Forscher stets gezielt nachfragen kann, um das Gesagte zu konkretisieren. Das Leitfadengespräch ist gemäß [Göt97] für eine kleine Stichprobe von Testpersonen zweckmäßig und eignet sich somit optimal für die empirische Studie dieser Arbeit. [Göt97]

Entscheidende Nachteile dieser Interviewform sind mögliche Assoziationen mit einer Prüfungssituation, bei welcher die Befragten das Gefühl einer Leistungsfeststellung bzw. einer Bewertung der eigenen Fähigkeiten vermittelt bekommen können. Ausgehend aus diesem Gedankengang können möglicherweise hemmende oder Stress erzeugende Auswirkungen entstehen, welche die Ergebnisse des Interviews stark verfälschen. Des Weiteren ist die Untersuchungsform im Vergleich zu stark strukturierten Befragungen als eher zeitintensiv einzustufen, wodurch die Anzahl der Teilnehmer stark limitiert werden muss. Ein

weiteres negatives Kriterium dieser Methode ist der Aspekt der Beeinflussung seitens des Interviewers. Einflüsse durch den Befragenden sind nahezu unvermeidbar, da die Art und Weise der Formulierung einer Fragestellungen eine wesentliche Auswirkung auf die gelieferten Antworten hat. Um etwaige Auswirkungen zu protokollieren wird daher laut [Göt97] stets ein zweiter Forscher eingesetzt, um den Einfluss des Interviewers zu beobachten. Im Rahmen dieser Studie wird aber aufgrund von Mangel an Personal die Beobachterrolle vernachlässigt. Als letzten Nachteil des Leitfadengesprächs kann die erhöhte Anforderung der Befragten genannt werden, da eine bestimmte Bereitschaft zur Mitwirkung für den Erfolg des Interviews grundlegend ist. [Göt97]

Wie bereits im vorigen Abschnitt beschrieben wurde, muss der Interviewer sicherstellen, dass den Testpersonen bewusst ist, dass es sich beim Leitfadengespräch um keine Leistungsfeststellung jedweder Art handelt. Für die Studie sind Benutzerverhalten bzw. Auffälligkeiten des Lernsystems Moodle und nicht die Bewertung der Intelligenz der Versuchspersonen von Interesse. Die Befragten sollten ermutigt werden während des Leitfadengesprächs Aussagen nicht zu verschönern bzw. ohne Bedenken zu kritisieren, da negative Äußerungen keine persönliche Kritik am Tester, sondern lediglich Mängel des Testsystems signalisieren.

Im Rahmen des ersten Fragenblocks des „*Abschlussgesprächs*“ (siehe Abbildung 53 im Anhang A) werden Erfahrungen der Testpersonen erfasst, welche die behandelten Kursinhalte der Moodle Umgebung betreffen. Um Rückschlüsse auf das Interesse tätigen zu können, werden im Rahmen des flexiblen Leitfadengesprächs sowohl interessante als auch weniger informative Themen erfragt. Darüber hinaus wird erfragt, ob alle Textpassagen gelesen wurden bzw. ob Themenbereiche bewusst übersprungen wurden. Hierbei sind besonders jene Textpassagen von Interesse, welche von der Testperson bewusst außer Acht gelassen wurden. Dabei bietet das Leitfadengespräch aufgrund seines offenen Charakters ein optimales Werkzeug, um die Gründe für das Handeln qualitativ zu analysieren.

Die letzten beiden Fragestellungen dieses Themenblocks erfragen den subjektiven Eindruck der Versuchsperson sowohl hinsichtlich der Verständlichkeit der Texte bzw. Grafiken, als auch in Hinblick auf die Leseschwierigkeit und Komplexität. Es werden beim Gespräch sowohl ganze Textpassagen, spezielle Fremdwörter, sowie Wortfragmente hinsichtlich ihrer Verständlichkeit erforscht.

Im zweiten und letzten Themenblock des Abschlussgesprächs wird das Involvement der Testpersonen zum Themenschwerpunkt 'Privacy' untersucht. Mit persönlichen Fragen, ob etwa die Versuchsperson vorsichtig mit persönlichen Daten umgeht bzw. Zeitungsartikel mit ‚Privacy‘-Schwerpunkt liest, wird der Versuch unternommen die Einstellung der Befragten einzustufen. Im Rahmen der Studie wird angenommen, dass höheres Involvement den Verlauf der Eye Tracking Analyse demgehend verändert, dass diese die Texte der Moodle Lernumgebung mit größerer Aufmerksamkeit bzw. Interesse verfolgen und somit verschiedenartige Eye Tracking Daten erzeugen. Im Zusammenhang hiermit können längere Fixationsdauer, weniger Sprünge sowie eher kontinuierliche Blickpfadverläufe und stark textbasierte Heat-Maps auftreten.

Die dritte und vierte Fragestellung dieses Fragenblocks zielen ebenfalls auf die Untersuchung des Involvements ab. Es wird um eine individuelle Stellungnahme einerseits zur hypothetischen Erstellung einer eigenen Homepage andererseits zur persönlichen Einstellung gegenüber der Überwachung gebeten. Die soeben genannten Forschungsfragen werden den Testpersonen stets gesprächsfördernd präsentiert, um im Falle mangelnder Bereitschaft praxisnahe Gesprächsthemen anzubieten.

## **7.5 Unterlage ‚Bewertung des Lernsystems Moodle‘ (Bewertungsskalen)**

Im Rahmen des Abschlussgesprächs werden gemeinsam mit der Testperson sechs Fragestellungen der Unterlage B (Abbildung 54 und 55 im Anhang A) erörtert, welche zwei wesentliche Untersuchungsaspekte behandelt. Diese betreffen die Navigation der Lernumgebung und das ästhetische Design von Moodle. Um die Bewertung des Zweitgenannten zu erleichtern, werden der Versuchsperson beim Leitfadengespräch sechs Screenshots der E-Learning Plattform präsentiert, welche der Beurteilung als Erinnerungstützen dienen.

Die Bewertung des Lernsystems wird mit Hilfe der wissenschaftlichen Methode der Bewertungsskalen (Rating-Skalen) durchgeführt. Hierbei werden Eindrücke sowie Einstellungen einem Zahlenwert eines bestimmten Intervalls zugeordnet und anschließend über eine größere Personengruppe bzw. Stichprobe summiert berechnet. Diese Vorgehensweise dient dem Zweck studienrelevante Hypothesen zu untersuchen und statistische Unterstützung für den Interpretationsprozess zu liefern. Diese Form der quantitativen Datenerfassung ermöglicht die Abbildung jeglicher Entitäten auf eine numerische Berechnungsbasis und ist somit ein elementares Werkzeug der Forschung. [Tro01]

Die Methodik wird in der Regel mit der Definition des zentralen Themas, einem Fokus, eingeleitet, welcher die Bewertungsgrundlage darstellt. Beurteilungsskalen können auf unterschiedliche Dimensionen abgebildet werden. Die eindimensionale Ebene, oft auch unidirektional genannt, stellt eine lineare Abstufung zwischen zwei Grenzen da, wie etwa Zustimmung bzw. Ablehnung einer Entität und wird in einer Intervallbreite, in der Regel mit drei, fünf oder sieben Skalenelementen, definiert. Ein Rating-Skala kann sowohl nach symmetrischer Verankerung konzipiert sein [-3,-2,-1,0,1,2,3] oder asymmetrisch-numerisch [1,2,3,4,5,6,7] aufgebaut sein. Eine siebenstufige Skalierung bietet den Vorteil des hohen Differenzierungspotenzials ohne hierbei die befragten Studienteilnehmern kognitiv zu überfordern. [Kös05] [Tro01]

Die Wertigkeit der Elemente am Beispiel einer numerisch-verankerten fünfstufigen Bewertungsskala ist wie gefolgt aufgebaut:

1. dem Konzept stark ablehnend
2. dem Konzept ablehnend
3. unparteiisch / unentschlossen
4. dem Konzept zustimmend
5. dem Konzept stark zustimmend

Zum Schluss erfolgt die summierte Berechnung der einzelnen Einzelwerte zu einer Gesamtaussage. Um generalisierte Aussagen über die Einstellungen der Befragten treffen zu können, werden häufig arithmetische Werte errechnet, aber mittels komplexer Strategien können umfassendere Aussagen bestimmt werden. Auf diese werden im Rahmen der Diplomarbeit verzichtet, da diese den Rahmen der Arbeit sprengen würden. [Tro01]

Die grundlegende Methodik dieser wissenschaftlichen Herangehensweise eignet sich optimal für die Bewertung des Lernsystems, da sie eine handhabbare Einschätzung über das an sich subjektive Ästhetik liefert.

Der zentrale Nachteil dieser Methode ist die kritische Wahl der Skalenelemente, da Wörter plurale Bedeutungen haben bzw. subjektive Assoziationen hervorrufen können. Daher ist es empfehlenswert diese auf Verständlichkeit sowie Eindeutigkeit noch vor der Durchführung der Studie zu überprüfen. Mit Hilfe eines Pre-Tests lassen sich Mehrdeutigkeiten rechtzeitig identifizieren und somit die Güte der Beurteilung verbessern. Des Weiteren sollten die Fragestellungen inhaltlich eindeutig und in der Regel nur einen Themenaspekt abdecken. Weiters einschränkend kann sich auch die erhöhte Anzahl an Kategorien erweisen, da hierbei gesteigertes Abstraktionsvermögen seitens der Befragten erforderlich ist, welches bei kognitiver Überforderung zur Ergebnisverzerrung führen kann. [Kös05] [Tro01]

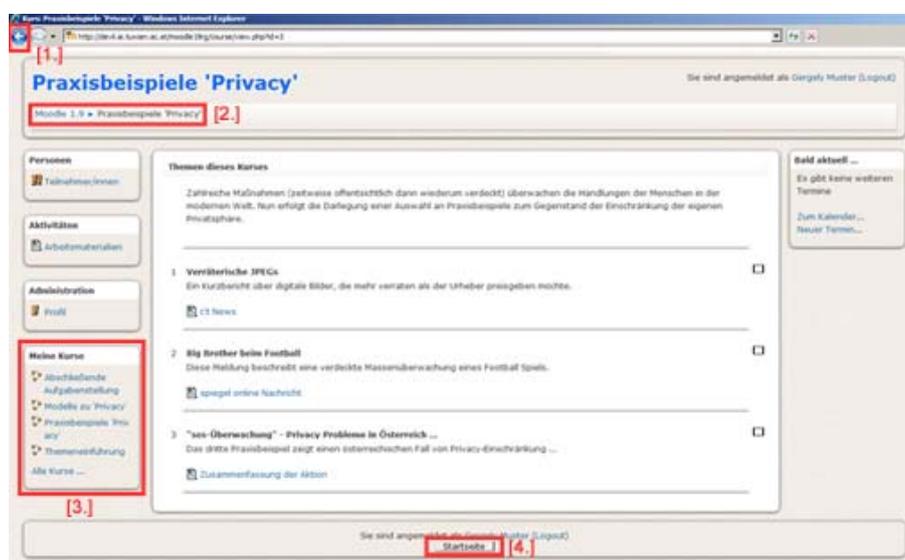
Darüber hinaus sollten die Bezeichnungen der Abstufungen zwischen den Intervallwerten nicht allzu streng formuliert sein, da erfahrungsgemäß die extremen Grenzwerte vermeiden werden und in Hinblick auf die Bewertungen zwei Antworttendenzen existieren. Aufgrund der Tatsache, dass Extreme von den Testpersonen nicht gewählt werden, bilden sich tendenziell Endresultate um den mittleren Wert. Diese so genannte „zentrale Tendenz“ oder „Mittentendenz“ resultiert aus der Tatsache, dass Studienteilnehmer keine eindeutige Position beziehen möchten und bevorzugt die mittlere Kategorie einer Bewertungsskala auswählen. Die zweite Antwortklasse wird „Akzentuierungstendenz“ genannt, bei welcher Befragte unabhängig von der Fragestellung sich für die zustimmende Antwort entscheiden. [Kös05] [Tro01]

Als letzter Nachteil dieser wissenschaftlichen Methodik sollte jener Fall genannt werden, wobei vermehrt mittlere Skalenelemente gewählt werden und wodurch das Ergebnis der Beurteilung ein „unentschlossen“ bzw. „unparteiisch“ ergibt. Um diesen Fall zu umgehen und eine Entscheidung zu bewirken, forcieren strenger ausgelegte Bewertungsskalen ein Intervall ohne mittleres Element. Diese wird im Rahmen dieser Studie aber nicht angewendet, da den Versuchspersonen die Möglichkeit gegeben wird, speziell bei der ästhetischen Beurteilung, eine „durchschnittliche“ Bewertung abzugeben. [Tro01]

Die ersten drei Fragestellungen der Unterlage B dienen dem Zweck die Erfahrungen der Testpersonen hinsichtlich der Navigation zu erfassen bzw. eventuelle Problembereiche des

Lernsystems Moodle zu identifizieren. Der erste Befragungsaspekt ist eine siebenstufige Beurteilungsskala, welche zur Bewertung der Verständlichkeit, Bedienfreundlichkeit sowie Intuitivität der einzelnen Kursseiten angewendet wird. Die Skalierung liegt zwischen den Grenzen „1 - einfach zu bedienen“ sowie „7 - ziemlich schwer zu bedienen“. Diese numerische Bewertung sollte einerseits die Güte der Navigation bestimmen, andererseits eine Diskussion über mögliche Verbesserungsvorschläge bewirken.

Bei der zweiten Fragestellung werden Testpersonen aufgefordert jene Elemente der Testumgebung zu nennen, welche sie für die Navigation im Lernsystem Moodle benutzt haben. Sie können hierbei die Screenshots der Kursseiten als Erinnerungsstützen heranziehen. Mit Hilfe dieser Frage kann zusätzlich zu den Eye Tracking Daten überprüft werden, welche von den vier Navigationselementen bevorzugt verwendet bzw. welche außer Acht gelassen wurden. Des Weiteren wird im Rahmen des Gesprächs auch der Grund für die Verwendung bzw. Vernachlässigung erörtert. Die vier Hauptnavigationselemente des E-Learning-Systems Moodle sind in der Abbildung 23 dargestellt.



**Abb. 23.:** Die vier Hauptnavigationselemente des Lernsystems Moodle sind der „Zurück“ Button des Browsers [1.], die Breadcrumb-Leiste [2.], der Moodle Kursblock „Meine Kurse“ [3.] sowie die Schaltfläche, die stets auf die nächsthöhere Navigationsebene verweist [4.].

Die dritte Fragestellung, welche im Rahmen der Bewertung des Lernsystems Moodle behandelt wird, untersucht ob die Versuchspersonen stets gewusst haben, auf welcher Ebene sie sich im Hyperlinksystem befinden bzw. ob während der Untersuchung Schwierigkeiten mit der Navigation gab.

Die vierte und fünfte Frage des Dokuments B erfassen die grundlegende Einstellung sowie die Zufriedenheit der Testperson gegenüber dem Lernsystem und liefern eine Grundlage für die Einstufung der „hedonische“ Größe (siehe Kapitel 5.2). Dieser Zustand wird nicht direkt angesprochen, sondern mit der indirekten Fragestellung ob das Lernsystem zum Arbeiten einladend ist, behandelt. Des Weiteren wird auch der Spaßfaktor, welcher laut [Kai07] einen durchaus entscheidenden Einfluss auf die Arbeitsweise der User hat, berücksichtigt.

Die letzte Fragestellung dieses Themenblocks ist wiederum eine siebenstufige Bewertungsskala, welche eine Stellungnahme zum ästhetischen Design des Lernsystems Moodle erfragt. Die Intervallgrenzen sind mit den Werten „1 - optisch ziemlich ansprechend“ sowie „7 - optisch nicht ansprechend“ gekennzeichnet. Die Bewertung ergibt einen Gesamteindruck zur optischen Gestaltung der Kursseiten.

## **7.6 Parameter der Eye Tracking Studie**

Im Rahmen der Untersuchung werden zwei Klassen von Parametern berücksichtigt, nämlich Fixationen sowie Blickpfade, deren theoretische Begründung in Kapitel 1.3.5 erfolgt. Die Parameterklasse „Blickfixation“ weist zwei Werte auf, nämlich die Dauer sowie die Häufigkeit der einzelnen Fixationen. Diese werden mit Hilfe der so genannten Heat-Maps dargestellt, welche Seiten des Lernsystems mit einer farbcodierten Visualisierung überlagern. Diese Farbcodierung stellt die Häufigkeiten der Fixationen dar und nimmt Werte des Farbverlaufs von *grün* (geringe Anzahl von Fixationen), über *gelb*, bis hin zu *rot* (Bereiche mit vielmaliger Betrachtungen) an. Regionen, die keine farbliche Überlagerung aufweisen, wurden von der Testperson nicht fixiert.

Die Heat-Maps werden im Rahmen der Studie sowohl als Ergebnisse der Einzeltests als auch als kumulierte Resultate für alle teilnehmenden Versuchspersonen ausgewertet. Des Weiteren werden die während der Eye Tracking Studie getätigten Mausklicks registriert und visuell in die Heat-Maps in Form eines Computermaus-Icons an der Position der Interaktion integriert.

Die Parameterklasse Fixation liefert essenzielle Grundlage für die Interpretationsphase, da sie Hinweise für Auffälligkeiten bzw. Schwierigkeiten der Informationsverarbeitung liefert. Des Weiteren visualisieren Heat-Maps die Aufmerksamkeitsverteilung, die Schwerpunkte des Interesses sowie bieten eine Basis für die Bewertung der Güte der Oberflächengestaltung. Die Heat-Maps der Diplomarbeit werden in Anhang B angeführt.

Die zweite Parameterklasse ist der „Blickpfad“ zu den Blickfixationen, welcher mit Hilfe so genannte Gaze-Plots ausgegeben wird. Die Visualisierung erfolgt in Form einer Überlagerung der betrachteten Seiten mittels Graphen bestehend aus den Graphen-Elementen „Knoten“, diese sind einzelne Blickfixationen, und den „Kanten“, welche Sprünge bzw. Diskontinuitäten der Augenbewegungen darstellen. Die Knoten des Graphen sind durchnummeriert, wodurch sowohl das Einstiegselement der Seite als auch die Reihenfolge der weiteren aufgetretenen Fixationen ersichtlich wird und dadurch auch die zeitliche Dimension des Tests ablesbar ist. Gemäß [Kai07] wird bei einem Sprung der Augen keine Information aufgenommen, wodurch aus dem Graphen abgelesen werden kann, welche Lernelemente von Moodle übersprungen und somit nicht wahrgenommen wurden.

Die Ausgabe des Blickpfades wurde sowohl für eine Testperson als auch durch farbliche Trennung für alle Teilnehmer erstellt, wobei sich hierbei die einzelnen Pfade der Versuchspersonen überlagern und die visuelle Darstellung überfüllen.

## **7.7 Videoaufzeichnung der Testpersonen**

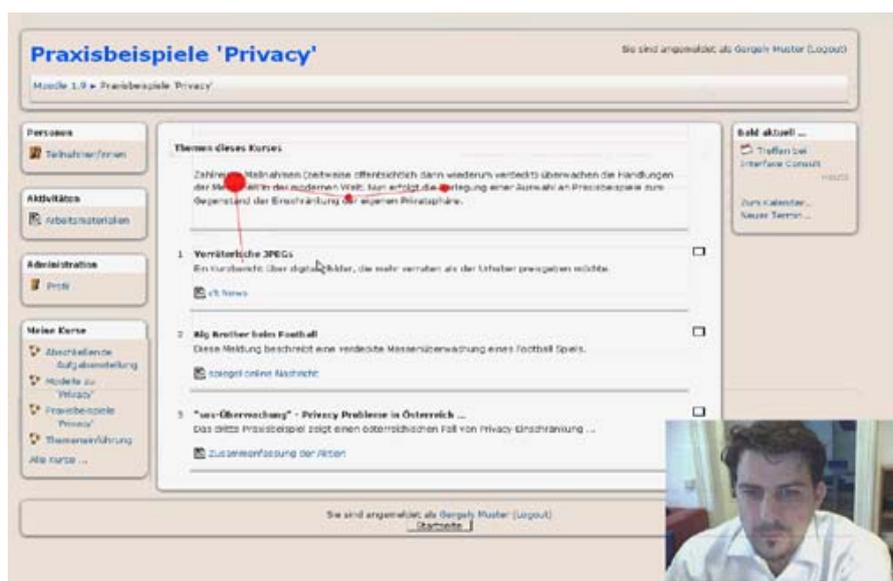
Im Kapitel 6 wurden die Kopfbewegungen bereits als eine zentrale Fragestellung dieser Diplomarbeit angeführt, an dieser Stelle wird nun die zu Grunde liegende wissenschaftliche Arbeit nach [Tat04] behandelt.

Im Rahmen der Studie nach Tateyama et. al. wurden mithilfe eines Eye Tracking Systems zusätzlich zur Erfassung der Augenpositionen gleichzeitig auch die Positionsänderungen des Kopfes registriert. Die Forscher verwendeten die erhaltenen Daten um den Zustand der Konzentration beim Benutzer zu ermitteln. Das Ziel der Untersuchung war es ein System zu entwickeln, welches bei voller Konzentration des Users inaktiv im Hintergrund verweilt, bei Interaktion bzw. Unaufmerksamkeit Hilfe zur Verfügung stellt und bei Müdigkeit entsprechende Ruhepausen empfiehlt.

Im Rahmen der Studie wurden Testpersonen in zehn Iterationsschritten mit kleinen Aufgaben, Rechenbeispielen sowie Leseproben, konfrontiert, wobei zwischen den einzelnen Iterationen Ruhephasen eingeplant waren. Die Ergebnisse der Studie von [Tat04] zeigten, dass beim konzentrierten Lesen eines Dokuments die Intensität der Kopfbewegungen signifikant geringer war als im Verhältnis zu den Ruhephasen. Während des kognitiven Ruhezustands hingegen war eine deutlich höhere Häufigkeit von Positionsänderungen des Kopfes zu verzeichnen. Infolgedessen war es den Forschern der Studie möglich aufgrund von Starre sowie moderaten Kopfbewegungen, welche beispielsweise bei der Fixation sich bewegender Objekte auftreten können, Aufmerksamkeit sowie Konzentration festzustellen.

Die technische Realisierung der Videoaufzeichnung erfolgte über eine Webcam (Logitech Quickcam Pro 5000) bei einer Auflösung von 320 \* 240 Pixel, welche am linken oberen Bildschirmrand des Eye Tracking Geräts angebracht wurde. Die Webcam wurde unauffällig platziert, damit die Testpersonen durch die Präsenz des Geräts nicht abgelenkt werden und somit die Ergebnisse der Untersuchung unbeeinflusst bleiben. Die Videoaufnahmen werden für die Analyse des Benutzerverhaltens in jener Form exportiert, wie in Abbildung 24 dargestellt.

Der Nachteil dieser wissenschaftlichen Methode ist jener Aspekt, dass keine Aussagen darüber getroffen werden können, ob eine aufmerksame bzw. konzentrierte Person die erfassten Informationen auch tatsächlich lernt bzw. in sein Gedächtnis überträgt. Mit Hilfe der Kopfbewegungen kann lediglich der aktuelle Zustand der Konzentration nicht jedoch der Lernprozess beschrieben werden.



**Abb. 24.:** Die Videoaufzeichnungen über die Kopfbewegungen werden im Rahmen der empirischen Untersuchung für die Identifikation jener Phasen verwendet, welche von prägnanter Konzentration bzw. Aufmerksamkeit der Testpersonen gekennzeichnet sind.

## 7.8 Weitere relevante Materialien

Im Rahmen der praktischen Untersuchung werden, neben der in den Kapiteln 7.1 bis 7.7 genannten Materialien bzw. Methoden, weitere Elemente verwendet, welche aufgrund ihres sekundären Stellenwerts nur kurz behandelt werden.

Die Eye Tracking Tests werden mittels einer Eröffnungsfolie bestehend aus dem Hinweis „*Start der Untersuchung ... bitte loggen Sie sich ins System ein!*“ eingeleitet. Um zu garantieren, dass von Anbeginn der Untersuchung die Augen auf den Screen fokussiert sind, wird mit Hilfe dieses Einleitungstexts die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf den Bildschirm gelenkt.

Zusätzlich zu den Videoaufzeichnungen der Kopfbewegungen werden während der Untersuchung mittels eines Mikrophons Hintergrundgeräusche sowie eventuelle akustischen Bemerkungen der Testperson registriert. Die Soundaufnahmen der Versuchspersonen haben keine bedeutende Relevanz für die durchgeführte Studie, denn sie werden im Rahmen der Interpretation der Kopfbewegungen lediglich bei Zweifelsfällen als Validierung vermuteter akustischer Ablenkungen.

Um gleiche Bedingungen für alle Tests gewährleisten zu können, wird dem Tester ein Merkzettel angefertigt, welcher den genauen Testablauf, alle Einzelschritte, sprachliche Hinweise sowie die Abfolge der in Kapitel 7 genannten Studiendokumente beinhaltet. Mit Hilfe dieses Merkzettels wird sichergestellt, dass das Leitfadengespräch (siehe Abschnitt 7.4), trotz fehlender Beobachterrolle, ohne grobe Beeinflussung durch den Versuchsleiter erfolgt.

## **8. Durchführung der empirischen Studie**

Die empirische Untersuchung bildet das zentrale Element der Diplomarbeit. In diesem Abschnitt wird der zu Grunde liegende Studienkonzept vorgestellt, welches das allgemeine Studiendesign, die Beschreibung der Teilnehmer, die Darlegung der technischen Ausstattung sowie die applizierten Parameter umfasst. Anschließend erfolgt sowohl die detaillierte Schilderung des Untersuchungsablaufs als auch die Beschreibung der im Rahmen der Pre-Tests gewonnenen Erkenntnisse. Gegen Ende dieses Kapitels werden die einzelnen User-Tests der Studie deskriptiv vorgestellt.

### **8.1 Untersuchungskonzept**

Die nachfolgenden Kapitel behandeln allgemeine Aspekte der Untersuchung und beschreiben die Rahmenbedingungen, nach welchen die Studie durchgeführt wurde.

#### **8.1.1 Studiendesign**

Die Teilnehmer der Studie haben im Rahmen der empirische Untersuchung die Aufgabe sich mit einem Stimulus auseinanderzusetzen. Der Stimulus dieser Studie wird von der in Kapitel 7.2 beschriebenen E-Learning Umgebung Moodle sowie von ihren integrierten Ausgabenstellungen, gebildet. Die Hauptaufgabe der Teilnehmer besteht darin die Kursinhalte des Lernsystems zu lesen, die Oberfläche zu explorieren und die Bedienungselemente des Programms kennenzulernen. Während der Erarbeitung des Stimulus werden die Augenbewegungen mit Hilfe eines Eye Tracking Erhebungsinstrumentes (Beschreibung siehe Kapitel 8.1.3) registriert um anschließend Aussagen über das Benutzerverhalten treffen zu können. Um die Analyse der erhaltenen Daten qualitativ zu halten, werden vor und nach der Eye Tracking Untersuchung Befragungen durchgeführt, welche ebenfalls auf verschiedene wissenschaftliche Methoden beruhen (Kapitel 7.1 sowie 7.4).

Die Untersuchung war als eine Einzelstudie konzipiert, die eine einmalige Durchführung (nicht wiederholend) aufwies, da an der Erforschung von Entwicklungen der Meinungsbildung bzw. Leistungssteigerung kein Bedarf bestand. Der Zeitraum, in welchem die User-Tests absolviert wurden, betrug vier Wochen, wobei die Dauer der einzelnen Tests inklusive der Befragungen sowie der Pausen etwa eineinhalb Stunden ergab. Das zentrale Elemente der Studie, die Eye Tracking Untersuchung, dauerte je nach Versuchsperson unterschiedlich lang. An dieser Stelle sei jedoch vermerkt, dass für die zeitliche Dimension der Einzeltests keine Maximaldauer vorgegeben wurde, da dieser Einschnitt den Lernprozess bzw. das Lernverhalten signifikant beeinflusst hätte. Es wurde daher der Testperson deutlich gemacht, dass es ihr selbst überlassen war, wie lange an dem Stimulus gearbeitet wurde, bzw. dass die Zeitspanne der Untersuchung keine Relevanz für die Forschungsergebnisse hatte.

### 8.1.2 Teilnehmer

Für die Untersuchung wurden zehn Versuchspersonen im Alter von 21 bis 25 Jahren herangezogen, wobei genauer vier Frauen und sechs Männer an der Studie teilgenommen haben. Die Zielgruppe der Studie sind österreichische Studenten, wobei darauf geachtet wurde, dass die Testpersonen sowohl von verschiedenen Universitäten als auch von unterschiedlichen Studienrichtungen stammen. Die Anzahl inskribierter Semester bewegte sich zwischen den Werten sieben und zwölf, womit gewährleistet wurde, dass keine Studienbeginner an der Untersuchung teilnahmen. Die Studienanfänger wurden im Rahmen der empirischen Untersuchung bewusst nicht berücksichtigt, da sie aufgrund ihrer fehlenden Erfahrung hinsichtlich akademisches Lernverhalten den Stimulus in geänderter Form wahrgenommen hätten und somit das Lernsystem andersartig benutzt hätten.

Die Akquirierung der Teilnehmer erfolgte mündlich sowie durch Einladungen mittels E-Mail-Werbung bzw. Telefonanrufe. Die Auswahl der geeigneten Versuchspersonen wurde kaum durch Aufnahmekriterien eingeschränkt. Folgende Gesichtspunkte mussten aber seitens der Versuchspersonen erfüllt werden:

- Die Teilnehmer sollten weder spezielle Kenntnisse des Lernsystems Moodle haben, noch Informatikspezialisten sein, denen alle Aspekte eines Usability Eye Tracking Tests bekannt sind.
- Die Testpersonen sollten je nach Möglichkeit keine Brillenträger sein, da, wie bereits in der theoretischen Abhandlung beschrieben (siehe Abschnitt 1.3.6), können die Brillenlinsen bzw. Kontaktlinsen Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Augenpositionen bewirken.
- Abschließend wird auch hinsichtlich der Computerkenntnisse darauf geachtet, dass keine absoluten PC-Beginner der Studie zugelassen werden, da das Lernsystem MOOLDE eine gewisse Kompetenz hinsichtlich der Bedienung eines Computers voraussetzt.

Um äquivalente Bedingungen für alle Versuchspersonen garantieren zu können, werden die User-Tests stets zu ähnlichen Tageszeiten durchgeführt, nämlich zwischen spätem Vormittag bzw. frühen Nachmittag. Um die Anonymität der Teilnehmer gewährleisten zu können werden persönliche Angaben anonymisiert und mit größter Sorgfalt behandelt.

### 8.1.3 Erhebungsinstrumente

Das Erhebungsinstrument, welches bei der Studie verwendet wird, ist der „Tobii T120 Eye Tracker“ (siehe Abbildung 25), welcher der empirischen Untersuchung optimale Hardwarespezifikationen bot. Das Eye Tracking Gerät hat einen integrierten 17 Zoll Bildschirm mit der Auflösung von 1280 x 1024 Pixel. Die Genauigkeit hinsichtlich der Erfassung der Augenbewegungen liegt bei 0,5 Sehgrad, wobei laut Herstellerangaben [Tob09] stets ein Messfehler um ungefähr 0,3 Sehgrad bestehen kann. Die Bewegungsfreiheit des

Kopfes während eines Tests beträgt in der Horizontalen eine Fläche von 30x22 cm und eine vertikale Abweichung von 30 cm. Somit wird ein Spielraum für moderate Positionsänderungen gegeben, die beispielsweise aus Kratzen, Gähnen bzw. anderen Unruhebewegungen resultieren können. Die Datenaufzeichnung erfolgt binokular mit zwei Infrarotkameras bei einer Datenrate von 120 Hz. [Tob09]



**Abb. 25.:** Das Erfassen der Augenbewegungen wird im Rahmen der Studie mit Hilfe des Geräts *Tobii T120 Eye Tracker* bewerkstelligt.

Die zum Eye Tracking Gerät gehörende Software „*Tobii Studio*“ (in der Windows XP Version 1.2.24) dient sowohl der Speicherung als auch der Verarbeitung der von der Hardware übermittelten Daten. Des Weiteren kann mit Hilfe dieses Programms die Visualisierung der aufgezeichneten Augenbewegungen, wie etwa die Erstellung der Heat-Maps, die Generierung der Gaze-Plots (siehe Kapitel 7.6) sowie die statistische Aufbereitung der Daten, beispielsweise die Definition und Auswertung anhand der AOIs, bewerkstelligt werden.

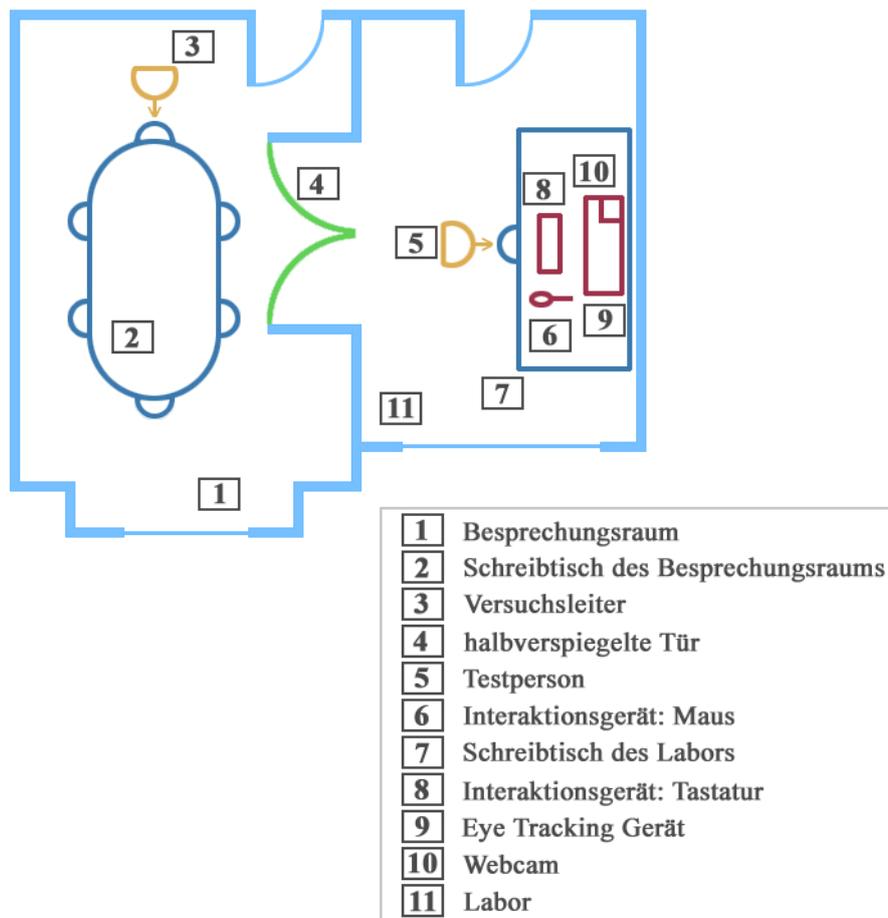
Um eine höhere Genauigkeit zu erzielen, kann die Beweglichkeit der Testpersonen mit technischen Mitteln, wie etwa einer Kinnstütze eingeschränkt werden. Im Rahmen der Untersuchung wurde aber auf diese Immobilisierung bewusst verzichtet. Hierbei wird ein gewisser Grad an Genauigkeitsverlust in Kauf genommen, aber dem Benutzer der E-Learning Umgebung wird hierdurch eine natürliche Lernsituation sowie eine gewisse Bewegungsfreiheit gewährt.

Da sich das Videobild der Infrarotkameras nicht für die Aufnahme der Kopfbewegungen eignet, wird ein weiteres Erhebungsinstrument, eine externe Webcam (behandelt in Kapitel 7), unauffällig auf dem Bildschirm des Eye Trackers angebracht. Des Weiteren stehen der Testperson zwei Eingabegeräte (eine Maus und eine Tastatur) als Interaktionsgeräte zur Verfügung.

#### **8.1.4 Aufbau des Labors**

Den Durchführungsort der Studie bilden zwei Räume der Wiener Firma *Interface Consult GmbH*, welche dankenswerterweise von der Geschäftsführung immerwährend flexibel zur

Verfügung gestellt wurden. Die schematische Skizze der Räumlichkeiten, bestehend aus einem Beobachtungsraum sowie einem Labor, sowie die Darstellung der Aufteilung der für die Studie relevanten Gegenstände sind in der Abbildung 26 ersichtlich. Beide Zimmer sind als reizarme Räume ausgelegt, damit ungestörtes Arbeit seitens der Studienteilnehmer garantiert werden kann. Die Räume sind durch eine halb-verspiegelte Tür getrennt mit deren Hilfe der Versuchsleiter die Testperson beobachten kann. Um unerwünschte Einflüsse auf die Ergebnisse der Untersuchung zu minimieren und eine Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, werden sowohl die Räumlichkeiten als auch der Aufbau der Untersuchungssituation im Voraus genau festgelegt und während der gesamten Studienzeit unverändert belassen.



**Abb. 26.:** Die Räumlichkeiten der Wiener Firma *Interface Consult GmbH* bildeten den Durchführungsort der Studie, bestehend aus zwei durch eine halb-verspiegelte Tür getrennten Räumen. Die Abbildung visualisiert die räumliche Aufteilung der für die Untersuchung relevanten Gegenstände.

Im Besprechungsraum erfolgt sowohl die Vorbefragung als auch die Erfassung der „Wiedergegebenen Inhalte“. Des Weiteren verweilt der Versuchsleiter während der Durchführung des Eye Tracking Test in diesem Zimmer und bereitet die nächsten Schritte der Untersuchung vor.

Das Erhebungsinstrument der Studie befindet sich im Labor auf einem Schreibtisch. Die zwei Infrarotsensoren des Geräts sind auf die erwartete Augenhöhe der Testpersonen ausgerichtet, wobei der Abstand zum Bildschirm auf den ungefähren Abstand von etwa einem

halben Meter eingestellt wurde. Darüber hinaus befinden sich auf dem Schreibtisch des Labors die Interaktionsgeräte Maus bzw. Tastatur und die Webcam für die Erfassung der Kopfbewegungen. Dieser Raum wird für die Eye Tracking Untersuchung, für das Abschlussgespräch sowie für die Bewertung des Lernsystems Moodle verwendet. Aufgrund der Tatsache, dass beim Interview eventuelle Auffälligkeiten zu klären sind, kann das Eye Tracking Gerät als Erinnerungsstütze für die Diskussion der Fragestellung herangezogen werden.

### **8.1.5 Abgrenzung**

Um die Zielsetzung der Studie zu verdeutlichen sowie Missverständnissen vorzubeugen wird im Rahmen dieses Abschnitts eine Abgrenzung des Projektschwerpunkts getroffen.

Die erste Einschränkung der Untersuchung betrifft die Anzahl der implementierten Elemente des Lernsystems Moodle, da nicht alle angebotenen Komponente der E-Learning Umgebung zum Testen herangezogen werden können. Beispielhafte nicht inkludierte Systemeigenschaften sind etwa die Aktivitäten Lernpaket, Test, Lektion, Übung oder die Arbeitsmaterialien wie Weblink oder IMS-Content Paket. Des Weiteren konnten die Medienelementtypen Video bzw. Audio nicht im Lernsystem berücksichtigt werden, da diese nicht von Grund auf vom Moodle System angeboten werden.

Weiters wird der Umfang der Testumgebung Moodle bewusst als eine überschaubare Lerneinheit geplant, damit die Dauer einer Einzeluntersuchung im messbaren Bereich gehalten werden kann.

Eine weitere Abgrenzung der Studie betrifft jenen Aspekt, dass im Rahmen der Untersuchung kein Vergleich praxisorientierter Designkonzepte bzw. die Eignung von Usability Guidelines durchgeführt wird.

Abschließend wird betont, dass keine Erforschung jedweder Lernkompetenz, Intelligenz oder Leistungsfähigkeit der Testpersonen intendiert wird bzw. lediglich Aussagen über das Benutzerverhalten der Zielgruppe, folglich Studenten höherer Semester, getroffen werden.

## ***8.2 Ablauf der Untersuchung***

Im folgenden Abschnitt erfolgt die detaillierte Beschreibung des Studienablaufs, indem unter anderem die Abfolge, der unter dem Kapitel 7 vorgestellten wissenschaftlichen Methoden, geschildert wird.

Die Untersuchung wird im Besprechungsraum mit der Begrüßung des Teilnehmers eingeleitet, wobei der Versuchsleiter schon vor dem eigentlichen Testbeginn um die Schaffung einer lockeren Atmosphäre bemüht ist, damit der doch intensive Ablauf der Untersuchung je nach Möglichkeit ohne Belastungen in Angriff genommen werden kann. Nach der Danksagung für die Teilnahmebereitschaft sowie nach dem Anbieten eines Getränks wird das Ziel der Studie bzw. des bevorstehenden User-Tests genannt. Es werden in aller Kürze den Versuchspersonen die Aufgabenstellung, sowie der Untersuchungsablauf

geschildert. Noch vor der Durchführung der Vorbefragung (mittels der Unterlage VB) wird die Testperson hinsichtlich Filmerlaubnis bzw. Verwendung eines Pseudonyms befragt. Falls diese Fragen bejaht wurden, wird gemeinsam mit dem Teilnehmer das teilstrukturierte qualitative Interview, welches in Regel etwa zehn Minuten dauert, durchgeführt.

Nach der einleitenden Befragung wird die Testperson gebeten ins Labor zu gehen und sich vor dem Eye Tracking Gerät zu positionieren. In der Zwischenzeit werden die Vorhänge des Labors zugezogen um die Infrarotsensoren des Erhebungsinstruments vor dem Tageslicht zu schützen. Des Weiteren werden die Fenster wegen der Audioaufnahme bzw. des etwaigen Lärms geschlossen. Der Versuchsleiter bittet nun den Teilnehmer eine bequeme Sitzposition einzunehmen und stellt der Testperson anschließend das Eye Tracking Gerät kurz vor. Im Folgenden wird der Teilnehmer um aktive Mitwirkung sowie Konzentration beim Test gebeten sowie mitgeteilt, dass die Methode des „thinking aloud“, das Kommentieren der eigenen Aktivitäten, für diese Studie nicht nötig wird. Dem Teilnehmer wird anschließend erklärt, dass im Rahmen der Untersuchung nicht die eigene Intelligenz bewertet wird bzw. die Studie nicht als Leistungsfeststellung konzipiert sei. Im Folgenden wird dem Teilnehmer verdeutlicht, dass die Untersuchungsdauer unbegrenzt ist und dass der Person selbst überlassen ist, wie lange für die Verarbeitung des Stimulus gebraucht wird. Nachfolgend wird erklärt, dass die freie bzw. unbegrenzte Exploration des Lernsystems nicht untersagt sei.

Anschließend erfolgt die individuelle Kalibrierung des Eye Tracking Geräts, wobei die Testperson auf dem Bildschirm bewegende Objekte zu verfolgen hat um die Augencharakteristika zu erfassen. Darüber hinaus wird der Testperson mit einer interaktiven Anzeige jener Bereich gezeigt, in welchem sich die Person frei bewegen kann. Es wird aber dem Teilnehmer eindringlich erklärt, dass beim Test um die Vermeidung körperlicher Unruhe bzw. Blicke abseits des Bildschirms bemüht werden sollte. Noch vor der Durchführung des User-Tests werden wesentliche Instruktionen, wie etwa zum Login (Nennen des Benutzernamen und Passworts), genannt. Des Weiteren wird der Teilnehmer gebeten nach Beendigung der Eye Tracking Untersuchung selbst einmalig die „ESC“ Taste zu betätigen. Anschließend wird der Test durch den Versuchsleiter eingeleitet, woraufhin sich der Tester in den Besprechungsraum begibt.

Nach der Durchführung des Eye Tracking Tests bzw. bei Bedarf nach einer kurzen Pause wird die Testperson gebeten im Besprechungsraum die Erinnerungen, Erkenntnisse sowie die im Gedächtnis gebliebenen Sachverhalte auf die Unterlage WI zu übertragen. Dem Studienteilnehmer wird für das Ausfüllen des Dokuments reichlich Zeit zur Verfügung gestellt und während die Testperson den Fragebogen ausfüllt, führt unterdessen der Versuchsleiter im Labor notwendige Aufgaben wie Speicherung bzw. Back-Up der aufgenommenen Eye Tracking Daten durch.

Anschließend wird der Teilnehmer nach einer kurzen Pause ins Labor gebeten, wo das Abschlussgespräch stattfindet. Bevor das Interview durchgeführt wird, bittet der Versuchsleiter die Testperson Aussagen nicht zu verschönern, Bewertungen offen ohne Rücksicht auf jedweden Sachverhalt zu nennen und stets Kritikpunkte offen anzusprechen, da beim Leitfadengespräch nicht der Forscher sondern das Lernsystem Moodle kritisiert wird. Nach dem Abschlussgespräch, welches auf eine Dauer von etwa 20 Minuten kalkuliert und seitens des Testers durch handschriftliche Notizen dokumentiert wird, erfolgt die Bewertung der E-Learning Umgebung Moodle mit Hilfe der Unterlage B sowie mit Zuhilfenahme der

Screenshots des Lernprogramms. Bei Bedarf wird auch das Lernsystem Moodle selbst zur Klarstellung etwaiger Problembereiche herangezogen.

Nachdem das Abschlussgespräch beendet wird, findet bei Bedarf eine entspannte Abschiedskonversation, die Beantwortung etwaiger Fragen, die wiederholte Danksagung für die Teilnahme an der Studie sowie das Überreichen der Aufwandsentschädigung statt.

### **8.3 Pre-Tests**

Um die Eignung der wissenschaftlichen Methoden zu überprüfen, Unstimmigkeiten bzw. Konflikte beim Ablauf der Studie zu identifizieren, werden zwei so genannte Pre-Tests noch vor dem Start der eigentlichen User-Tests durchgeführt. Die Pre-Tests werden bei der Analyse der Forschungsergebnisse nicht berücksichtigt und dienen lediglich der Qualitätsverbesserung des Studienablaufs. Im folgenden Kapitel werden nun jene Erkenntnisse bzw. Auffälligkeiten geschildert, welche im Rahmen dieser beiden Tests gemacht wurden. Hierbei werden die Mängel nicht nur angesprochen, sondern sie werden sogleich in Kombination mit der Lösung der Problemstellung dargestellt.

Um den Teilnehmern eine kleine Zusammenfassung zum Ablauf der Eye Tracking Studie zu geben, wurde ein kurzer Leitfaden erstellt, welcher sich bei den Pre-Tests als ein Problem herausstellte, da das Dokument die Testpersonen während des Tests zu Blicke abseits des Computerbildschirms verleiten ließ. Der Leitfaden in Papierform, welcher die Login Daten sowie die drei wesentlichen Schritte der empirischen Untersuchung beinhaltete, war besonders beim Einloggen in das Lernsystem Moodle eine Ablenkung, da beide Pre-Tester beim Eingeben der Benutzerdaten mehrmals den kurzen Leitfaden mit Begründung der Kontrolle angesehen haben. Dieses Problem wurde durch das Ersetzen der schriftlichen Unterlage mit einem informativen Startbild, welches mittels der Software „Tobii Studio“ der Eye Tracking Untersuchung vorangeschaltet wurde, gelöst.

Des Weiteren wurde im Rahmen des Pre-Tests festgestellt, dass das Sonnenlicht ohne Zuziehen der Vorhänge die Infrarotsensoren signifikant beeinflusste und somit die genaue Erfassung der Augenbewegungen verhinderte.

Darüber hinaus beklagte sich ein Pre-Tester über die unbequeme Sitzposition, woraufhin die simple Sitzgelegenheit durch einen in der Höhe verstellbaren Bürosessel ausgetauscht wurde. Die bequeme Sitzposition ist beim Eye Tracking Test ein besonders entscheidender Faktor, da bei einer ungemütlichen Sitzposition die Versuchsperson vermehrt zu Unruhebewegungen verleitet wird, welche die Erfassung der Kopfbewegungen erschweren.

Weitere Mängel wurden in Hinblick auf die Vorbefragung identifiziert, da einige Formulierungen beim Nennen der Studienziele für Missverstehen gesorgt haben. In Folge dessen wurden eine Reihe von Ausdrücken abgeschwächt, wie etwa die Formulierung „kritische Überprüfung auf Mängel bzw. Auffälligkeiten der Lernumgebung“ auf den Ausdruck „angemessene Auseinandersetzung mit dem Lernsystem“ oder die Änderung des Ausdrucks „Exploration der Oberfläche sehr erwünscht“ auf die Aussage „Exploration der Oberfläche nicht untersagt“. Die Bewertung des Lernsystems Moodle wurde ursprünglich als eine einzeln auszufüllende Befragung geplant, aber der Pre-Test verdeutlichte, dass gegen

Ende der Untersuchung das Ausfüllen eines zusätzlichen Fragebogens sich als zu intensiv und äußerst anspruchsvoll erwies. In Folge dessen wurden die Bewertung und das Abschlussgespräch vereinigt. Dieser Schritt erwies sich überaus fruchtbar für die Diskussion bzw. Interview.

Im Rahmen des Pre-Tests wurde auch die Analyse der erhaltenen Daten simuliert, wobei eine elementare Auffälligkeit festgestellt wurde. Die Bereichsgrenzen der sogenannten AOIs (Area of Interest), welche Segmente der statistischen Auswertung signalisieren, müssen größer um das Objekt herum definiert werden, damit auch mögliche Ungenauigkeiten der Messung (siehe Abschnitt 1.3.6) berücksichtigt werden können.

## ***8.4 Beschreibung durchgeführter Untersuchungen***

Die bei den einzelnen Befragungen gesammelten Daten bilden eine zentrale Grundlage für diese Studie, da erst mit ihrer Hilfe das Benutzerverhalten beim E-Learning untersucht werden kann. Im folgenden Kapitel erfolgt nun eine Kurzbeschreibung der Tests, wobei diese die grundlegenden Personendaten sowie besondere Auffälligkeiten der einzelnen Tests behandeln. Die Beschreibung dient dem Zweck die teilweise individuelle Interpretation der Daten kontextuell transparent, veranschaulicht bzw. nachvollziehbar zu machen.

Es werden jene Informationen präsentiert, welche mit Hilfe der Unterlagen aus dem Kapitel 7 erfasst wurden: demografische Daten, Lernfaktoren, PC-Nutzung, physische Aspekte, Kenntnis von Moodle, Involvement, empfundene Komplexität der Texte, Eindrücke zur Navigation, Bewertungen sowie allgemeine Auffälligkeiten. An dieser Stelle sei vermerkt, dass die mit Hilfe des Dokument WI erfassten Elemente im Rahmen dieser Kurzbeschreibungen nicht dargelegt werden. Um den Umfang der Beschreibung prägnant zu halten wird der Aspekt „bevorzugter Webbrowser“ nun zusammengefasst behandelt. Alle Testpersonen, außer Brigitte, Linda und Michaela, bevorzugten die Verwendung des Browsers „Mozilla Firefox“ und nicht „Internet Explorer“, welcher bei der Eye Tracking Studie genutzt wurde. Die Intensität der PC-Nutzung wurde von allen Teilnehmern mit „täglich mehrmals“ angegeben, ausgenommen Linda, die den Computer „nahezu täglich“ benutzt.

### **8.4.1 Testperson: Andreas**

Die Versuchsperson Andreas ist 24 Jahre alt, studiert Sportwissenschaften im siebenten Semester und beschreibt seine Lernmotivation als „sehr schwer in Gang zu bringen“, wobei er besondere Schwierigkeiten bei theoretischen bzw. Technik-relevanten Themen hat. Die häufigsten Lernsituationen sind Vorträge, Bücher bzw. Online-Inhalte, hingegen Diskussionen von Andreas vermieden werden. Darüber hinaus wird die Anwesenheit bzw. Unterstützung eines Lehrkörpers als „eher störend“ empfunden. Die Fähigkeiten beim Umgang mit dem Computer werden als durchschnittlich angegeben. Die physische Verfassung ist von geringfügiger Müdigkeit sowie wegen einer unmittelbar nach folgenden Terminvereinbarung von leichtem Zeitdruck geprägt. Die Testperson gab an Moodle nicht zu kennen und auch relativ wenig Erfahrung mit E-Learning Systemen zu haben.

Das Interview nach dem Eye Tracking Test zeigte, dass Andreas den Text über die Privacy-Modelle als „sehr schwer zu lesen“ einstufte und bei Fachbegriffen aus dem Themengebiet Informatik Verständnisprobleme hatte. Nach eigenen Angaben hat Andreas kein ausgeprägtes Interesse für das Themengebiet Privacy und geht vorsichtig mit persönlichen Daten um. Hinsichtlich der Navigation wurde die Funktion der Schaltfläche des eigenen Namens falsch antizipiert, da Andreas aufgrund der Gruppierung mit der Schaltfläche „Logout“ annahm, der Link sei zum Abmelden angebracht. Des Weiteren übersah die Versuchsperson nach Änderung seiner E-Mail Adresse die Schaltfläche „Profil aktualisieren“ zu betätigen, wodurch die getätigte Änderung nicht gespeichert wurde. Die Bedienung des Lernsystems wurde mit „einfach“ kommentiert (Bewertung: 1,4), wohingegen Andreas das Design als „nüchtern, grau und nicht schön“ klassifizierte (Bewertung: 3,0).

#### **8.4.2 Testperson: Brigitte**

Die fünfte teilnehmende Versuchsperson war die 24 Jährige Medizinstudentin Brigitte die sich im zwölften Studiensemester befand. In Hinblick auf ihr Lernverhalten gab sie an „verhältnismäßig schwer motivierbar“ zu sein und eher Prüfungsdruck zu benötigen, wobei ihr danach das Studieren leicht fällt. Die bevorzugte Lernsituation ist Einzelstudium mit Büchern, Vorlesungen sowie Online-Material, wobei sie Gruppenlernen, Diskussionen bzw. Unterstützung durch einen Lehrkörper bei bekanntem Lernstoff meidet. Brigitte klassifiziert ihre Fähigkeiten hinsichtlich der Bedienung eines Computers mit „eher Anwenderniveau“. Die Testperson kennt das Lernsystem Moodle nach eigenen Angaben überhaupt nicht, nutzt aber des Öfteren multimediale E-Learning Applikationen, wie etwa Lern-CDs.

Die Kursinhalte des Eye Tracking Tests wurden in Hinblick auf die Komplexität als „normal“ wahrgenommen, ausgenommen des Texts „*Themeneinführung*“, welcher wegen merkwürdig formulierten Aussagen, unbekanntem Begriffen aus dem Themengebiet der Kriminologie, sowie wegen der hohen Informationsdichte als „etwas komplizierter“ erlebt wurde. Für die Testperson ist das Thema ‚Privacy‘ nicht von Interesse, ausgenommen wenn ein Thema einen persönlichen Bezugspunkt hat. Hinsichtlich der Preisgabe bzw. Veröffentlichung persönlicher Daten ist Brigitte überaus vorsichtig. Der Block ‚Meine Kurse‘ wurde aufgrund der falschen Reihenfolge der Elemente vermieden, die Schaltfläche zur nächsthöheren Seite wurde nicht bemerkt, wohingegen die Breadcrumb-Leiste bei der ersten Verwendung als „absolut verwirrend“ empfunden wurde. Besonders auffällig war das ausgeprägte Interesse für den Text „*Big Brother beim Football*“ sowie die Beschreibung der theoretischen Modelle, welche von Brigitte als „inhaltlich überaus informativ“ bezeichnet wurde.

Die Beurteilung der Bedienfreundlichkeit des Systems wurde im Rahmen des Abschlussgesprächs mit „teilweise schwer verständlich“ kommentiert, wurde aber mit 1,4 bewertet. Das Design von Moodle wurde als „nicht zum Arbeiten einladend“ eingestuft, da die Farbgestaltung optisch nicht ansprechend war bzw. die Fülle an Blöcken die Arbeitsoberfläche „überkompliziert“ erscheinen ließ (Bewertung: 1,4).

### 8.4.3 Testperson: Christoph

Die letzte Versuchsperson ist Christoph, 25, Darstellende Geometrie- und Mathematik-Lehramtsstudent im elften Semester. Da sich die Testperson selbst als kommunikativ einstufte, lernt er bei Vorträgen sowie Diskussionen am effizientesten, was er mit Studieren aus Büchern sowie vermehrt Webinhalten ergänzt. Die Anwesenheit eines Lehrkörpers empfindet Christoph als angenehm, falls dieser bei Verständnisproblemen zur Verfügung steht. Die Testperson sieht sich hinsichtlich Computerkenntnisse auf Entwicklerniveau. Die physische Tagesfassung wurde von keinem Faktor eingeschränkt und es bestand sogar nach eigenen Angaben überaus großes Interesse bzw. Neugier gegenüber der Eye Tracking Studie. Christoph hatte von Moodle gehört, konnte aber noch keine praktische Erfahrung sammeln.

Das Interview nach dem Test verdeutlichte, dass die Testperson den Artikel „*Big Brother beim Football*“ besonders interessant fand, die Modelle und die „*Themeneinführung*“ als „mühsam“ einstufte und sie daher nur überflog. Die Versuchsperson hat überaus starkes Interesse am Themengebiet ‚Privacy‘, und gab an während seines Studiums Freifächer zu diesem Thema besucht zu haben. Im Rahmen des Leitfadengesprächs bemängelte die Testperson, dass es keine Vergrößerung zu den Abbildungen bzw. keine Weblinks bei den angeführten Quellen gab. Des Weiteren wurde dem Versuchsleiter mitgeteilt, dass Schwierigkeiten mit dem Kalendereintrag, sowie der Schaltfläche „Screenreader“ (auf der Seite „Profil bearbeiten“) empfunden wurde. Christoph gab weiters an eine unbequeme Sitzposition während dem Test gehabt zu haben, da er sich in der Regel vom Bildschirm überaus weit entfernt platziert, dieses jedoch aufgrund der Einschränkungen des Eye Tracking Tests nicht ermöglicht waren.

Die Bedienung sowie die Intuitivität von Moodle wurde nicht beanstandet (Bewertung: 1,0) und auch das ästhetische Design wurde mit „optische Schlichtheit lässt Konzentration auf Inhalte zu“ kommentiert (Bewertung: 1,3).

### 8.4.4 Testperson: Daniel

Die dritte Versuchsperson Daniel ist ein 23-Jähriger Lehramtsstudent, der sich im siebenten Studienjahr befindet und hinsichtlich Lernmotivation angab stark themenabhängig bzw. „relativ schwer motivierbar“ zu sein. Für das Lernen theoretischer Inhalte präferiert Daniel Gruppendiskussion bzw. Vortrag, hingegen bei praktischen Sachverhalte Übungseinheiten mit anwesendem Lehrkörper benötigt werden. Die Fähigkeiten beim Umgang mit dem Computer wurden nach eigenen Angaben auf hohem Anwenderniveau eingestuft. In Hinblick auf physische Faktoren erwiderte die Testperson „etwas müde“ zu sein. Im Rahmen einer Studienassistentenstelle sammelte die Versuchsperson bereits Erfahrung mit einem Moodle ähnlichen System.

Das Abschlussgespräch mit Daniel zeigte, dass die Modelle zu ‚Privacy‘ „verschachtelt“ und daher kompliziert zu lesen waren bzw. geringes Interesse gegenüber dem Themengebiet der Privatsphäre bestand. Die Testperson gab an selbst weniger vorsichtig mit persönlichen Daten umzugehen, ausgenommen bei sensiblen Angaben sowie Daten anderer. Hinsichtlich

der Bedienung gab Daniel an keine Schwierigkeiten gehabt zu haben und empfand die Bedienung von Moodle als „nicht schwer“ (Bewertung: 1,6). Als Auffälligkeiten können das überaus hohe Interesse für den Artikel „Verräterische JPEGs“, die komplizierte Bedienung des Moodle Kalenders sowie die ausgeprägte Abneigung gegenüber dem Lesen von Text am Bildschirm bzw. das Lernen am Computer genannt werden. Die Einstufung des ästhetischen Designs ist für die Versuchsperson vollkommen irrelevant, da bei ihr die Funktionalität eines Systems entscheidend ist, wodurch eine allgemeine Durchschnittsbewertung von 3,5 abgegeben wurde.

#### **8.4.5 Testperson: Emil**

Die Testperson Emil, ein 24-jähriger Informatikmanagement-Student, studiert seit zwölf Semestern. Hinsichtlich seines Lernverhaltens gab er an, grundsätzlich schwer motivierbar zu sein, aber sobald die persönliche Hemmschwelle überschritten wurde, leicht lernen zu können. Bezüglich verwendeter Medien werden selbst gestaltete Übungseinheiten vor theoretischen Konfrontationen bevorzugt. Emil hat bei vorhandenem Interesse viel Freude am Studieren und empfindet die Unterstützung durch den Lehrkörper nicht störend, da er sie bei Verständnisproblemen in Form von Fragen bzw. Hilfestellungen durchwegs in Anspruch nimmt. Die Fähigkeiten beim Umgang mit dem Computer wurden mit „Entwickelniveau“ beantwortet. Als physische Einschränkung wurden keine Auffälligkeiten genannt, da die Versuchsperson sich selbst mit „gut drauf“ bezeichnete. Emil gab an das Lernsystem Moodle im Rahmen eines theoretischen Vortrags bereits kennengelernt und auch selbst an der Entwicklung einer anderen E-Learning-Umgebung teilgenommen zu haben.

Beim Abschlussgespräch führte die Testperson hinsichtlich der Verständlichkeit an keine Schwierigkeiten empfunden zu haben, ausgenommen einiger irritierender Wörter, wie „*innenministerlich*“ oder die Wertangabe „0,001“. Die Komplexität der Inhalte wurde mit „in Ordnung“ eingestuft, wobei die Texte zu den Privacy-Modellen als „etwas komplizierter“ klassifiziert wurden. Emil zeigte sich beim Interview sehr bedacht auf die eigene Privatsphäre, zeigte hohes Interesse fürs Fachgebiet der Privatsphäre und gab an eine klare Vorstellung darüber zu haben, welche persönliche Daten er der Öffentlichkeit präsentiert. Hinsichtlich der Navigation meldete Emil Auffälligkeiten bezüglich der Schaltfläche zur nächsthöheren Seite, zum Formular der E-Mail Adressenänderung, welches seiner Meinung nach stark überladen war, und zum Button des Zusammenklappens der Seitensegmente. Die Bedienfreundlichkeit wurde mit „noch kein gutes System“ kommentiert (Bewertung: 2.4) und das Design des Lernsystems Moodle wurde von der Versuchsperson als „sachlich“ eingestuft (Bewertung: 2.9).

#### **8.4.6 Testperson: Günther**

Der 25-Jährige Günther studiert Medizinische Informatik im zwölften Semester und beschreibt sein eigenes Lernverhalten als „themenabhängig motivierbar“. Als Lernformen bevorzugt die Versuchsperson Vorträge, Buch bzw. Webinhalte sowie Lernen in Gruppe,

wobei ein Lehrkörper nicht zwingend benötigt wird und prinzipiell nur für Fragen im Zweifelsfall erforderlich ist. Die Computerfähigkeiten werden mit Entwicklerniveau angegeben und hinsichtlich der physischen Einflussfaktoren wurden keine Besonderheiten genannt. Die Lernumgebung Moodle wurde von der Testperson einmalig für eine universitäre Anmeldung benutzt, hierbei wurden aber keine spezielle Kenntnisse vermittelt.

Das Leitfadengespräch im Anschluss des Eye Tracking Tests offenbarte, dass die drei Kursinhalte hinsichtlich der Komplexität gleich empfunden wurden. Das Interesse für das Themengebiet Privacy war nach eigenen Angaben „durchschnittlich“, wobei die Preisgabe persönlicher Daten bei vorhandener Seriosität kein Problem darstellt. Entscheidende Auffälligkeiten bei Günther waren die Aspekte, dass der Bildschirm des Eye Tracking Geräts viel zu hell war sowie die eigene Positionierung zu nahe am Bildschirm erfolgte, wodurch die Untersuchung als „stark anstrengend“ empfunden wurde. Des Weiteren war Günther der Kalender nicht auf Anhieb ersichtlich, sowie die Schaltflächen „zusätzliche Felder“ bzw. der Button für das Zusammenklappen der Seitensegmente wurden als „störend“ empfunden. Die Navigation erfolgte nach eigenen Angabe problemlos in der Regel über die „Zurück“ Schaltfläche des Browsers. Die Bedienungsaspekte des Lernsystems Moodle wurden mit „zum Arbeiten einladend“ kommentiert (Bewertung: 1.6) hingegen das ästhetische Design mit durchschnittlicher Einschätzung beurteilt (Bewertung: 2.6).

#### **8.4.7 Testperson: Linda**

Die nächste Versuchsperson war Linda (21 Jahre alt), eine Sozialarbeit-Studentin im sechsten Semester. In Hinblick auf ihr Lernmotivation gab sie an „ziemlich leicht bzw. themenunabhängig“ für das Lernen begeistert werden zu können, wobei sie zwingend Lernunterlagen in Papierform benötigt, jedoch Lernen in Diskussionen bzw. bei Vorträgen nicht vermeidet. Die Testperson nimmt die Unterstützung eines Lehrkörpers in der Regel in Form von Beantwortung der Verständnisprobleme in Anspruch. Die eigenen Fähigkeiten der Computer-Nutzung stuft Linda mit „fortgeschrittenem Anfänger“ ein. Der physische Zustand der Testperson wies keine Auffälligkeiten auf. Die Versuchsperson kennt das System Moodle, da ihr im Rahmen ihres Studiums eine Lehrveranstaltung als Fernlehre durchgeführte wurde, wobei ihr mittels Moodle Inhalte zur Verfügung gestellt sowie Diskussionen ausgetragen wurden.

Das Abschlussgespräch zeigte, dass die Versuchsperson teilweise Schwierigkeiten mit technischen sowie kriminologischen Fachbegriffen hatte, den Einführungstext „überaus langatmig“ einstufte und die Komplexität bzw. Verständlichkeit der Texte (ausgenommen praktische Fallbeispiele) als „nicht besonders leicht“ klassifizierte. Das Involvement ist nach eigenen Angaben nicht besonders präsent, wobei eine gewisse erhöhte Sensibilität bei persönlichen Daten besteht.

Auffällig war, dass die Testperson die Aufgabenstellung „E-Mail Änderung“ nicht durchführte, da sie das Gefühl hatte getestet zu werden und die Moodle-Seite „Profil bearbeiten“ nicht öffnete. Daher wird im Rahmen der nachfolgenden Bewertungen dieses Element nicht berücksichtigt. Die Intuitivität bzw. Bedienbarkeit wurde überaus positiv bewertet, da Linda angab, selbst die Applikation für eigene Kurse verwenden zu wollen

(Bewertung: 1,2), wohingegen die Ästhetik von Moodle mit „trist, farblos, grau und einfach nicht Spaßig“ beurteilt wurde (Bewertung: 4,3).

#### **8.4.8 Testperson: Michael**

Michael ist 24, studiert seit 10 Semestern Politikwissenschaften sowie Publizistik und bevorzugt zum Studieren von theoretischen Sachverhalte Bücher bzw. Webinhalte, hingegen für praxisorientiertes Wissen Vorträge, aber keine Diskussionen präferiert werden. Nach eigenen Angaben lernt Michael „eher alleine“ ohne Unterstützung bzw. Anwesenheit eines Lehrkörpers und merkt sich Zusammenhänge einfacher als Fakten. Hinsichtlich der PC-Nutzung gab die Versuchsperson an ein fortgeschrittener Anwender zu sein. Die physische Verfassung der Testperson wurde von leichter Müdigkeit bzw. geringfügigem Zeitdruck beeinflusst. Das Lernsystem Moodle war Michael vor dem Eye Tracking Test völlig unbekannt.

Das Leitfadengespräch zeigte, dass Michael hinsichtlich der Komplexität keine Unterschiede zwischen den Texten gefunden hatte, ausgenommen dem Rollenmodell, welches zweimal gelesen werden musste. Auffällig war, dass der Artikel „*Big Brother beim Football*“ dem Teilnehmer bereits vor dem Test bekannt war. Die Einstellung dem Themengebiet ‚Privacy‘ gegenüber stuft Michael als „besorgt interessiert“ ein, verfolgt das Thema nur am Rande und ist hinsichtlich persönlicher Daten „vorsichtig, aber nicht genug“.

Die Versuchsperson bemängelte die fehlende Skalierung bei der Abstimmung, das überfüllte Formular des Profils sowie antizipierte ebenso wie Andreas aus Kapitel 8.4.1, eine falsche Funktion der Verlinkung seines Namens. Des Weiteren beanstandete Michael, dass das Lernsystem keine effiziente Durchleitung durch die Themen der Kurse anbot, wodurch sein Lernfluss bei Moodle nicht kontinuierlich war. Die Versuchsperson zeigte sich überrascht, dass der Kalender, seiner Meinung nach ein zentrales Element einer E-Learning-Applikation, sich nicht stets an der gleichen Position befindet.

Sowohl die Navigation durch das System als auch die Bedienbarkeit wurden als „einfach“ empfunden (Bewertung: 2,3). Die Ästhetik war der Testperson nicht von Bedeutung und wurde allgemein mit „sachlich und neutral“ kommentiert (Bewertung: 3,9).

#### **8.4.9 Testperson: Michaela**

Die vorletzte Teilnehmerin Michaela studiert Rechtswissenschaften im siebenten Semester und gab hinsichtlich des Lernverhaltens an, „durchschnittlich motivierbar“ zu sein, wobei der Ansporn auch signifikant von Nebenfaktoren, wie Qualität der Lehre, Professor sowie Unterlagen abhängt. Für das Erlangen von Wissen benutzt die Versuchsperson Bücher in Verbindung mit Gruppenlernen, wobei für Betreuung bzw. Überprüfung der Lernrichtung stets ein Lehrkörper benötigt wird. Die PC-Nutzung wird auf „Anwenderniveau“ geschätzt, wobei die Tagesverfassung von „leicht erhöhtem Zeitdruck“ beeinflusst wurde. Die Testperson kannte das Lernsystem Moodle nicht und gab bei der Vorbefragung an E-

Learning Applikationen zu vermeiden, da sie in der Regel traditionelle Lernmethoden präferiert.

Im Zuge des Leitfadengesprächs konnte festgestellt werden, dass Michaela das Mosaikmodell als „nicht verständlich“ einstufte, die „*Themeneinführung*“ wegen der Länge bzw. des unüberschaubaren Schreibstils überflogen hatte, das Rollenmodell bzw. den SOS-Artikel besonders interessant empfand und die Bilder in der Regel als „wenig aussagekräftig“ klassifizierte. Aufgrund ihres Studiums besitzt die Versuchsperson in Hinblick auf das Themengebiet ‚Privacy‘ umfassendes Wissen sowie Interesse und ist hinsichtlich des Umgangs mit eigenen persönlichen Daten „äußerst vorsichtig“. Die Navigation verlief, bis auf das Element zum Zusammenklappen der Seitensegmente sowie die Änderung der E-Mail Adresse auf der Profilseite, problemlos. Das Element „Kalender“ wurde von der Testperson besonders geschätzt, da dieses eine formschöne Trennung des Wochenendes von den Werktagen aufwies. Die Bedienfreundlichkeit des Systems war nach der Ansicht von Michaela „zum Arbeiten einladend“ (Bewertung: 1,2). Das ästhetische Design wurde als „angenehm“ empfunden, da keine Reizüberflutung erfolgte (Bewertung: 1,2).

#### **8.4.10 Testperson: Susanne**

Im Rahmen der Vorbefragung gab die 24-jährige Susanne, Mathematik- und Spanisch-Lehramtsstudentin im zwölften Semester, hinsichtlich Lernfaktoren an, leicht motivierbar zu sein und Bücher, Webinhalte sowie für praktische Lernthemen Gruppendiskussionen zu bevorzugen. Darüber hinaus benötigt die Testperson keinen Lehrkörper, da sie sich dabei stets beobachtet bzw. kontrolliert fühlt. Die Fähigkeiten beim Umgang mit dem Computer wurden mit „Anw derniveau“ angegeben. Als physische Tagesverfassung wurde leichte Müdigkeit sowie signifikante Aufregung aufgrund des bevorstehenden Tests genannt. Im Verlauf ihres Studiums hat die Versuchsperson das System Moodle gelegentlich durch Vorlesungen vorgestellt bekommen, verwendete die Applikation aber noch nicht.

Die Komplexität der Inhalte stuft Susanne als „langwierig“ sowie „verhältnismäßig komplex“ ein, wobei sie hinzufügte die meisten Textpassagen weniger aufmerksam gelesen zu haben. Des Weiteren fand Susanne während des Lesens der Texte gelegentlich Beistrich- sowie Rechtschreibfehler. Darüber hinaus gab sie an die Grafik zum Artikel *“Big Brother beim Football“* länger angesehen zu haben, da das Bild „nicht viel erkennen ließ“. Die Testperson ist nach eigener Einschätzung nicht sehr interessiert am Themengebiet ‚Privacy‘ und veröffentlicht persönliche Daten bei vorhandenem Vertrauen. Ebenso wie Linda öffnete sie bei der Aufgabenstellung „E-Mail Änderung“ die entsprechende Seite „Profil bearbeiten“ nicht, wodurch diese wiederum bei der Bewertung nicht berücksichtigt wurde. Der Button für das Zusammenklappen der Seitensegmente verwirrte die Testperson, da sie vermutete dieses Element sei für die Navigation des Systems zuständig. Aufgrund häufiger „Orientierungsblicke“ wusste die Versuchsperson aber stets wo sich im Lernsystem befindet und beurteilte die Bedienungsaspekte der Applikation mit 1,5. Das Arbeiten wurde als „überaus Spaßig“ klassifiziert obwohl das ästhetische Design als „dezent und ein wenig farblos“ bewertet wurde (Bewertung: 3,0).

Abschließend sei vermerkt, dass gegen Ende der Untersuchung die Testperson alle Elemente der Lernumgebung Moodle nochmals angesehen hatte um zu verifizieren nichts vergessen zu haben, wodurch ihre Eye Tracking Daten die doppelte Anzahl an Fixationen aufweisen.

## 9. Studienergebnisse

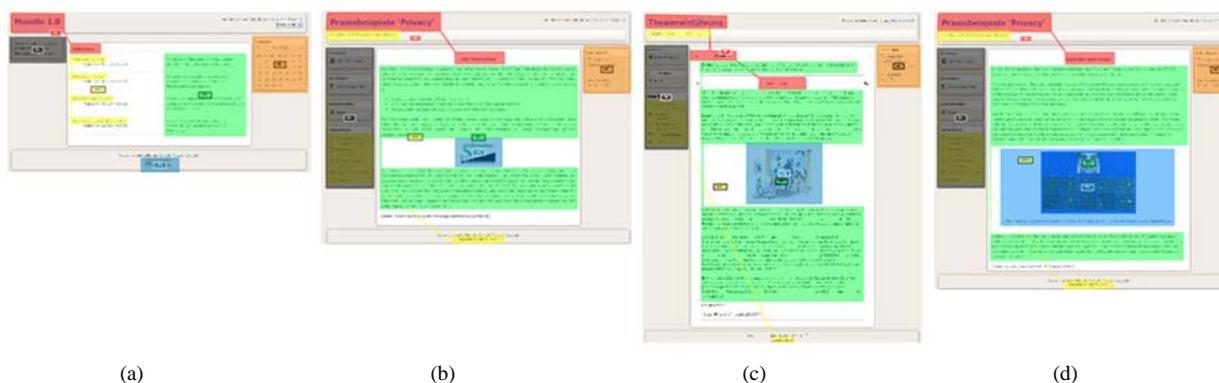
Im folgenden Kapitel werden zunächst die erhaltenen Untersuchungsdaten nach den in Abschnitt 6 festgelegten zentralen Fragestellungen ausgewertet. Abschließend erfolgt die Analyse der Daten in Hinblick auf Usability-Aspekte, interne bzw. externe Lernfaktoren sowie ‚Wiedergegebene Inhalte‘.

### 9.1 Analyse der zentralen Fragestellung

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Beschreibung der Studienergebnisse. Die entsprechende Diskussion zu den Resultaten erfolgt unter dem Abschnitt 10.

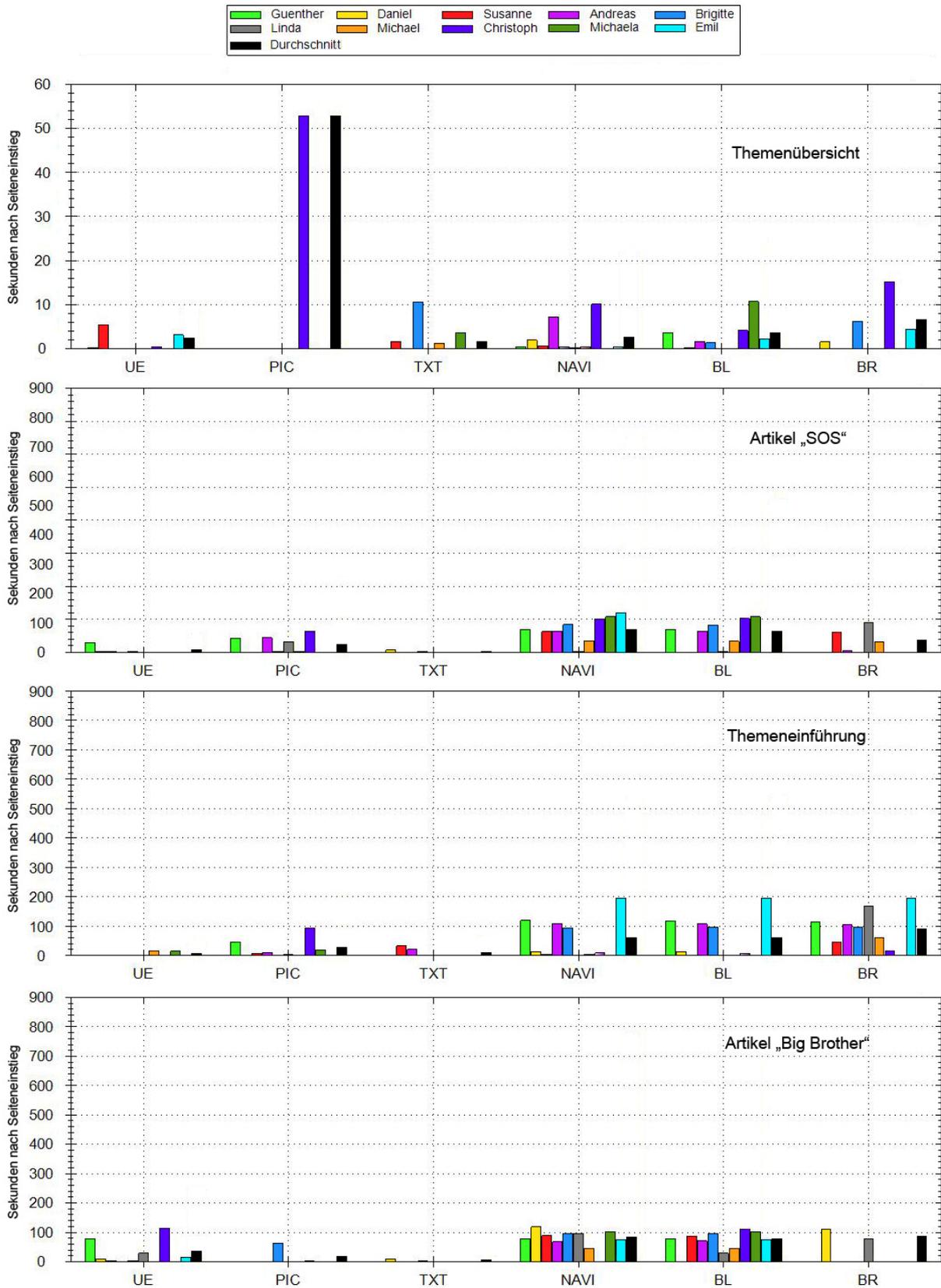
#### Auswertung zur zentralen Fragestellung 1

Um die Reihenfolge der erfassten Elementklassen untersuchen zu können, erfolgt im ersten Schritt die Definition der AOIs. Die farbcodierte Aufteilung dieser Kategorie-Typen wird in Abbildung 27 visualisiert.



**Abb. 27.:** Die Elemente der einzelnen Seiten („Kursübersicht“ (a), „SOS-Artikel“ (b), „Themeneinführung“ (c) sowie „Big Brother-Artikel“ (d)) werden in sechs AOI Kategorien aufgeteilt, namentlich in die Klassen „UE“ (Überschriften bzw. Schlagzeilen, rot), „PIC“ (Graphiken, blau), „TXT“ (Textpassagen, grün), „NAVI“ (Navigationselemente bzw. Orientierungshilfen, gelb) sowie „BL“ (linke Funktionsblöcke, grau) und „BR“ (rechte Blöcke, orange).

Die Analyse der Reihenfolge visuell erfasster Elemente wird mit Hilfe der Programmfunktion „time to first fixation“ erhoben. Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Abfolge der Exploration nach ähnlichen Charakteristika erfolgt, wie von Nielsen unter Kapitel 6 beschrieben. Die Visualisierung der Ergebnisse wird in Abbildung 28 dargestellt.



**Abb. 28.:** Die vier Diagramme führen jene Zeitdauer an, welche die jeweiligen Testpersonen für die visuelle Erfassung der einzelnen Elementklassen (Überschrift, Grafik, Textblock, Navigationselemente, linke sowie rechte Blöcke) benötigten. Der Durchschnittswert der gemessenen Kategorien ergibt, dass zunächst Textblöcke angesehen werden, gefolgt von Überschriften bzw. Grafiken.

Im Rahmen der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass beim Lernsystem Moodle Textpassagen in der Regel als erstes von der visuellen Aufmerksamkeit erfasst werden. Die Erkenntnisse aus den qualitativen Interviews besagen jedoch, dass der initiale Blick „peripher“ ist und mit dem Zweck erfolgt das visuell dargebotene Programm ganzheitlich zu erfassen. Einige Teilnehmer berichteten, dass sie mit den ersten Fixationen den Umfang des Lernstoffes abschätzen wollten indem sie „peripher“ die Größe der Textpassagen betrachteten. An dieser Stelle sei vermerkt, dass mit den ersten Fixationen keine profunde Verarbeitung dieser Textböcke erfolgte, sondern lediglich eine Einstufung des Umfangs.

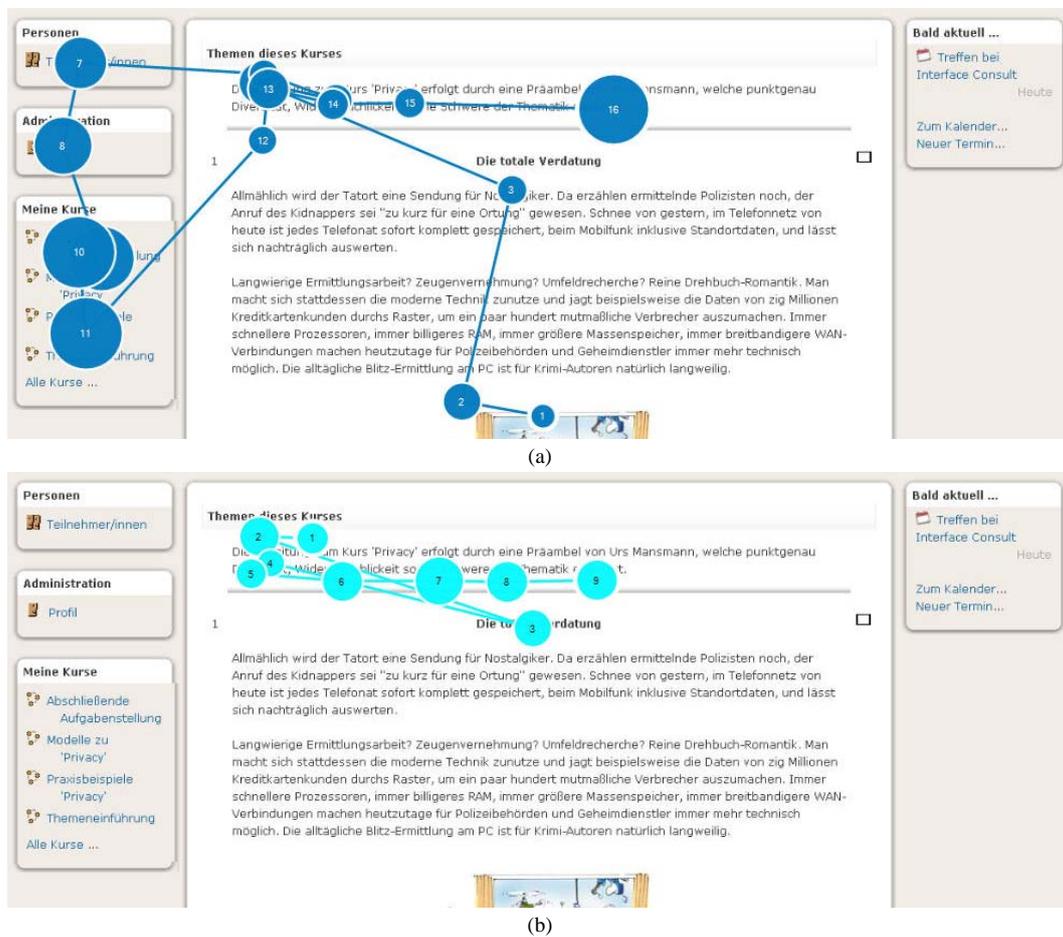
Nach den Textblöcken werden innerhalb des Moodle-Systems Überschriften bzw. Schlagzeilen fixiert, welche nach Angaben der Testpersonen primär der Erfassung des Themeninhalts dienen. Nachfolgend den Elementklassen „Text“ sowie „Überschrift“ werden tendenziell Grafiken betrachtet, wie dies in Abbildung 28 ersichtlich ist. Eine Ausnahme hierbei bildet lediglich das Logo der Kursübersichtsseite, welches von nur einer Testperson und von dieser erst nach beträchtlich fortgeschrittener Session-Dauer erfasst wurde. Als Gründe für die erschwerte Fixation dieses Element können die auffallend „ungünstige“ Positionierung im unteren Bildschirmbereich als auch die verhältnismäßig kleine Größendimension genannt werden.

Die erhobenen Untersuchungsdaten des Eye Tracking Tests zeigen weiters auf, dass eine Abbildung mit hoher Informationsdichte (wie etwa die Grafik des „*Big Brother*“-Artikels) im Rahmen einer E-Learning Applikation die Aufmerksamkeit des Benutzers signifikant „früh“ auf sich lenkt. Jene Bilder, welche eine durchschnittliche bzw. niedrige Zeigefunktion nach Weidemann [Wei94] aufweisen, werden deutlich später fixiert. Des Weiteren ergab die Analyse, dass hochinformativ Grafiken im Durchschnitt vor Überschriften bzw. Schlagzeilen einer Kursseite wahrgenommen werden. Zwischen Abbildungen niedriger bzw. mittlerer Informationsdichte konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

Die Navigationselemente eines Lernsystems werden in der Regel erst nach den Textpassagen, Überschriften bzw. Grafiken visuell erfasst. Die Begründung für diesen Sachverhalt ist, dass Bedienungselemente in der Regel kompakt dimensioniert bzw. „unauffällig“ sind, um nicht von den tatsächlichen Inhalten abzulenken. Navigationsobjekte führen den Benutzer von den Seiteinhalten „weg“ und eine frühzeitige visuelle Aufmerksamkeitsansteuerung direkt nach dem Seiteneinstieg wäre nur bedingt von Interesse. Eine Ausnahme hierbei bildet die Kursübersichtsseite, da diese Komponente keine Lerninhalte anführt, sondern lediglich zu diesen Elementen verlinkt. In Folge dessen weisen Hyperlinks der Übersichtsseite in Hinblick auf die Funktion „time to first fixation“ deutlich kürzere Zeiten auf als jene anderer Kursseiten.

Annähernd zeitgleich mit den Navigationselementen werden die seitlichen Funktionsblöcken des Moodle Systems wahrgenommen, wobei die visuelle Erfassung zu einer relativ weit fortgeschrittenen Session-Dauer erfolgt. Weiters weisen die erhobenen Untersuchungsdaten jenen Umstand auf, dass im Durchschnitt die linken Blöcke der Moodle Instanz früher fixiert werden, als die rechten Blockelemente. Als Begründungen können hierbei das gängige rechtsläufige Schreib- bzw. Leseverhalten sowie jener technikdeterministische Aspekt genannt werden, dass Menüs zahlreicher Computerprogramme ebenfalls bevorzugt auf der linken Bildschirmseite positioniert werden.

Die allgemeine Tendenz zur Reihenfolge „Textblock, Überschrift dann Grafik“ ist im Ergebnis eindeutig ersichtlich, dennoch zeigen die erhobenen Daten auch den bedeutenden Aspekt der Varianz unter den Teilnehmern auf. Zusätzlich zum Diagramm (Abbildung 28) erkennt man diesen Umstand auch bei den Resultaten des Eye Tracking Parameters „Blickpfad“, welche ergänzend zur Funktion „time to first fixation“ untersucht wurden. Die beispielhafte Visualisierung einer Betrachtungsvarianz zwischen zwei Benutzern des Lernsystems Moodle werden in Abbildung 29 angeführt. Die grafische Darstellung führt zwei signifikant unterschiedliche Einstiege zur Kursseite „Themeneinführung“ an. Weiters auffallend bei den angeführten Gaze Plots ist, dass in der Regel die ersten Fixationen zur Bildschirmmitte gelenkt werden. Die Begründung für diesen Sachverhalt ist mit dem zentralisierten Strukturaufbau der Moodle-Oberfläche gegeben.



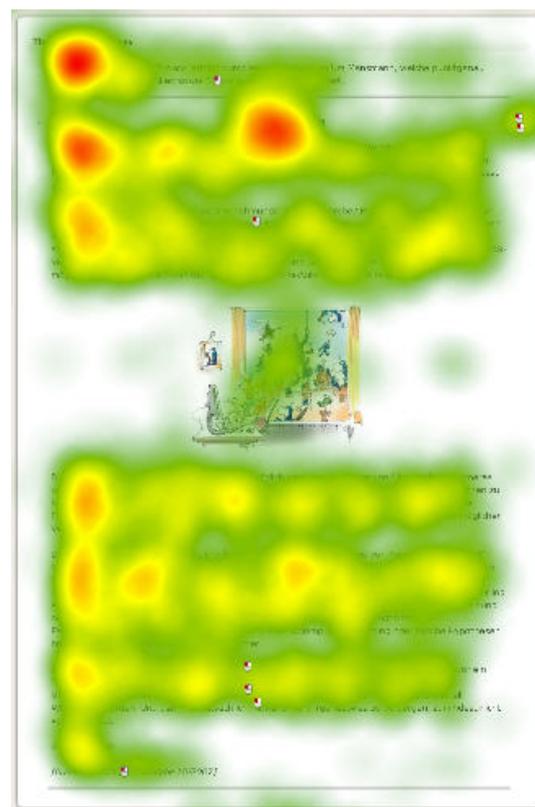
**Abb. 29.:** Die „Gaze Plot“-Auswertung der Seite „Themeneinführung“ visualisiert exemplarisch die hohe Varianz der Verarbeitungsreihenfolge von Seitenelementen. Die Abbildung (a) zeigt wie die Testperson Brigitte zunächst das Bild fixiert, anschließend die Überschriften erkundet, die linken Blöcke betrachtet und abschließend den Textblock zu lesen beginnt. Im Gegensatz hierzu beginnt der Benutzer Emil (b) nach Erfassung der Überschrift unmittelbar mit dem Lesen des Textblocks.

## Auswertung zur zentralen Fragestellung 2

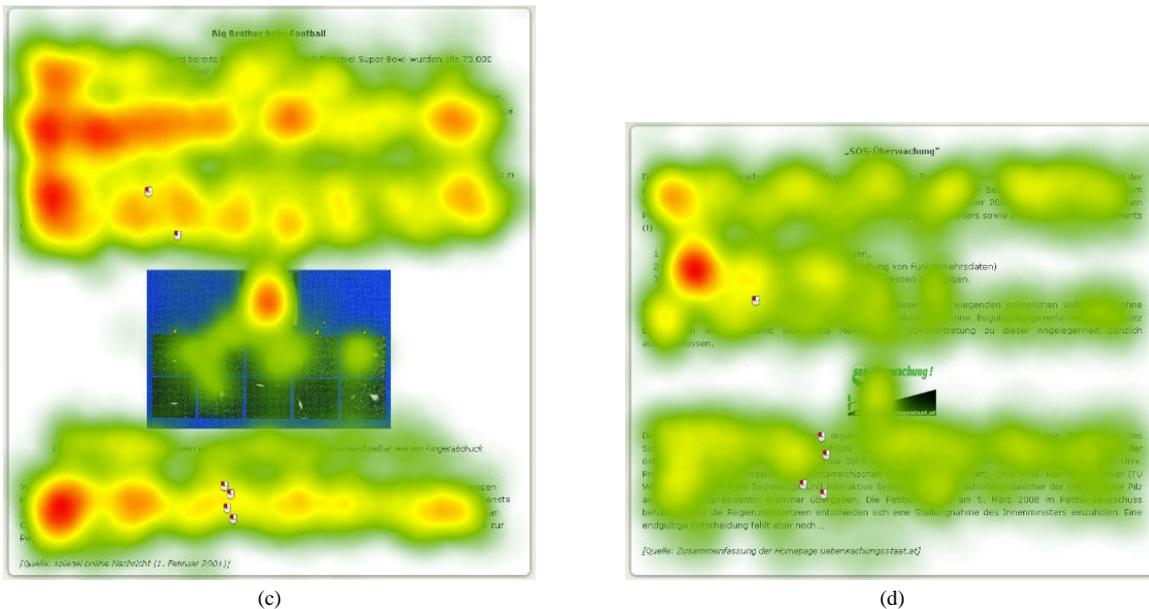
Der Fokus der zweiten zentralen Fragestellung betraf die Untersuchung der Unterschiede zwischen den Medientypen „Text“ und „Grafik“. Zusammenfassend ergibt die Analyse, dass im Rahmen des Lernsystems Moodle textuelle Bereiche länger bzw. intensiver fixiert wurden als graphische Abbildungen. Die Auswertung erfolgte hierbei anhand der erhaltenen Heat Maps sowie mit Hilfe des tabellarischen Vergleichs der Fixationsdauer beider Medienklassen. Die Heat Maps ausgewählter Kursseiten (Gegenüberstellung siehe Abbildung 30) zeigen zwei wesentliche Erkenntnisse auf. Einerseits konnte ermittelt werden, dass beim Lernsystem Moodle Textpassagen deutlich länger visuell verarbeitet werden, andererseits, dass tendenziell jene Abbildungen am ehesten „überflogen“ werden, welche lediglich eine niedrige bzw. mittlere Zeigefunktion (Kategorie A und B) aufweisen. Im Gegensatz dazu weisen Bilder bzw. Diagramme, welche eine gewisse Interpretation im Hinblick auf ihre Inhalte benötigen (Kategorie C und D), deutlich höhere Fixationsintensitäten auf. Dennoch liegen ihre Werte unter den Fixationsdaten der textuellen Regionen.



(a)

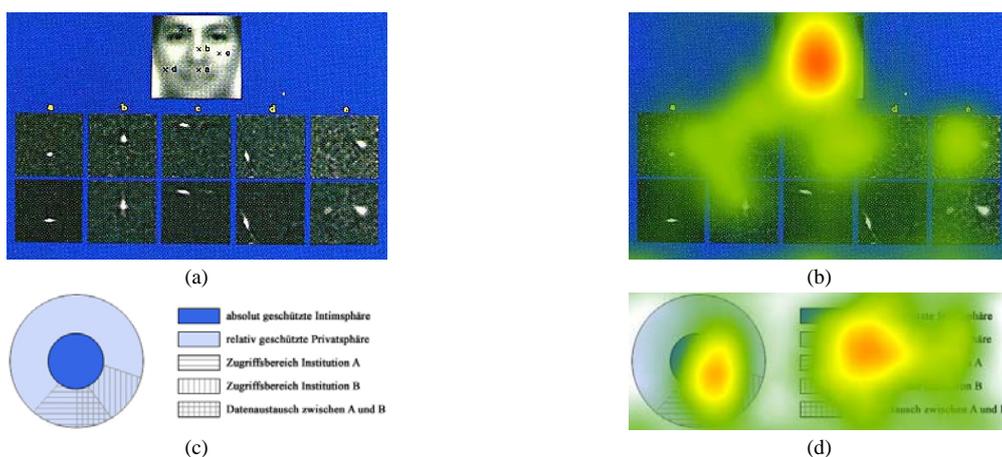


(b)



**Abb. 30.:** Anhand der Heat Maps wird ersichtlich, dass Textblöcke im Rahmen der E-Learning Umgebung Moodle deutlich längere Fixationsintensitäten aufweisen und dadurch von den Testpersonen höhere Bedeutung zugesprochen bekommen als graphische Bereiche. Die Gegenüberstellung visualisiert weiters, dass grafische Abbildungen mit hoher Zeigefunktion [siehe (a) und (c)] signifikant länger fixiert werden als jene mit niedrigem Informationsgehalt [siehe (b) und (d)].

Auffallend diesbezüglich ist, dass jene Regionen der Grafiken am intensivsten fixiert werden, welche Kontext-fremde bzw. „unbekannte“ Aspekte visualisieren. Exemplarisch hierfür kann der stark strukturierte Bereich unterhalb des Kreismittelpunkts beim Modell-Diagramm sowie das „unbekannte“ Gesicht auf dem Bild zur Gesichtserkennung genannt werden (grafische Darstellungen siehe Abbildung 31). Da diese Kontext-fremden Inhalte erst von den Testpersonen entschlüsselt bzw. interpretiert werden musste, erfolgte eine visuelle Verarbeitung mit erhöhter Auflösung, welche in weiterer Folge dessen höhere Fixationsdauer generierte.



**Abb. 31.:** Unbekannte bzw. Kontext-fremde Bereiche von Grafiken mit hoher Zeigefunktion [siehe (a) und (b)] weisen im Rahmen der Eye Tracking Studie längere Fixationsdauer auf [siehe (c) und (d)].

Weiters auffallend bei der Analyse der Heat Maps war, dass Zeilenanfänge eines Textblocks signifikant höhere Fixationswerte aufweisen als der Absatzmitte bzw. das Zeilenende

(dargestellt in Abbildung 30). Diese Auffälligkeit liegt darin begründet, dass nach dem Augensprung eine gewisse „Ungenauigkeit“ entsteht, die korrigiert werden muss indem eine Neupositionierung der Augen durchgeführt wird. Im Rahmen dieser minimalen Neufokussierung entsteht eine relative Ruhephase zu den Aufnahmesensoren, wodurch das Eye Tracking Gerät eine höhere Fixationsdauer misst.

Die statistische Auswertung bestätigt die Ergebnisse der Heat Map Analyse, da auch beim tabellarischen Vergleich (siehe Tabelle 5) textuelle Bereiche deutlich länger visuell fixiert werden. Die Gegenüberstellung berücksichtigt hierbei auch den entscheidenden Unterschied der Flächendimensionen, da Bilder in der Regel kleinere Ausmaße einnehmen als Textpassagen. Dieser Aspekt wird mittels eines Flächendifferenzfaktors beachtet, welcher aus den Flächenprozenten der Parameterklassen „TXT“ und „PIC“ errechnet werden. Zusammenfassend kann aus den Statistiken festgestellt werden, dass Textbereiche in Größenrelation gesehen, annäherungsweise doppelt so lange fixiert werden als graphische Abbildungen. Im Falle des Comic-Bildes der Kursseite „Themeneinführung“ wurden textuelle Regionen sogar um das Fünffache länger visuell verarbeitet.

<u>Kursseite</u>	SOS-Überwachung		Themeneinführung		Big Brother		Modelle	
	TXT	PIC	TXT	PIC	TXT	PIC	TXT	PIC
<u>AOI</u> <u>Flächenabdeckung der</u> <u>Kursseite (in %)</u>	24,31	1,61	25,29	4,26	22,45	9,48	26,26	5,03
<u>Faktor der</u> <u>Flächendifferenz</u>	15,0993789		5,93661972		2,36814346		5,22067594	
<u>Zeigefunktion der Grafik</u>	niedrig (Kategorie A)		mittel (Kategorie B)		hoch (Kategorie C)		hoch (Kategorie D)	
<u>Teilnehmer</u>	<u>Fixationsdauer (in Sekunden)</u>							
1. Andreas	88	2	159	1	82	7	202	28
2. Brigitte	69	11	118	10	66	27	178	26
3. Christoph	18	0	99	8	19	0	86	15
4. Daniel	41	1	79	2	55	20	112	12
5. Emil	58	2	104	1	69	6	115	11
6. Günther	65	0	129	1	54	12	123	0
7. Linda	46	3	140	3	72	13	36	10
8. Michael	27	0	79	1	39	1	109	7
9. Michaela	53	1	86	2	63	5	119	9
10. Susanne	89	4	176	6	107	20	183	15
<u>Mittelwert</u>	<b>55</b>	<b>2</b>	<b>117</b>	<b>4</b>	<b>63</b>	<b>11</b>	<b>126</b>	<b>13</b>
<u>Faktor des</u> <u>Fixationsintensitäts-</u> <u>Unterschieds</u>	<b>1,534</b>	TXT länger	<b>5,451</b>	TXT länger	<b>2,401</b>	TXT länger	<b>1,808</b>	TXT länger

**Tab. 5.:** Die gemessenen Fixationsdauer der Medienkategorien „Text“ (TXT) bzw. „Grafik“ (PIC) zeigen auf, dass beim Lernsystem Moodle Textpassagen (in Größen-Relation gesehen) näherungsweise doppelt so intensiv fixiert werden. Weiters führt die statistische Auswertung an, dass Abbildungen mit hoher Zeigefunktion kaum übersehen werden.

Des Weiteren sind aus der statistischen Auswertung jene Grafiken identifizierbar, welche von den Testpersonen nicht visuell erfasst bzw. nur „flüchtig“ betrachtet wurden. Auffallend hierbei ist jener Sachverhalt, dass die „ungenau“ Erfassung mit sinkendem Ausmaß der

Zeigefunktion einhergeht. Bei einem Schwellwert von einer Sekunde als Zeitfaktor für das „Überfliegen“ (diese werden im Diagramm farbcodiert angeführt), wurden Grafiken mit niedrigem Informationsgehalt fünfmal „überflogen“, jene mit mittlerer Informationsdichte viermal hingegen komplexe Abbildungen lediglich zweimal bzw. im Falle des Diagramms nur einmal. Diese Tatsache zeigt ebenfalls auf, dass Grafiken die mehr Lernpotenziale transportieren, häufiger von der visuellen Aufmerksamkeit eines Benutzers erfasst werden.

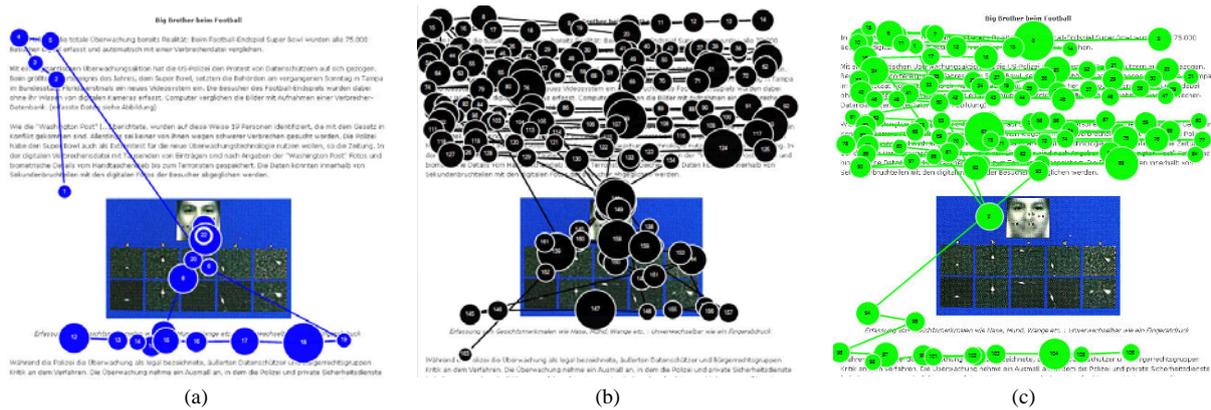
Abschließend wurde im Zuge der zweiten zentralen Fragestellung die Wechselbeziehung zwischen textuellen Bildverweisen sowie Abbildungen untersucht. Die Analyse erfolgte um zu ermitteln in wie weit Lernende bereit sind den Leseprozess zu unterbrechen um zum Betrachten einer Abbildung zu „springen“. Dieser Aspekt wird mit Hilfe von Gaze Plots ausgewertet wobei die tabellarische Zusammenstellung die exzerpierten Resultate anführen (siehe Tabelle 6), welche Aufschluss darüber geben in welcher Phase des Lernens informative Grafiken betrachtet bzw. gedeutet wurden.

Testperson		Interpretation des Bildes	Sprung beim Verweis	Flüchtige Blicke
1.	Andreas	nach Skimmen des ersten Absatzes	nein	nein
2.	Brigitte	nach Skimmen des ersten Absatzes	nein	nein
3.	Christoph	Bild visuell nicht erfasst, Text überflogen	nein	nein
4.	Daniel	nach dem dritten Absatz	ja	ja
5.	Emil	nach dem dritten Absatz	nein	ja
6.	Günther	nach dem dritten Absatz	nein	Ja
7.	Linda	nach dem dritten Absatz	nein	Nein
8.	Michael	Keine profunde Deutung	nein	Ja
9.	Michaela	nach dem dritten Absatz	nein	Ja
10.	Susanne	nach Skimmen des ersten Absatzes sowie nach dem dritten Absatz	ja	Nein

**Tab. 6.:** Die Tabelle führt an, in welcher Phase der Seiten-Betrachtung ein informatives Bild verarbeitet wird bzw. ob beim Leseprozess flüchtige Blicke oder entsprechende Sprünge im Falle textueller Verweise in Betracht gezogen werden.

Die Blickpfade der Eye Tracking Untersuchung zeigen auf, dass die Hälfte der Testpersonen im Lese- bzw. Lernprozess des Textes kurzzeitige Blicke zum informativen Bild durchführten, aber lediglich bei zwei Benutzern fanden diese „flüchtigen“ Blicke beim textuellen Verweis selbst statt. Die gemessenen Eye Tracking Daten zeigen im Wesentlichen auf, dass Benutzer des Lernsystems Moodle „ungern“ den Leseprozess unterbrechen und lediglich „kurzzeitige Abschweifungen“ zu den Bildern in Betracht ziehen.

Die Verarbeitung der informativen Abbildungen erfolgte bei den Testpersonen entweder unmittelbar nach einer kurzen Skimm-Phase des ersten Absatzes (siehe Abbildung 32) oder im Verlaufe des sequenziellen Leseflusses nach Erarbeitung des dritten Absatzes. Die verschiedenen Zeitpunkte der Inhaltsextraktionen lassen unterschiedliche kognitive Verarbeitungsstrategien vermuten, wie diese bereits unter dem Kapitel 2.1 behandelt wurden.



**Abb. 32.:** Die Deutung eines informativen Bildes erfolgt nahezu unmittelbar nach dem Seiteneinstieg (a) oder beim Erreichen der Grafik im Verlaufe der sequenziellen Erarbeitung der zuvor angeführten Textbereiche (b). Eine kurze Betrachtung eines informativen Bildes wird exemplarisch in (c) dargestellt.

### Auswertung zur zentralen Fragestellung 3

Um die Auswirkung der textuellen Komplexität zu untersuchen wurden den Testpersonen im Rahmen des Eye Tracking Tests drei Kursseiten mit unterschiedlichen Charakteristika bzw. Leseschwierigkeiten präsentiert. Die erhaltenen Daten wurden mit Hilfe der Blickregistrierungsparameter Fixationsdauer sowie –Häufigkeiten stets in Relation zum Umfang der Kursseiten (dies erfolgt im Größenverhältnis der Wortanzahl) betrachtet. Um bestimmen zu können ob eine Lernentität von den Testpersonen tatsächlich als komplex bzw. „weniger beanspruchend“ empfunden wurde, erfolgte im Rahmen des Leitfadengesprächs die qualitative Erfragung der individuell wahrgenommenen Leseschwierigkeiten.

Die jeweiligen Interviews bestätigten die theoretischen Vorannahmen und ergaben überdies, dass die praxisorientierte Kursseite „*Big Brother beim Fußball*“ als „einfach“, die im journalistischen Schreibstil verfasste Lerneinheit „*Themeneinführung*“ als „durchschnittlich“, hingegen der wissenschaftliche Text „*Modelle zu Privacy*“ als „komplex“ klassifiziert wurde. Die subjektive Einstufung der Testpersonen wurden anschließend den quantitativ erfassten Eye Tracking Daten gegenübergestellt um adäquate Aussagen über das Benutzerverhalten in Hinblick auf die Komplexität treffen zu können (Gegenüberstellung siehe in der Tabelle 7).

Die Auswertung der Tabelle zeigt, dass die als „komplex“ eingestufte Kursseite deutlich abweichende Fixationsintensitäten generiert als jene mit einfacher Wortwahl. Beispielsweise nimmt die aus der Fixationsdauer ermittelte mittlere Lesegeschwindigkeit bei steigendem Komplexitätsgrad kontinuierlich ab. Wie in Tabelle 7 ersichtlich, werden die textuellen Inhalte der „einfach gehaltenen“ Kursseiten mit einer Lesegeschwindigkeit von 4,1 Wörter pro Sekunde verarbeitet hingegen die „mittel-komplex“ verfasste Lerneinheit nur mehr mit einer Verarbeitungsgeschwindigkeit von 3,2 Wörtern pro Sekunde. Dieser Parameterwert sinkt bei wissenschaftlich komplexen Textpassagen gar auf den Wert von 2,9. Die Begründung hierfür ist, dass im Rahmen der visuellen Verarbeitung komplexe Elemente länger kognitiv interpretiert werden müssen und überdies mit bestehendem Wissen

abzugleichen sind. In Folge dessen nimmt die Gesamtdauer der „Informationsentschlüsselung“ zu.

Ein weiterer Parameter, welcher den soeben dargestellten Aspekt der Abnahme der Verarbeitungsgeschwindigkeit in Falle steigender Komplexität bekräftigt, wird aus der Eye Tracking Größe „Fixationshäufigkeit“ errechnet. Dieser Wert besagt, dass mit Hilfe einer einzelnen Fixation bei einfach gehaltenen Lerninhalten durchschnittlich 1,8 Wörter erfasst bzw. verarbeitet werden können. Dieser Faktor sinkt bei mittlerer Komplexität auf 1,7, hingegen bei deutlich komplexen Inhalten sogar auf 1,3 Wörter pro Fixation. Dieser Eye Tracking Parameter lässt darauf schließen, dass Testpersonen beim Lernen mit dem Lernsystem Moodle im Falle kognitiv diffizil zu erfassenden Inhalten ihren visuellen Fokus „verkleinern“ und somit mehr Zeit für die Verarbeitung des gesamten Lernelements in Anspruch nehmen.

Die Komplexität eines textuellen Lerninhalts widerspiegelt sich nicht nur in der Lesegeschwindigkeit sondern hat auch Auswirkungen auf das Leseverhalten selbst. Mit Hilfe der Eye Tracking Methodologie wurde die Verarbeitung der drei Kursseiten mittels des Parameters „Blickpfad“ analysiert um Auffälligkeiten sowie wesentliche Lesestrategien zu identifizieren. Die Teilnehmer-getrennte Auswertung ergab (siehe Tabelle 7), dass Benutzer im Wesentlichen die Lerninhalte streng monoton in sequenzieller Reihenfolge verarbeiten, jedoch bei steigender Komplexität deutlich mehr markante Sprünge innerhalb eines Lernstoffs ausführen. Die Sprünge erfolgen in den meisten Fällen entweder zu bereits gelesenen Entitäten (zwecks Überprüfung des korrekten Lernfortschritts) oder zu Lerneinheiten, welche auf den Lernenden noch zukommen werden. An dieser Stelle sei jedoch vermerkt, dass im Rahmen der Interviews festgestellt wurde, dass die Sprünge stark von Distraktoren abhängen, wie etwa von visuellen Medientypen (beispielsweise Grafiken mit hoher Zeigefunktion) oder von Elemente, die mittels Aufzählungszeichen bzw. einer Nummerierung angeführt werden (siehe Abbildung 33). Einzelne Sprünge erfolgten jedoch aufgrund des Ungedulds des Studienteilnehmers bzw. mit dem Ziel den „noch ausständigen“ Lernstoffumfang abzuschätzen.

Eine weitere Auffälligkeit, welche anhand der „Gaze Plots“ identifiziert wurde, sind markante Sprünge abseits des Lernelements. Die tabellarische Auswertung zeigt auf, dass im Falle der Verarbeitung von journalistischem bzw. wissenschaftlichem Lernstoff die Häufigkeit der Blicke abseits des Lerninhalts abnehmen. Dieser Umstand kann jedoch nur bedingt mit dem Aspekt der Komplexität beantwortet werden, da die aufgezeichneten Eye Tracking Daten diesen Sachverhalt nur andeuten jedoch nicht signifikant belegen. Es erscheint jedoch plausibel, dass komplexe Inhalte fokussierter verarbeitet werden, wodurch Sprünge abseits des Lernelements von den Benutzern eher weniger in Kauf genommen werden.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass keine Testperson Bereiche der im journalistischen Stil verfasste Kursseite übersprungen hatten (Daten siehe Tabelle 7). Der Grund hierfür liegt jedoch nicht in der Komplexität begründet, sondern in der Tatsache, dass die „Themeneinführung“ von allen Benutzern als erstes gelesen wurde und in dieser zeitigen Untersuchungsphase ein Auslassen von Themenbereichen kein Lernender in Betracht zog.

<b>Kursseite</b> Praxisbeispiel „Big-Brother“ <b>Charakteristika</b> illustrierend <b>Kursumfang (Anzahl Wörter)</b> 255						
Teilnehmer	Fixations- dauer (Sek.)	Fixations- häufigkeit	Einstufung (qual. Interv.)	Sprünge innerhalb des Lerninhalts	Blicke abseits des Lerninhalts	Inhalte übersprungen
1. Andreas	82	158	einfach	nein	nein	nein
2. Brigitte	66	151	einfach	ja	ja	nein
3. Christoph	19	93	einfach	ja	ja	ja
4. Daniel	55	137	einfach	ja	nein	nein
5. Emil	69	160	einfach	nein	nein	nein
6. Günther	54	159	einfach	nein	nein	nein
7. Linda	72	122	einfach	nein	nein	nein
8. Michael	39	122	einfach	nein	nein	nein
9. Michaela	63	121	einfach	nein	ja	nein
10. Susanne	107	225	einfach	ja	ja	nein
<b>Mittelwert</b>	63	144,8	einfach	eher nein	eher nein	nein
<b>Wörter pro Sekunde</b>	4,1	<b>Wörter pro Fixation</b>		1,8		
<b>Kursseite</b> Themeneinführung <b>Charakteristika</b> journalistisch <b>Kursumfang (Anzahl Wörter)</b> 371						
Teilnehmer	Fixations- dauer (Sek.)	Fixations- häufigkeit	Einstufung (qual. Interv.)	Sprünge innerhalb des Lerninhalts	Blicke abseits des Lerninhalts	Inhalte übersprungen
1. Andreas	159	259	einfach	nein	nein	nein
2. Brigitte	118	207	Durchschnitt	ja	nein	nein
3. Christoph	99	261	einfach	ja	ja	nein
4. Daniel	79	158	einfach	nein	nein	nein
5. Emil	104	179	einfach	nein	nein	nein
6. Günther	129	275	einfach	ja	ja	nein
7. Linda	140	210	komplex	ja	nein	nein
8. Michael	79	194	einfach	nein	ja	nein
9. Michaela	86	140	Durchschnitt	nein	ja	nein
10. Susanne	176	304	komplex	ja	nein	nein
<b>Mittelwert</b>	117	218,7	Durchschnitt	-	eher nein	nein
<b>Wörter pro Sekunde</b>	3,2	<b>Wörter pro Fixation</b>		1,7		
<b>Kursseite</b> Modelle <b>Charakteristika</b> wissenschaftlich <b>Kursumfang (Anzahl Wörter)</b> 369						
Teilnehmer	Fixations- dauer (Sek.)	Fixations- häufigkeit	Einstufung (qual. Interv.)	Sprünge innerhalb des Lerninhalts	Blicke abseits des Lerninhalts	Inhalte übersprungen
1. Andreas	202	330	komplex	nein	nein	nein
2. Brigitte	178	360	Durchschnitt	ja	nein	nein
3. Christoph	86	315	komplex	ja	nein	nein
4. Daniel	112	224	komplex	ja	nein	nein
5. Emil	115	229	komplex	ja	nein	nein
6. Günther	123	344	Durchschnitt	ja	nein	nein
7. Linda	36	63	komplex	ja	ja	ja
8. Michael	109	327	komplex	ja	nein	nein
9. Michaela	119	217	komplex	ja	nein	nein
10. Susanne	183	521	komplex	ja	ja	nein
<b>Mittelwert</b>	126	293	komplex	ja	nein	nein
<b>Wörter pro Sekunde</b>	2,9	<b>Wörter pro Fixation</b>		1,3		

**Tab. 7.:** Die Tabelle führt einerseits die Verarbeitungsgeschwindigkeit im Falle steigender Komplexität an (siehe Faktoren „Wörter pro Sekunde“ bzw. „Wörter pro Fixation“), andererseits die Aspekte des Leseverhaltens in Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad der textuellen Entitäten (siehe Faktoren „Sprünge“, „Blicke abseits des Lerninhalts“ sowie „Überspringen von Inhalten“).

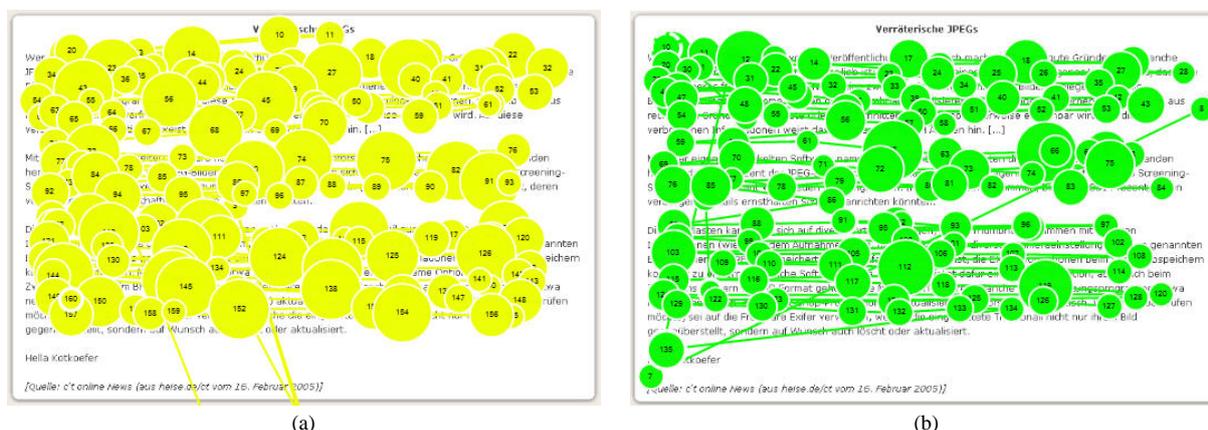
Mit Hilfe der Heat Maps wurden die drei ausgewählten Kursseiten sowie ihre Inhalte auf ihre Komplexität betrachtet. Besonders das „Rollenmodell“ der Kursseite „Modelle zu Privacy“ ist hinsichtlich der Komplexität auffallend, da dieser Teilbereich markant intensive Fixationsergebnisse im Gegensatz zu anderen Privacy-Hypothesen aufweist. Eine Begründung für diesen Umstand konnte mittels der qualitativen Interviews herausgearbeitet werden, da sowohl Michael als auch Susanne explizit das entsprechende Modell als überaus komplex eingestuft haben und anführten für die Verarbeitung bzw. das „Verstehen“ signifikant länger gebraucht zu haben. Des Weiteren gaben sie im qualitativen Interview bekannt, dass Teilbereiche des Rollenmodells mehrfach gelesen wurden, wodurch höhere Fixationshäufigkeiten gemessen wurden. Weitere lang fixierte Inhaltsaspekte der Kursseite „Modelle zu Privacy“ sind vor allem lange Wörter bzw. Kombinationen dieser, wie etwa „Sphärenhypothese“, „schützenswertes Persönlichkeitsprofil“, „subjektives Erfinden“ oder „Relativierung“ (siehe Abbildung 33). Auch verschachtelte bzw. mit Sonderzeichen formatierte Wortgruppen generieren längere Fixationswerte und erschweren die Deutung des Lernelements, beispielsweise „EDV-Applikation“ oder „Spuren (Daten)“.



**Abb. 33.:** Längere Wörter, umfassende Wortgruppen, mit Sonderzeichen formatierte Ausdrücke sowie komplexe Begriffe eines Themengebiets (a) generieren signifikant längere Fixationsdauer (b). Wie bei den zentralen Fragestellungen 1 und 2 behandelt, erfolgt die visuelle Verarbeitung von strukturierten Grafiken, Überschriften sowie Zeilenanfänge ebenfalls intensiv.

Abschließend sei noch angeführt, dass auch deutlich gehäuft auftretende längere Einzelfixationen auf Komplexität des Lerninhalts verweisen. In Abbildung 34 sind Blickpfade

zweier Testpersonen angeführt, die hinsichtlich des Artikels „Verräterische JPEGs“ unterschiedliche Einstufung der Komplexität haben. Aus der visuellen Darstellung ist ersichtlich, dass im Falle „komplex“ wahrgenommener Lerninhalte sich sowohl die Anzahl der lang andauernden Einzelfixationen erhöht als auch der Lernprozess selbst verlangsamt. Letzterer Aspekt wird durch kleinere Abstände zwischen den hintereinander folgenden Fixationen ersichtlich.



**Abb. 34.:** Je schwieriger (a) eine Lerneinheit für den Lernenden zu verstehen ist, umso längere Interpretationszeiten werden benötigt um sich die Inhalte anzueignen. Im Falle „einfach“ empfundener Lernbereiche (b) treten lange Fixationen lediglich bei einzelnen schwer verständlichen Begriffen auf.

### Auswertung zur zentralen Fragestellung 4

Um die Auswirkung des Involvementfaktors untersuchen zu können (theoretische Abhandlung siehe Kapitel 5.3), wurde zunächst im Rahmen des Abschlussgesprächs eine Einstufung des Teilnehmer-Involvement gegenüber dem Themengebiet „Privacy“ qualitativ erfasst. Die Analyse der Interviewaufzeichnungen erfolgte sowohl nach der persönlichen Einstufung der Testpersonen als auch aus der Beurteilung des Testers, welche aus dem Interview abgeleitet wurden. Hierbei wurden vier Testpersonen der Kategorie „high-Involvement“ zugeteilt die verbleibenden sechs Teilnehmer aufgrund ihres geringeren Interesses der „low-Involvement“ Klasse zugeordnet. Die Einstufung einiger Testpersonen in die von Zaichkowsky definierten „low“ bzw. „high“ Klassen war nicht uneindeutig, wodurch die allgemeine Zuordnungsregel vereinbart wurde, dass jene Testpersonen mit dem Attribut „high“ versehen werden, die sowohl aktiv während der Untersuchung reges Interesse zeigten auch „abseits der User-Tests“ mit dem Themengebiet beschäftigen. Die Einteilung bleibt in gewissem Maße subjektiv, da es keinen allgemein gültigen Schwellenwert für eine Bestimmung des Involvementfaktors existiert, wodurch die nachfolgenden Ergebnisse stets mit Vorsicht zu genießen sind.

Die Analyse des Involvementfaktors erfolgt mittels des Parameters „Fixationsdauer“, welche in Form der absoluten Fixationsgesamtdauer einer Kursseite angegeben wird. Eine weitere Untersuchungsgröße war der Blickpfad, welcher mittels der Gaze Plot-Darstellungen behandelt wurde.

Als Basis für die Bewertung des Involvements wurden beim Parameter „Fixationsdauer“ jene Seiten des Lernsystems Moodle berücksichtigt, welche „Privacy“-relevante Lerneinheiten beinhalteten. Diese waren die drei Kursseiten zu den Praxisbeispielen („SOS-Überwachung“, „Big Brother beim Football“ sowie „Verräterische JPEGs“), die „Themeneinführung“ sowie die Kursseite zu den „Privacy-Modellen“. Die tabellarische Gegenüberstellung der beiden Involvement-Klassen (siehe Tabelle 8) ergab, dass Testpersonen, die eine hohe Beteiligungsbereitschaft hatten, signifikant kürzere Betrachtungsdauer aufwiesen als jene Benutzer, die niedriges Beteiligtsein zeigten. Der festgestellte Unterschied ist bei allen betrachteten Kursseiten präsent, unabhängig vom Charakter bzw. Komplexität der Kursseiten.

Die Aussage nach Kain, dass intensiv involvierte User längere Fixationszeiten generieren wird somit von den Resultaten dieser Untersuchung nicht bestätigt. Die Eye Tracking Analyse dieser Diplomarbeit zeigt nämlich auf, dass Benutzer der „high“ Involvement-Kategorie die Kursseiten und somit die Lernelemente selbst zügiger abarbeiten. Jedoch ist bei diesen aufgezeichneten bzw. errechneten Daten die Varianz unter den einzelnen Involvement-Klassen zu berücksichtigen. Als Beispiel hierfür wird Christoph genannt, der trotz eines hohen Involvements auffallend lange Fixationsdauer aufwies (siehe Tabelle 8).

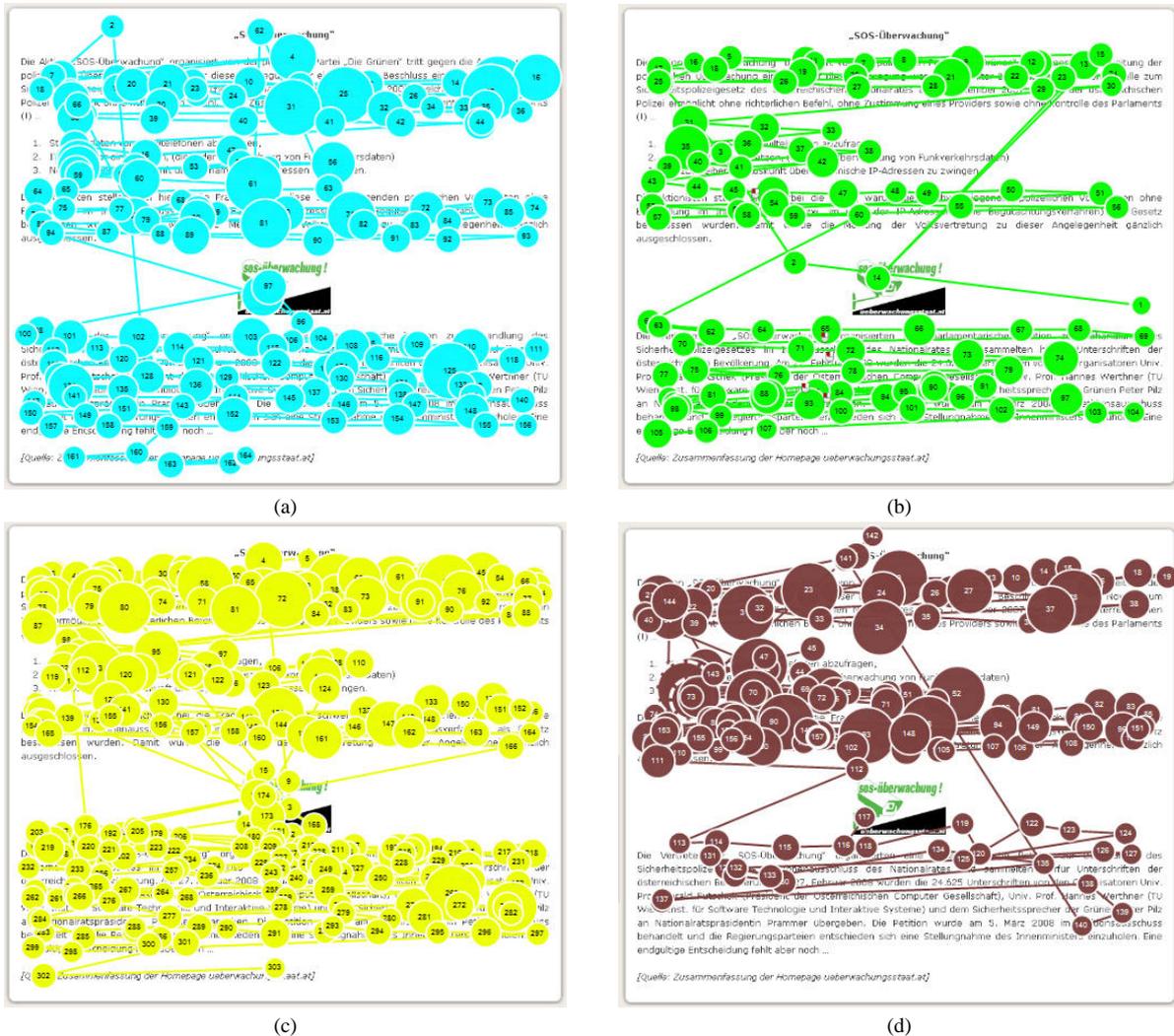
Kursseiten zu Privacy:		Praxisbeispiele			Einleitendes	Modelle
Teilnehmer	Involvement	JPEG	Big Brother	SOS	Themen-einführung	Modelle
		<i>Fixationsgesamtdauer (in Sekunden)</i>				
Christoph	high	95	104	80	181	219
Emil	high	80	77	69	114	144
Michael	high	53	45	33	92	132
Michaela	high	67	71	68	96	141
Andreas	low	109	102	108	179	264
Brigitte	low	68	97	90	169	221
Daniel	low	94	88	62	104	171
Linda	low	108	93	81	161	155
Günther	low	25	110	102	169	183
Susanne	low	108	145	119	202	232
<b>Mittelwert Involvement (high)</b>		74	74	63	121	159
<b>Mittelwert Involvement (low)</b>		<b>85</b>	<b>106</b>	<b>94</b>	<b>164</b>	<b>204</b>

**Tab. 8.:** Die Tabelle stellt die qualitativ erfasste Größe „Involvement“ (klassifiziert nach den Kategorien „low“ bzw. „high“) dem Eye Tracking Parameter „Fixationsgesamtdauer“ gegenüber. Der tabellarische Vergleich offenbart, dass im Falle hoher Beteiligung Benutzer tendenziell kürzere Verarbeitungsdauer benötigten.

Die erhaltenen Involvement-Ergebnisse zeigen zwar einen relativ bemerkenswerten Unterschied in Hinblick auf die Fixationsdauer, dieser Parameter kann jedoch nicht eigenständig als Indikator herangezogen werden. In Folge dessen wurde die Analyse der Gaze Plots als zusätzliche Beurteilungsgrundlage hinzugezogen.

Die Auswertung der Blickpfade in Hinblick auf die Auswirkung des Involvementfaktors ergab im Wesentlichen ein ähnliches Ergebnis wie die Auswertung nach der „Fixationsdauer“. Die Beispiele, welche in der Abbildung 35 ersichtlich sind, führen

exemplarische Blickpfade beider Involvement Klassen an. An dieser Stelle sei vermerkt, dass für diese Analyse die Gaze Plots jener Testpersonen ausgewählt wurden, welche die Kursseite in Hinblick auf den Faktor „Komplexität“ gleich eingestuft haben. Dadurch wird eine etwaige Überschneidung beider Einflussfaktoren minimiert.



**Abb. 35.:** Die Abbildung führt vier Blickpfade an, wobei (a) und (b) Gaze Plots von jenen Testpersonen sind, die hohes Involvement aufweisen, hingegen die Darstellungen (c) bzw. (d) von jenen Benutzern entstammen, die dem Themengebiet gegenüber „weniger beteiligt“ gegenüberstanden. Die Fixationen der „high-Involvement“-Klasse sind gleichverteilt sowohl hinsichtlich der Verteilung als auch der Varianz der Fixationsdauer (Kreisgröße). Die Blickpfade der „low-Involvement“-Kategorie sind von stark unregelmäßigen Fixationen (in Größe und Verteilung) bzw. von signifikanter Monotonie gekennzeichnet.

Die Abbildungen 35(a) sowie 35(b) visualisieren die Blickpfade zweier „involvierter“ Testpersonen. Die Gaze Plots weisen hinsichtlich der Fixationen eine „ausgewogene“ Anzahl sowie eine optimale Varianz der Kreisgröße (Fixationsdauer) auf. Des Weiteren sind diese Fixationspunkte auf der gesamten Kursseite annähernd gleichverteilt. Im Gegensatz hierzu kann bei Blickpfaden mit niedriger Beteiligung jene Auffälligkeit beobachtet werden, dass beispielsweise Abstände zwischen den Fixationen überaus groß werden („Lücken“ siehe Abbildung 35(d)). Diese Tatsache lässt darauf schließen, dass hierbei Inhalte bewusst

übersprungen werden, wodurch der Text kaum profund verarbeitet wurde. Minimale Abstände zwischen gleich großen Einzelfixationen weisen ebenfalls auf ein niedriges Involvement hin, da hierbei die kognitive Verarbeitung zu „monotonem Lesen einzelner Wörter“ degradiert. Im Falle der Abbildung 35(c) gab die Testperson Susanne im Rahmen des Abschlussgesprächs beispielsweise an, gegen Ende des Artikels „nicht mehr aufgepasst“ zu haben.

Zusammenfassend zur Analyse der Gaze Plots kann angeführt werden, dass stark unregelmäßige Fixationen (in Größe und Verteilung) bzw. Monotonie der aufeinander folgenden Einzelfixationen als Indikatoren für kognitive Überlastung bzw. „Langeweile“ angesehen werden können. Die hohe Beteiligung einem Themengebiet gegenüber bewirkt Interesse, welches wiederum die kognitive als auch visuelle Ablenkbarkeit minimiert und den Benutzer unbewusst dazu bewegt, die Lerninhalte mit individuell-optimaler Lesedynamik abzuarbeiten.

An dieser Stelle sei jedoch vermerkt, dass die soeben diskutierten Resultate die Aussagen nach [Kai07] widerlegen. Kain führt bekanntermaßen an, dass involvierte Benutzer intensivere Blickpfade erzeugen. Um diesen Widerspruch zu klären, bedarf es seitens der durchgeführten Studie weitere Forschungsarbeit. Um den komplexen Sachverhalt „Involvement“ vollständig erfassen zu können, sollten zusätzliche Variablen in Betracht gezogen werden, welche eine umfassendere Untersuchung ermöglichen.

## **Auswertung zur zentralen Fragestellung 5**

Im Rahmen dieses Kapitel werden die Eye Tracking Daten in Hinblick auf die unter dem Theorieteil 2.4 bzw. 2.5 behandelten Wahrnehmungsfaktoren analysiert. Der erste Abschnitt dieser Auswertung führt jene Interface-Elemente an, welche die Wahrnehmungsgesetze optimal bzw. korrekt umsetzen, hingegen weist der zweite Abschnitt jene Moodle-Aspekte auf, welche die Gestalt Gesetze sowie die Faktoren der präattentiven Verarbeitung fehlerhaft verwenden.

Aufgrund der Tatsache, dass die Moodle-Elemente stark „Text-lastig“ sind, werden zahlreiche Objekte zeilenweise eng untereinander platziert. Diese Einheiten sind nicht immer als Textblöcke zu verstehen sondern können auch als Gruppierung von Verweisen, Überschriften sowie textuellen Navigationsobjekten gebildet werden. Anhand der Beispielseite „Kursübersicht“ (siehe Abbildung 36) wird dargestellt, dass diese Text-basierten Interface-Elemente in der Regel intensivere Fixationswerte aufweisen und somit zentral von der visuellen Aufmerksamkeit der Benutzer erfasst werden. Die nach dem „Gesetz der Nähe“ kompakt angebrachten Elemente erleichtern dem User des Lernsystems die zeitgleiche Erkennung semantisch sowie funktionell zusammengehöriger Informationen, wie etwa die Objekte „Lehrveranstaltungstitel“ sowie „Trainer“ (siehe Abbildung 36). Im Allgemeinen assoziieren Benutzer des Lernsystems Moodle eng untereinander platzierte textuelle Informationen eher als Wissensseinheiten, woraufhin diese im Kontext der Lernsituation mit höherer Sensibilität verarbeitet werden und längere Fixationswerte generieren.



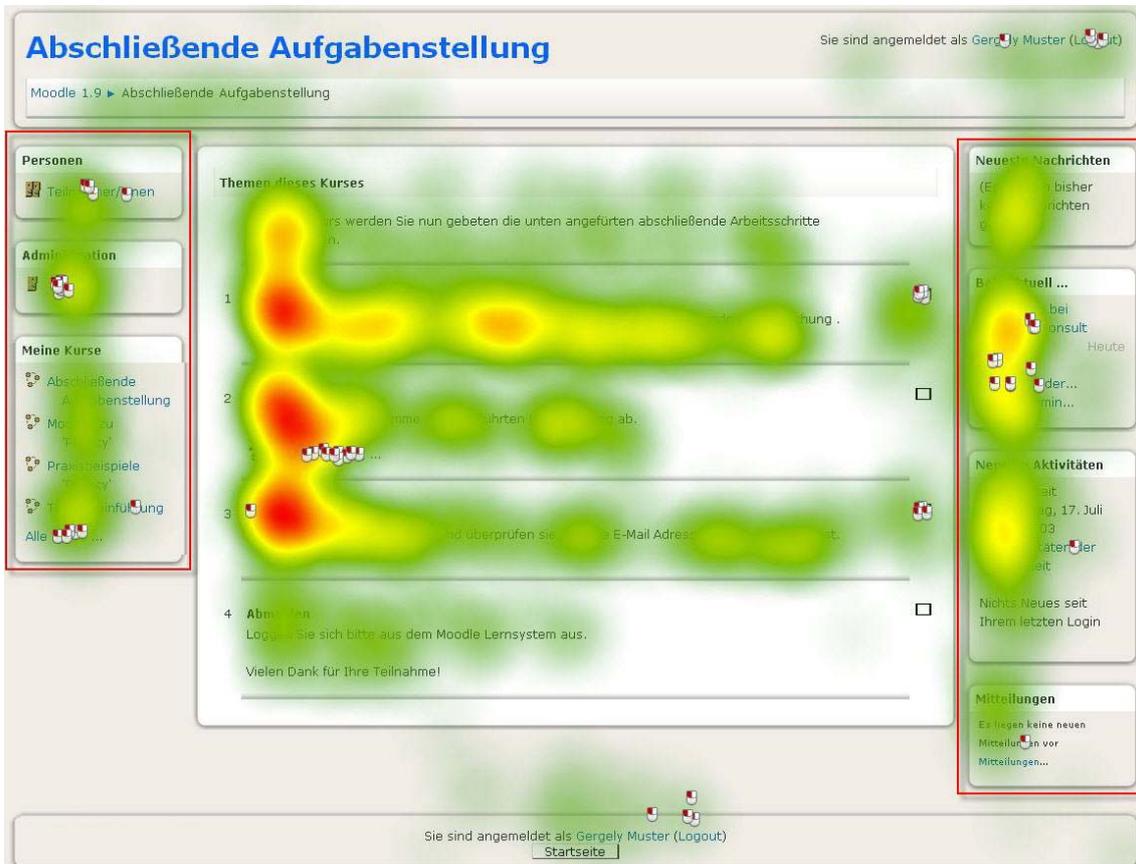
**Abb. 36.:** Eng untereinander platzierte textuelle Informationen (hierbei werden sowohl Texte als auch Funktionselemente umfasst) strukturieren die visuelle Aufmerksamkeit nach dem „Gesetz der Nähe“ und lassen inhaltlich oder funktionell in Beziehung stehende Elemente zeitgleich erkennen.

Sowohl semantisch als auch funktionell zusammengehörende Inhalte bzw. Objekte werden in Moodle neben der Anwendung des „Gesetzes der Nähe“ auch mit weiteren Wahrnehmungsfaktoren gruppiert. In Beziehung zueinander stehende Elemente werden mit Hilfe des Gestalt Gesetzes „Gemeinsame Region“ sowie mit dem Faktor „Umrandung“ der präattentiven Verarbeitung strukturiert um das visuelle Aufnahmepotenzial des Benutzers zu erhöhen. Im Rahmen der Datenanalyse wurde ersichtlich, dass visuell umrandete Inhaltsbereiche, wie etwa die Moodle Blöcke (siehe Abbildung 37), die Fixationsmuster und somit die Augenbewegungen der Testpersonen signifikant beeinflussen.

Die inhaltliche Gruppierung anhand der Umrandung strukturiert die Wahrnehmung und wirkt sich in Form von punktuellen konzentrischen Kreisen auf die Heat Maps aus. Die Moodle-Blöcke, die eine „Bündelung“ der visuellen Aufmerksamkeit bewirken, wurden von den Testpersonen im Rahmen des qualitativen Interviews als überaus hilfreich eingestuft, da sie nicht nur das Wiederfinden von Programmfunktionen erleichterten sondern auch die Übersichtlichkeit der Moodle-Oberfläche förderten.

Die zentral-symmetrische Ausrichtung der präattentiven Verarbeitung kommt der Benutzung des Lernsystems entgegen, da in der Mitte angebrachten Usability-Elemente aufgrund der „prominenten“ Lage effizienter erfasst werden können. Beispielsweise weist die Login-Seite von Moodle, die in Abbildung 38 dargestellt ist, eine zentrale Struktur auf und ordnet ihre Funktionselemente nach dem „Gesetz der Nähe“. Neben dem soeben genannten Wahrnehmungsfaktor hatte auch das Gestalt Gesetz der „Vertrautheit“ eine Auswirkung, da jedem Studienteilnehmer der Ablauf eines Web-Logins bekannt war. Dieser Umstand ist auch daran zu erkennen, dass keiner der Testpersonen die zur Verfügung stehenden Hilfestellungen (Schaltfläche „Ja, bitte beim Login helfen“ sowie das gelb-runde Grafiksymboll „?“) angewählt hatte. Darüber hinaus bewerteten die Benutzer die Login-Seite als optimal und wie

es auch aus dem Heat Map der Seite erkennbar ist, sind kaum Fixationen außerhalb der wesentlichen Feldern gemessen worden (siehe Abbildung 38).

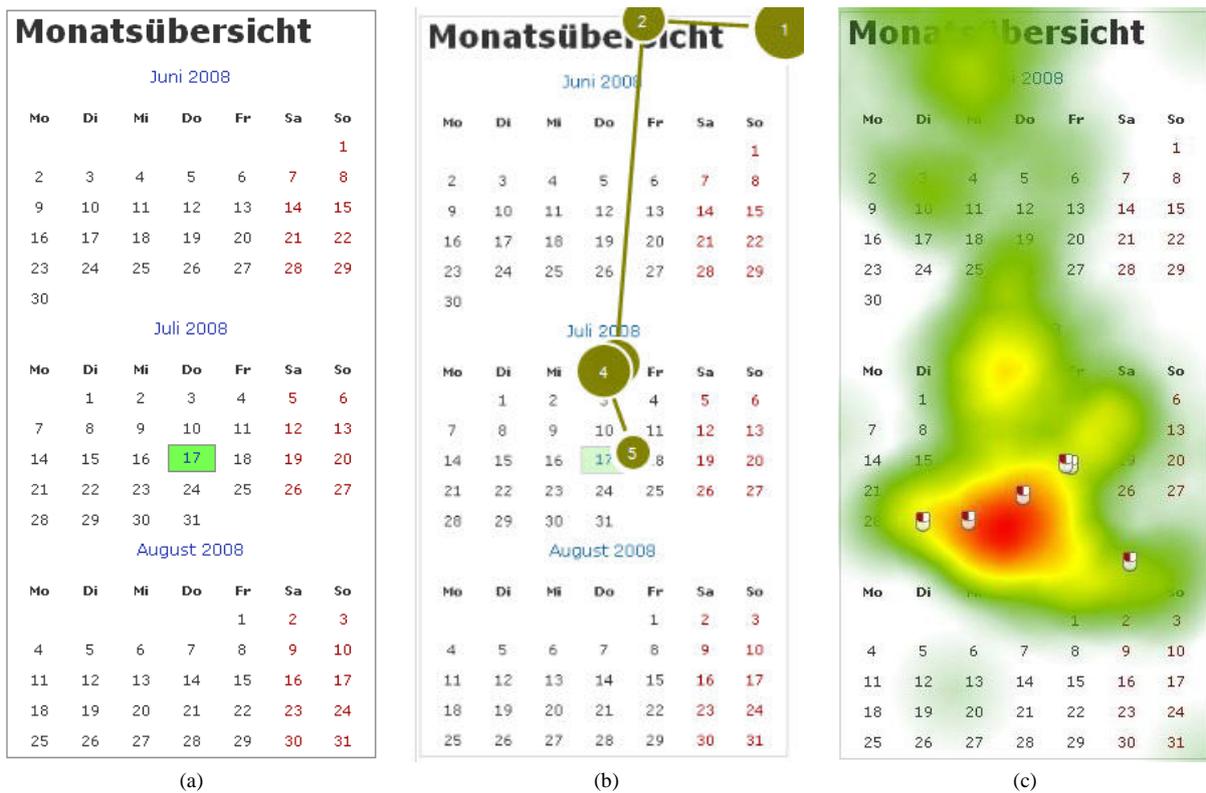


**Abb. 37.:** Moodle-Blöcke, die semantisch zusammengehörende Programmfunktionen gruppieren, sind nach dem „Gesetz der gemeinsamen Region“ sowie dem präattentiven Faktor „Umrandung“ aufgebaut. Dieser visuelle Wahrnehmungsaspekt fördert die Oberflächenübersichtlichkeit sowie erleichtert das Wiederfinden der Interface-Funktionen.



**Abb. 38.:** Bei der visuellen Erfassung der Login-Seite kommen die Gestalt Gesetze „Vertrautheit“, „Nähe“ sowie der präattentive Verarbeitungsfaktor „zentrale Ausrichtung“ zum Tragen. Diese verhelfen die Benutzer dazu die Kurseinstiegsseite optimal bedienen zu können. Des Weiteren bewirken diese Faktoren eine minimale Streuung der Fixationen abseits der zentralen Felder.

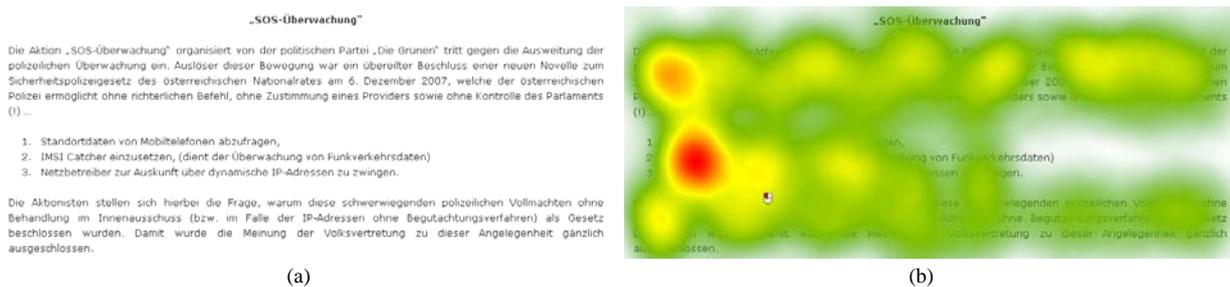
Ein Beispiel für den im Kapitel 2.4 beschriebenen „Pop-Out Effekt“ konnte besonders beim Kalender von Moodle identifiziert werden. In diesem Interface-Element wird das Feld des aktuellen Tages mit der präattentiven Eigenschaft des „Farbtonunterschieds“ markiert um die relevante Einheit visuell von der Fülle der möglichen Entitäten hervorzuheben. Der Heat Map der Kalender-Seite (siehe Abbildung 39) visualisiert die deutliche Auswirkung dieses Wahrnehmungsfaktors. Der aktuelle Tag weist nicht nur die intensivste Fixationsdauer bzw. -Häufigkeit auf, sondern wird im Allgemeinen von den Benutzern unter den ersten Objekten der Seite wahrgenommen. Letztgenannter Aspekt wurde mit Hilfe des Eye Tracking Parameters „time to first fixation“ sowie mittels des „Gaze Plots“ ermittelt (siehe Abbildung 39(c)).



**Abb. 39.:** Der Kalender von Moodle (a) wird nach dem präattentiven Verarbeitungsmuster erfasst, da der aktuelle Tag, welcher mittels des Farbtonunterschieds gekennzeichnet wird, die visuelle Aufmerksamkeit der Testperson unbewusst zum relevanten Bereich lenkt (b). Wie dies auch in der grafischen Darstellung ersichtlich ist, generiert der Pop-Out Effekt in Kombination mit funktioneller Relevanz intensivste Fixationswerte (c).

Eine weitere Auffälligkeit, welche im Rahmen der Eye Tracking Analyse festgestellt wurde, betrifft die signifikante Zunahme der Fixationshäufigkeiten bei numerischen Aufzählungen. Die Form einer Auflistung basiert auf Grundlagen der Gestaltfaktoren „Gesetz der Nähe“ bzw. „Gesetz des gemeinsamen Schicksals“ und strukturiert auffallend die visuelle Erscheinung der nummerierten Informationen. In den Abbildungen 40(a) bzw. 40(b) ist ersichtlich, dass auch der präattentive Faktor der „2D Positionierung“, welcher sich in Form des Einrückens manifestiert, mitentscheidend an der visuellen Auffälligkeit ist. Diese visuellen Faktoren bewirken, dass Aufzählungen sich optisch deutlich vom Fließtext unterscheiden. Des Weiteren ähneln die intensiven Fixationsdaten dem bereits besprochenen

Phänomen der intensiven Fixationswerten der Zeilenanfänge von Textblöcken. Diese entstehen aufgrund der ungenauen Sprünge vom Zeilenende zum Zeilenanfang, wobei im Falle der numerischen Aufzählung die gemessenen Fixationswerte gar intensivere Ausmaße anzunehmen scheinen. Als eine mögliche Begründung für die höheren Blickwerte kann die länger andauernde „Neupositionierung“ der Augen nach dem Sprung genannt werden. Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass das Gestaltungselement „numerische Auflistung“ ein effektives Werkzeug zur Strukturierung einer Programmoberfläche darstellt und auch effektiv für die visuelle Steuerung der Benutzeraufmerksamkeit angewendet werden kann.



**Abb. 40.:** Die numerische Aufzählung erwies sich im Rahmen der Eye Tracking Untersuchung als ein effektives Werkzeug der visuellen Aufmerksamkeitssteuerung. Dieses Element basiert auf die Kombination der Wahrnehmungsfaktoren „Gesetz der Nähe“ bzw. „Gesetz des gemeinsamen Schicksals“ sowie des präattentiven Aspekts der „2D Positionierung“.

Als letztes Beispiel für eine optimale Umsetzung der Wahrnehmungsfaktoren wird die Kursseite „Abstimmung“ angeführt, mit deren Hilfe die Antworten zu einer Fragestellung abgegeben wurden. Die Gruppierung der textuellen Information mit dem graphischen Element erfolgt durch die Anwendung des Gestalt Faktors „Gesetz der Nähe“ (ersichtlich in Abbildung 41). Die unterschiedlichen Objekte werden von den Testpersonen trotz fehlender Umrandung bzw. Anwendung von Trennungslinien als eine gemeinsame Entität wahrgenommen wurden.



(a)



(b)

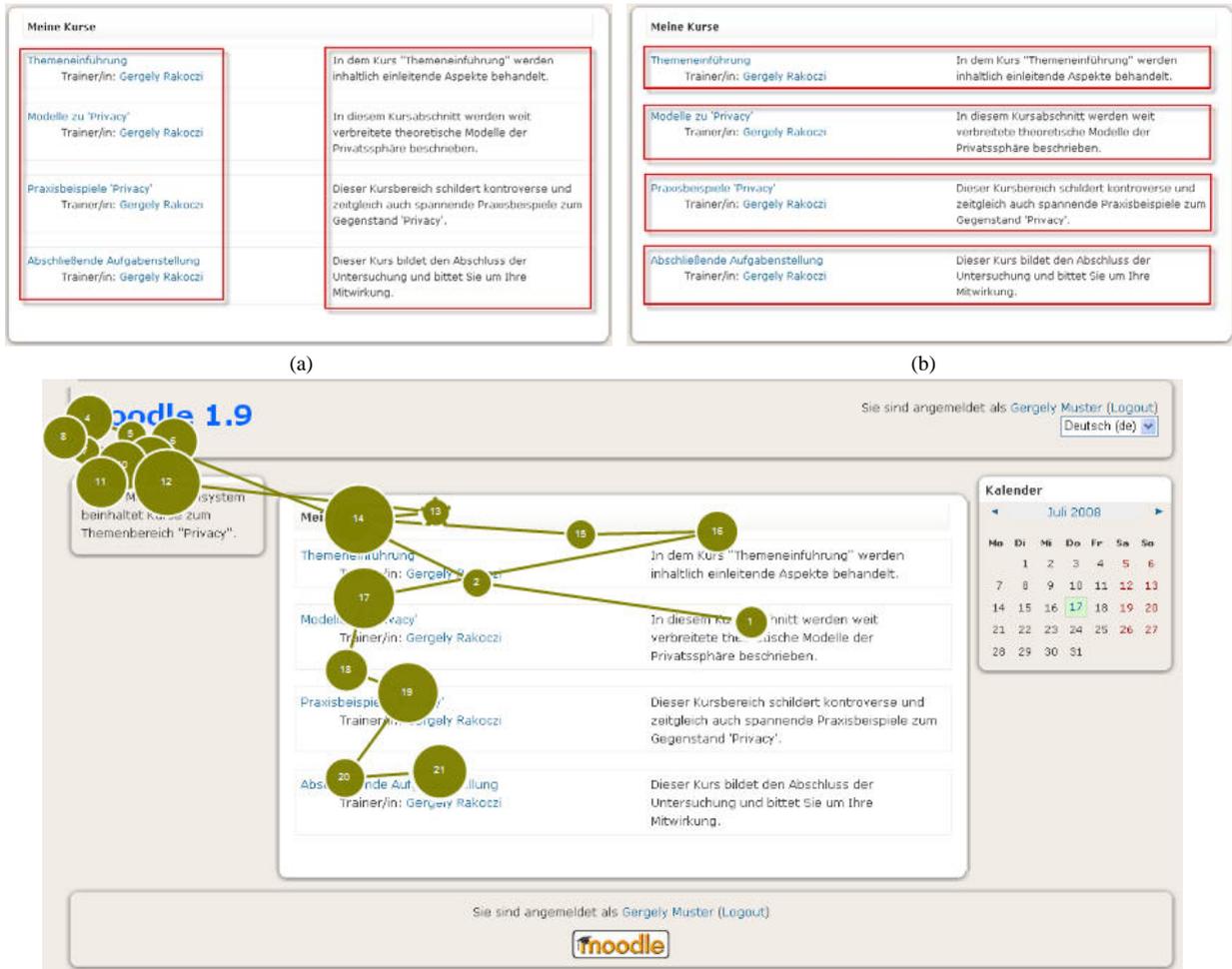
**Abb. 41.:** Die ideale Kombination zwischen den Auswahlelementen sowie den Beschriftungen wird mittels des „Gesetzes der Nähe“ erreicht (a). Diese Designentscheidung generiert im Heat Map klar getrennte Kreise um die gruppierten Elemente herum (b).

Abschließend werden nun zwei Beispiele angeführt, welche die Wahrnehmungsfaktoren der Kapitel 2.4 bzw. 2.5 nicht berücksichtigen und somit die visuelle Interpretation der Kursseite erschweren.

Das erste Exempel stellt die Kursübersichtsseite dar, welche das „Gesetz der Nähe“ in jener Art und Weise anwendet, dass einerseits die Kurstitel (inklusive Trainernamen) andererseits die einzelnen Beschreibungstexte der Kurse jeweils eine Einheit bilden (siehe Abbildung 42). Die Strukturierung mit dem Wahrnehmungsfaktor sollte jedoch vielmehr die in semantischer Beziehung zueinander stehenden Entitäten (wie in Abbildung 42(b) dargestellt) miteinander in Verbindung setzen. Die auffallend hohe Varianz der Betrachtungsstrategien, welche mittels des Parameters Blickpfad analysiert wurde, ist ein Indikator für die erschwerte Informationsextraktion.

Die Analyse der Eye Tracking Daten offenbarte zahlreiche Formen der Exploration:

1. spaltenweise Erfassung wie in Abbildung 42(a)
2. zeilenweise sequenziell „lesende“ Verarbeitung wie in Abbildung 42(b)
3. zeilenweise Verarbeitung lediglich der ersten beiden Kurse
4. zeilenweises „ungeordnetes“ Erfassen mit vielen Sprüngen zwischen den Elementen
5. außer Acht lassen der Kursbeschreibungen wie in Abbildung 42(c)



**Abb. 42.:** Die Anordnung nach dem „Gesetz der Nähe“ bewirkte eine Spaltenstrukturierung (a), hingegen die in semantischer Beziehung stehenden Elemente eher zeilenweise gruppiert werden sollten (b). Diese Designentscheidung verursachte eine beeinträchtigte Informationsextraktion der Kursseite und resultierte in zahlreichen Formen der visuellen Exploration (c).

Das letzte Beispiel, welches im Rahmen der Auswertung der Wahrnehmungsfaktoren angeführt wird, betrifft die Moodle-Statusanzeige, welche sich im rechten oberen Programmbereich sowie in der zentralen unteren Region befindet (siehe Abbildung 43). Die präattentive Eigenschaft „Farbtonunterschied“ trennt die Anzeige in zwei funktionelle Teilbereiche, wobei der schwarze Text den Moodle-Benutzer über seinen aktuellen Login-Zustand informiert, hingegen die farbliche Region die eigene Abmeldung vom Lernsystem vermittelt. Auch der Gestaltfaktor „Gesetz der Nähe“ vermittelt den Eindruck der funktionalen Zusammengehörigkeit. Der blaue Teilbereich ist jedoch funktionell nicht einheitlich, da der Username vom System keine Abmeldung bewirkt, sondern die persönliche Profilseite des Benutzers aufruft. Vier von zehn Testpersonen vermuteten fälschlicherweise (aufgrund der gleichen Farbgestaltung bzw. der räumlichen Nähe zur Schaltfläche „Logout“), dass der eigene Namen eine Abmeldefunktion des Systems Moodle sei. Dieser Usability-Fehler wurde auch im Rahmen des Abschlussgesprächs berichtet, da einige Teilnehmer die „verwirrende Funktionalität“ der Statusanzeige bemängelten.

Die präattentive Markierung der Statusanzeige sollte die zu Grunde liegenden System-Funktionen berücksichtigen. In Folge dessen sollte der Username bzw. das „Logout“ ebenfalls klar präattentiv getrennt werden um eine intuitive visuelle Unterscheidbarkeit zu ermöglichen.



**Abb. 43.:** Aufgrund des Gestaltfaktors „Gesetz der Nähe“ sowie der präattentiven Eigenschaft des „Farbtönen“ assoziierten vier Testpersonen eine funktionale Äquivalenz zwischen dem eigenen Namen sowie dem Schriftzug „Logout“.

## Auswertung zur zentralen Fragestellung 6

Die Analyse in Hinblick auf den unter Kapitel 5.2 behandelten Parameter „hedonische Qualität“ erfolgte mittels der statistischen Auswertung der Fixationsdaten sowie mit Hilfe der visuellen Heat Maps. Die Gegenüberstellung der Interviewdaten listet die Ergebnisse der Betrachtungsaspekte „Spaß bzw. Freude“ beim Umgang mit der Software, Sympathie gegenüber Systemkomponenten, Beurteilung der allgemeinen „arbeitseinladenden“ Funktion, Kommentar zur Oberflächen-Ästhetik von Moodle sowie die Bewertung der allgemeinen visuellen Attraktivität auf. Die letzte Spalte „hedonische Qualität“ beinhaltet die zusammenfassende subjektive Beurteilung des Testers.

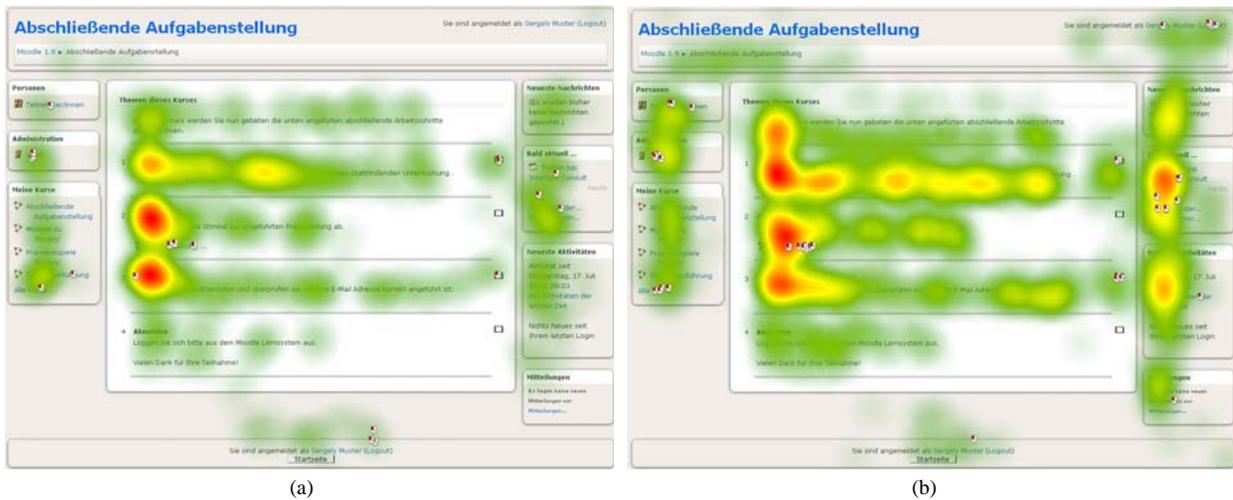
Eine „hedonische Zustimmung“ konnte bei drei von zehn Teilnehmern ermittelt werden, wobei eine weitere Testperson tendenzielle Eigenschaften dieses Faktors aufwies. Aufgrund der widersprüchlichen Bewertung bzw. Aussagen im Rahmen des Abschlussgesprächs wurden jedoch die Daten des Benutzers nicht für die weitere Analyse berücksichtigt.

Die Beurteilung der Ästhetik mittels der quantitativen Bewertungsskalen ergab im Wesentlichen eine optisch „leicht überdurchschnittliche Einstufung“ von Moodle (gemittelte Bewertung von „2,71“). Das Ergebnis der Bewertung (siehe Tabelle 9) wird von den Erkenntnissen des qualitativen Interviews bestätigt, wo ebenfalls eine durchschnittliche Einstellung gegenüber dem Lernsystem erhoben wurde. Die Interviews ergaben jedoch, dass die Benutzer Moodle optisch als „nüchtern bzw. farblos“ einschätzen bzw. dass aufgrund der graphischen Erscheinung die Lernumgebung eher nicht zum Arbeiten einladet. Zwei Versuchspersonen berichteten sogar, dass die Aspekte der „hedonischen Qualität“ für sie irrelevant waren bzw. dass für sie beim Lernprozess lediglich die Bedienbarkeit des Systems im Vordergrund stand und somit nur „pragmatische Qualität“ beachtet wurde. Es sollte jedoch bei diesem Untersuchungsaspekt ergänzt werden, dass die „Farblosigkeit“ bzw. Schlichtheit der Programmoberfläche von zahlreichen Studienteilnehmern aber explizit als „überaus positiv“ betrachtet wurde, da hierdurch die Konzentration auf die Lerninhalte begünstigt wurde. Zusammenfassend betrachtet wurde Moodle jedoch eher die emotionale Identität der „Sachlichkeit“ zugeordnet. Einige Studienteilnehmer betonten dies mit der lehrorientierten Eigenschaft der Plattform.

Teilnehmer	"Spaß, Freude"	Sympathie (Systemkomponente)	... zum Arbeiten einladend?	[Kommentar aus Interview]	[Bewertung]	hedonische Qualität
				<i>Einstufung der Ästhetik</i>	visuelle Attraktivität	
Andreas	nein	keine	nein	"nüchtern, grau, optisch nicht schön"	3	keine
Brigitte	ja	Benutzer-Icon	nein	"überkompliziert, unangenehme Farbgestaltung"	1,4	k.A.
Christoph	ja	keine	ja	"optisch schlicht, nicht ablenkend"	1,3	ja
Daniel	nein	keine	nein	" [!] optische Erscheinung irrelevant"	3,5	keine
Emil	nein	keine	nein	"sachlich, noch kein gutes System"	2,9	keine
Günther	nein	keine	ja	"neutral"	2,6	keine
Linda	nein	keine	ja	"trist, farblos, grau"	4,3	keine
Michael	nein	Kursübersichtsseite	nein	" [!] optische Erscheinung irrelevant"	3,9	keine
Michaela	ja	Kalender	ja	"angenehm, da keine Reizüberflutung"	1,2	ja
Susanne	ja	keine	ja	"dezent, optimal, wenig farblos"	3	ja
<b>Mittelwert</b>					<b>2,71</b>	<b>eher keine</b>

**Tab. 9.:** Die Auswertung der „hedonischen Qualität“ des Lernsystems Moodle wurde anhand der Parameter „Spaß/Freude“, Sympathie für Systemkomponente, arbeitseinladender Charakter, sowie visuelle Attraktivität bestimmt. Die Untersuchung ergab, dass Moodle eher keine „hedonische Qualität“ aufweist, da es im Durchschnitt als „sachlich nüchternes“ sowie farbloses Lernsystems angesehen wird.

Die Auswirkung der „hedonischen Qualität“ auf die Eye Tracking Ergebnisse wurden auch anhand der Heat Maps untersucht. Als Vergleichsbasis wurde die Kursseite „*Abschließende Aufgabenstellungen*“ angewendet, da diese eine vermehrte Anzahl an Blöcken bzw. Aufgaben aufweist. Die kumulierten (absolut normierten) Heat Maps der beiden Gruppen werden in Abbildung 44 gegenübergestellt. Die Analyse zeigt auf, dass im Falle positiver „hedonischen“ Ausprägung kein intensiveres Erleben bzw. aufmerksames Verhalten festzustellen ist. Die graphische Visualisierung der Fixationswerte zeigt deutlich, dass die gleichen Regionen betrachtet wurden und die Verteilung bzw. die Intensitäten gleichartig sind. Bei der Deutung der Grafik muss man jedoch in Betracht ziehen, dass die Abbildung 44(a) die Werte von drei Testpersonen abbildet, hingegen die Darstellung 44(b) die Eye Tracking Ergebnisse von sechs Teilnehmern umfasst. Die Heat Maps der beiden Gruppen wurden mit einer Kursseite untersucht, welche mehr Lerninhalte aufweist („*Big Brother im Football*“), wobei auch an dieser Seite die gleichen Fixationsintensitäten sowie –Verteilungen gemessen wurden.



**Abb. 44.:** Die Teilnehmer, welche eine „hedonische Qualität“ von Moodle aufwiesen (a) sowie jene die die „pragmatische Qualität“ präferieren (b) wurden anhand ihrer kumulierten Heat Maps verglichen, wobei im Rahmen der Analyse konnten keine signifikanten Unterschiede in Hinblick auf Fixationswerte sowie Schwerpunkte der visuellen Aufmerksamkeit identifiziert werden.

Auffallend bei der ganzheitlichen Auswertung der „Gaze Plots“ war, dass Testpersonen, welche sowohl nach der „hedonischen Größe“ als auch hinsichtlich des Involvements „hoch“ eingestuft wurden, tendenziell mehrere Seiten des E-Learning Systems Moodle exploriert haben als vom eigentlichen Testszenario vorgesehen war. Das Abschlussgespräch offenbarte, dass hierbei zahlreiche Verweise der Funktionsblöcke von den Benutzern erkundet wurden, um ein besseres Verständnis des Lernsystems zu bekommen. Dieser verstärkte Gebrauch sowie aufmerksameres Verhalten ist ein Indiz dafür, dass eine Kombination beider Faktoren die Verarbeitung bzw. Wahrnehmung des Systems intensiviert. Es sei jedoch erwähnt, dass die Heat Maps bzw. Blickpfade der Personen keine Intensivierung des Lernprozesses per se andeuteten. Abschließend sei jedoch ergänzt, dass zwei Studienteilnehmer beim Abschlussgespräch die Exploration als ein „systematisches Durchklicken“ durchgeführt hatten, um vor Testabschluss übersehene Seiten ausfindig zu machen.

### Auswertung zur zentralen Fragestellung 7

Die Analyse hinsichtlich der Kopfbewegungen, welche nach [Tat04] einen Indikator für kognitive Ruhezustände bzw. arbeitsintensive Interaktionsphasen darstellen, wurde mit Hilfe exzerpierten Bewegungsereignisse der Videoaufzeichnungen untersucht. Zusammenfassend ergab die Auswertung, dass der Lernprozess bei Moodle, welcher hauptsächlich auf die Verarbeitung textueller Information basiert, in der Regel von minimalen Kopfbewegungen begleitet wurden. Die gemessene „Starre“ beim Leseprozess deutet auf kognitive Leistungen bzw. hohe Konzentration hin, dennoch wurden im Rahmen der Analyse Phasen identifiziert, welche tendenziell höhere Kopfbewegungen aufwiesen und somit Ruhezustände oder Ablenkungen andeuteten.

Ein überaus interessantes Resultat stellten jene Kopfbewegungen dar, welche Testpersonen bei einem Übergang zwischen verschiedenen Medientypen durchführten. Der

„Medienwechsel“, beispielsweise zwischen Bildelementen und Textpassagen, bewirkte deutlich messbare Positionsänderungen des Kopfes. Der Übergang von der Betrachtung einer Abbildung zum kontinuierlichen Leseprozess eines Textes beschränkt sich jedoch nicht nur auf Kopfbewegungen sondern rufen teilweise eine Änderung der Sitzposition herbei. Die Videodaten sowie der Blickpfad der Eye Tracking Aufnahmen zeigen deutlich auf, dass beim Übergang zwischen Medientypen eine Neu-Fokussierung der visuellen Aufmerksamkeit erfolgt. Die Kopfbewegungen sind hierbei aufgrund ihrer kurzen Dauer aber eher als eine Folge der Interaktionsbewegung anzusehen als eine kognitive Ruhephase.

Bei der Benutzung des Lernsystems Moodle wurden unmittelbar bei bzw. nach einem Kursseitenwechsel sowie kurzerhand nach Aufnahme des kontinuierlichen Leseprozesses signifikant vermehrte Positionsänderungen des Kopfes festgestellt. Aufgrund der Dauer der Bewegungen, welche durchaus mehrere Sekunden andauern konnten, wurden diese Phasen als Ruhezustände klassifiziert, welche als eine kognitive Verarbeitung der zuvor aufgenommenen Informationen aufgefasst werden. In weiterer Folge konnten auch innerhalb einer Kursseite bei entsprechend räumlich getrennten Unterkapiteln ähnlich lang andauernde Kopfbewegungen identifiziert werden, welche aufgrund des „Sprungs“ zwischen den Abschnitten eine zeitversetzte Verarbeitung bewirkten. Exemplarisch für eine Positionsänderung bei Unterkapiteln können die theoretischen „*Privacy-Modelle*“ genannt werden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass im Rahmen des Abschlussgesprächs einige registrierten Kopfbewegungen auf Ermüdung der Kopfhaltung sowie Desinteresse zurückgeführt werden konnten.

Einige Teilnehmer der Untersuchung wiesen bei der kognitiven Verarbeitung von numerischen bzw. symbolischen Aufzählungen deutlich erhöhte Positionsänderungen des Kopfes auf, als bei anderen „Unterbrechungen“ eines Fließtexts. Das Lesen von Auflistungen bedarf einer minimalen Neupositionierung der visuellen Aufmerksamkeit, wodurch die identifizierten Kopfbewegungen als eine Fokussierung auf neu zu interpretierende Darstellungsformen der Wissensinhalte zu verstehen sind.

Weiters traten Positionsänderungen des Kopfes trivialerweise bei großflächigen Explorationsblicken auf, wobei diese als eine Erkundung neuer Elemente sowie als Suche weiterführender Navigationselementen durchgeführt wurden. Diese Phasen identifizieren Interaktionsstadien und weisen nicht auf kognitive Ruhephasen hin. Des Weiteren konnten Kopfbewegungen erwartungsgemäß auch bei Texteingaben, wie etwa beim Login, sowie bei der Durchführung der Moodle-Abstimmung registriert werden.

In Hinblick auf die Auswertung der Kopfbewegungen ist anzumerken, dass genau die Hälfte der Testpersonen zeitweise den Kopf auf die Hand abstützten um diesen zu stabilisieren. Eine der Testpersonen stützte den Kopf nahezu während der gesamten Untersuchungsdauer ab, wodurch die zu messenden Kopfbewegungen signifikant minimiert wurden. Die soeben angesprochene Körperhaltung kann aus den Daten der Interviews mit unbequemer Sitzposition sowie mit dem in der Theorie beschriebenen Aspekt des erschwerten Lesens am Bildschirm begründet werden.

Abschließend zur Analyse der Videoaufzeichnungen kann jener Sachverhalt angeführt werden, dass Kopfbewegungen bei einigen Testteilnehmern teilweise mit Stirnrunzeln einhergingen, welche tendenziell auf besonders schwer zu entziffernde bzw. interpretierende Wörter des aktuellen Leseprozesses hinweisen. Exemplarisch konnten die Begriffe

„orwellischen“, „Totschlagargumenten“ sowie „innenministerlich“ als kompliziert bearbeitbar identifiziert werden.

## 9.2 Analyse der Moodle-Usability

Die Auswertung in Hinblick auf die Bedienfreundlichkeit des Systems Moodle wurde mit Hilfe der Teilnehmer-Bewertungen sowie der Nutzung der Navigationselemente bzw. Funktionseinheiten des Lernsystems durchgeführt. Gegen Ende dieses Kapitels werden jene Usability-Auffälligkeiten angeführt, welche aus den Erfahrungen der Abschlussgespräche resultieren.

Die Bewertung der Bedienfreundlichkeit des Moodle-Lernsystems (siehe Tabelle 10) wurde mittels des Dokuments B bei einer Skalierung von „1 – einfach zu bedienen“ bis „7 – ziemlich schwer zu bedienen“ erhoben. Das kumulierte Bewertungsergebnis beträgt „1,56“, wodurch Moodle als „einfach zu bedienendes System“ eingestuft wird. Die gemittelte Beurteilung stuft grundsätzlich als ein zum Arbeiten einladendes Interface ein, welches eine einfache Menüführung der Kursseitenelemente ermöglicht und aufgrund der webbasierten Struktur eine intuitive Bedienung besitzt.

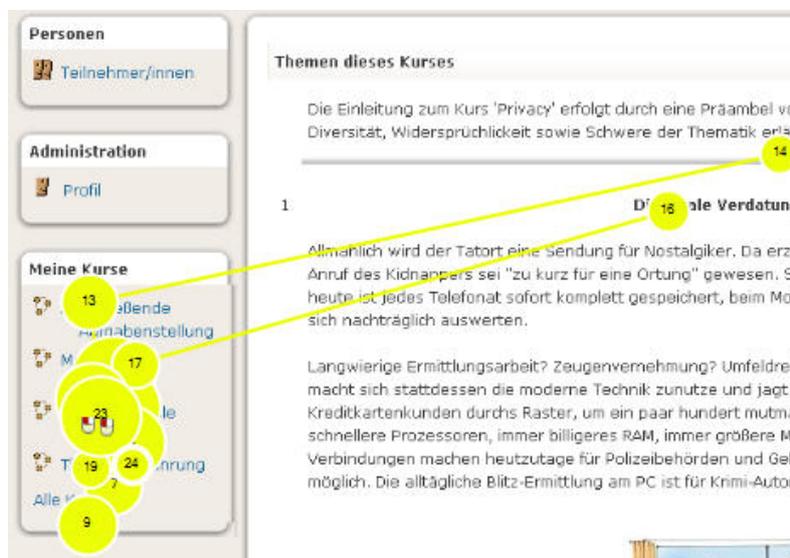
Testperson	Andreas	Brigitte	Christoph	Daniel	Emil	Günther	Linda	Michael	Michaela	Susanne
Gesamt-Bewertung	1,4	1,4	1	1,6	2,4	1,6	1,2	2,3	1,2	1,5
	<b>Durchschnitt: 1,56</b>									
Kommentar aus qualitativem Interview	einfach zu bedienen	teilweise schwer verständlich	keine Probleme	keine Probleme	noch kein gutes System	zum Arbeiten einladend	zum Arbeiten einladend	einfach zu bedienen	zum Arbeiten einladend	Optimal, aber häufiger Orientierungsblick

**Tab. 10.:** Die Tabelle führt die Ergebnisse der Teilnehmer-Bewertungen an, welche im Anschluss an die Eye Tracking Untersuchung mittels des Dokuments B erhoben wurden. Die quantitative Umfrage ergibt, dass Moodle von den Testpersonen als ein einfach zu bedienendes Lernsystem angesehen wird.

Die Ergebnisse der Bewertung zeigen eine überaus positive Moodle-Usability auf, dennoch widerspiegeln sie nicht die zeitenweise aufgetreten Schwierigkeiten, welche mit Hilfe der Eye Tracking Aufnahmen sowie der Abschlussgespräche identifiziert werden konnten.

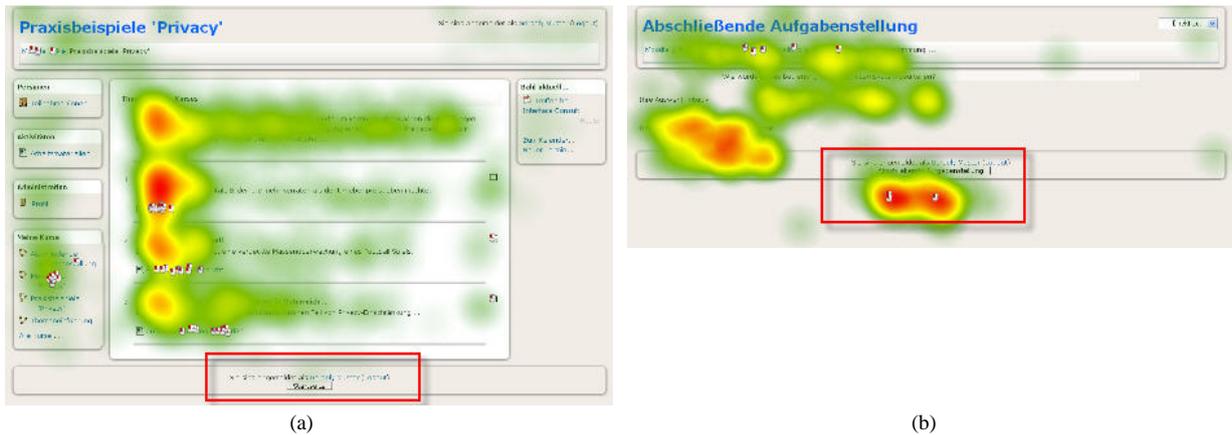
Die Eye Tracking Resultate sowie das abschließende Interview ergaben, dass der Block „Meine Kurse“, die Breadcrumb-Navigationsleiste sowie die „Zurück“-Schaltfläche des Browsers am häufigsten für die Navigation des Moodle-Systems benutzt wurden. Die bevorzugte Verwendung des Navigationsblocks „Meine Kurse“ wurde mit optimaler Position sowie idealer Größe begründet und weist in der Regel eine höhere Fixationshäufigkeit auf als andere Navigationselemente. Neben der Häufigkeit weist die Bedienungseinheit auch überaus intensive Fixationsdauer auf, ein Umstand welcher im Rahmen des Abschlussgesprächs von

den Testpersonen mit dem Aspekt der nicht-logischen Gruppierung der Kurs-Einträge begründet wurde. Die Reihenfolge der Kurse in diesem Moodle-Block stimmt nicht mit der Kurs-Auflistung der Hauptübersichtsseite überein (dargestellt in Abbildung 45), wodurch die Testpersonen bei der ersten Benutzung dieses Elements erst die Unterschiede zu deuten hatten.



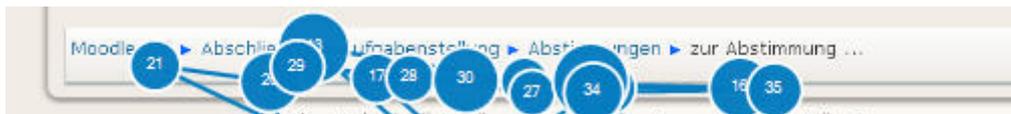
**Abb. 45.:** Die Reihenfolge der Kursverweise im Block „Meine Kurse“ stimmt nicht mit der Abfolge der Kursübersichtsseite überein, wodurch die Benutzer des Systems die Einträge erst zu deuten hatten ehe sie zum nächsten Lernelement navigieren konnten.

Im Rahmen der Eye Tracking Datenauswertung konnte weiters festgestellt werden, dass das Navigationselement zur nächsthöheren Ebene (in Abbildung 46 dargestellt), welches im unteren Bildschirmbereich positioniert ist, von den Testpersonen vollkommen übersehen wurde. Diese Schaltfläche wurde lediglich bei der Ergebnisseite der Abstimmung visuell erfasst, da diese dort aufgrund weniger Lerninhalte ins Zentrum der Bildschirmoberfläche rückte. Des Weiteren generierte diese Schaltfläche bei der ersten Fixation intensive Fixationsdauer, da die zu Grunde liegende Funktion der Schaltfläche schwer zu interpretieren war. Weiters erschwerend in Hinblick auf die Deutung der zugrunde liegenden Funktion erwies sich der Umstand, dass der Button auf jeder Kursseite eine andere Bezeichnung aufweist. Weiters auffallend war, dass die Betätigung der Schaltfläche von zahlreichen Testpersonen stets mit einer gewissen Verzögerung angegangen wurde.



**Abb. 46.:** Das Navigationselement zur nächsthöheren Ebene, welches sich im unteren Bildbereich befindet, führt den Benutzer beim Erreichen des Seitenendes zur übergeordneten Hierarchie-Ebene. Die Schaltfläche wird jedoch beim Lernprozess kaum visuell erfasst (a), da die Benutzer am Seitenende automatisch nach oben zum Seitenanfang scrollen. Wird jedoch das Navigationselement in der Bildschirmmitte platziert (b), generiert es hohe Fixationswerte aufgrund erschwerter Deutung der zugrunde liegenden Funktion.

Die Breadcrumb-Navigationsleiste wurde im Rahmen der Moodle-Benützung besonders oft verwendet und wurde von allen Testpersonen fixiert und angewählt. Die qualitativen Interviews zeigten auf, dass die immergleiche Position sowie die standardisierte Formatierung die Begründung für die bevorzugte Verwendung waren. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass dieses Element aufgrund der geringen Größe in der Regel erst nach dem Block „Meine Kurse“ visuell erfasst und verwendet wurde. Dieser Umstand war besonders bei der Versuchsperson Susanne zu sehen, die zunächst mit der Ebenen-Struktur der Navigationsleiste kognitiv überfordert war und besonders viele kurze Einzelfixationen für das Verstehen des Elements benötigte (dargestellt in Abbildung 47).

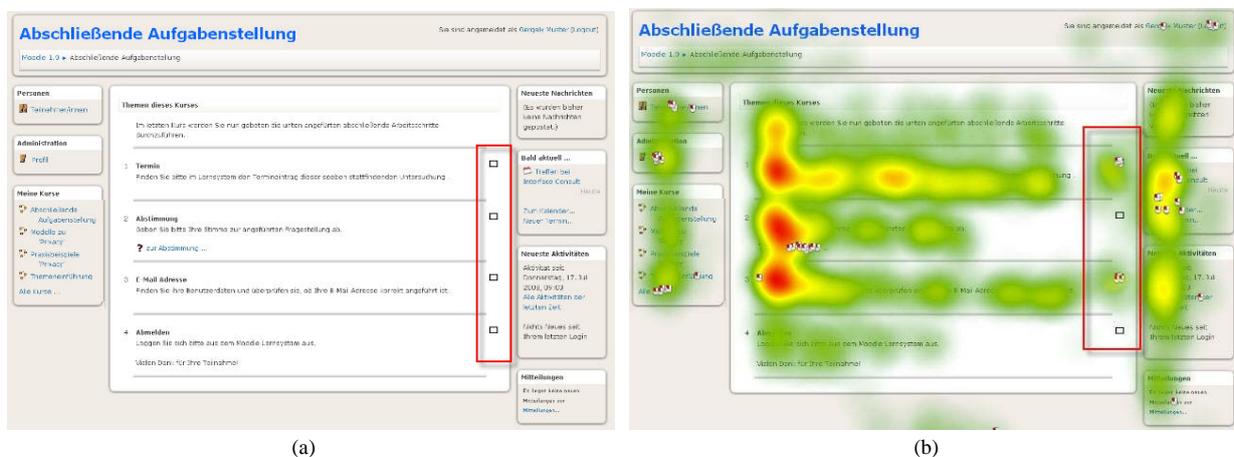


**Abb. 47.:** Mit Hilfe des Eye-Tracking Parameters „Blickpfad“ konnte identifiziert werden, dass die Testperson Susanne bei der Erstbenützung der Breadcrumb-Navigationsleiste kognitiv überfordert war und erst nach vielen kurzen Einzelfixationen die Funktionsweise des Elements erkannte.

Die Kursseite „Abschließende Aufgabenstellungen“ wurde implementiert um untersuchen zu können wie komplexe Moodle-Installationen visuell exploriert werden. Trotz der großen Menge an zusätzlichen Distraktoren (in Form von zusätzlichen Funktionsblöcken) zeigen die Blickpfade auf, dass die Studienteilnehmer im Allgemeinen effektiv zwischen relevanten und unwichtigen Interface-Elementen unterscheiden konnten. Funktionsblöcke wurden in der Regel korrekt antizipiert und die Aufgaben schnell und erfolgreich ausgeführt. Eine Ausnahme hierbei bildete lediglich die Aufgabenstellung zur Änderung der E-Mail-Adresse, welche gleich von vier Testpersonen (Daniel, Andreas, Linda und Susanne) nicht durchgeführt werden konnte. Die Begründung für die fehlende Umsetzung hatte jedoch verschiedene Gründe, welche zusätzlich zu den Eye Tracking Daten mit Hilfe der qualitativen

Interviews analysiert wurden. Zwei Testpersonen haben aufgrund mangelndes Vertrauen in das Test-System ihre persönliche Daten nicht angegeben, eine Versuchsperson hatte den für die Änderung notwendigen System-Reiter „*Profil bearbeiten*“ nicht gefunden und der letzte Teilnehmer hatte die im unteren Bereich der Kursseite positionierte Schaltfläche „*Profil aktualisieren*“ nicht betätigt, wodurch die gesetzte Änderung nicht gespeichert wurde. An dieser Stelle sei interessant zu erwähnen, dass jene Personen Probleme mit der E-Mailadressen-Änderung hatten, welche ihre Fähigkeiten beim Umgang mit dem Computer mit „Anwenderniveau“ angaben. Testpersonen, die eine hohe Computer-Kompetenz nannten konnten diese Aufgabenstellung ohne Probleme ausführen.

Ein Usability-Problembereich, welcher von jeder Testperson genannte wurde, betrifft das Bedienungselement für das Zusammenklappen der nicht betrachteten Segmente einer Kursseite (siehe Abbildung 48). Alle Studienteilnehmer antizipierten eine falsche Funktion dieser Schaltfläche, beispielsweise ein Öffnen der Lehrinhalte bzw. das Abhaken gelesener Lerneinheiten. Die zentrale bzw. auffällige Position sowie die schwer zu interpretierende Gestaltung des Bedienungselements generierte im Rahmen der Eye Tracking Studie hohe Fixationsdauer. Darüber hinaus sei vermerkt, dass während der Betrachtungsphase dieses User-Interface Elements keine Kopfbewegungen registriert wurden sondern deutliche Starre messbar war. Dieser Umstand kann auf eine überaus intensive Fokussierung der Aufmerksamkeit zurückgeführt werden, die dem Zweck dient die zugrunde liegende unklare Funktion deuten zu versuchen.



**Abb. 48.:** Die Funktionalität des Bedienungselements für das Zusammenklappen der Kursseiten-Segmente (a) wurde von allen Studienteilnehmer inkorrekt antizipiert. Die überaus starke Fokussierung auf das Interface-Element generierte außerdem auffällige Fixationswerte (b).

Abschließend werden nun unterschiedliche Usability-betreffende Bemerkungen der Benutzer angeführt, welche im Rahmen des Abschlussgesprächs als Einschränkung der Bedienung genannt wurden.

Obwohl die Oberfläche der Lernplattform Moodle laut Testpersonen die Elemente Titel, Lerninhalte, Verweise sowie Funktionseinheiten des Systems einheitlich unterscheidbar darstellt, wurde die Oberflächengestaltung zeitweise aufgrund der Funktionsblöcke als „überladen“ bezeichnet. Die anwendungsbezogene Skalierbarkeit des Systems, welche eine Ausblendmöglichkeit bzw. Minimierung der Blöcke vorsieht, wurde nur wenige Male

angesehen, jedoch nie betätigt. Die einmalige Verwendung des Lernsystems im Rahmen der Testsession veranlasste keinen Benutzer zu einer personalisierten Anpassung. Dieser Usability-Aspekt müsste aus diesem Grund mit wiederholenden Tests im Rahmen einer längerfristigen Studie untersucht werden.

Jene Kursseiten, die keine Funktionsblöcke auf der linken Interfacesseite enthalten, weisen bei der Auswertung des Eye Tracking-Parameters „Blickpfad“ deutlich höhere kurz-explorative Orientierungsfixationen auf. Dieser Umstand führte bei zwei Testpersonen zu einer temporären Konfusion bzw. Ratlosigkeit hinsichtlich der Navigation. Besonders die Ergebnisseite der Abstimmung sowie die Kalendereintragsseite wurden aufgrund der fehlenden „gewohnten“ Funktionselemente deutlich intensiver exploriert. Diese Beispiele zeigen auf, dass im Falle fehlender Kohärenz der Organisationform die Benutzer weniger zielorientierter agieren können.

### ***9.3 Studienergebnisse nach internalen sowie externalen Lernfaktoren***

Verschiedene Lernfaktoren, die unter Kapitel 3.2 bzw. 3.3 beschrieben sind, wurden bereits bei vorangegangenen Abschnitten der Studienergebnisse behandelt. An dieser Stelle werden nun weitere Resultate der Untersuchung angeführt, welche aufgeteilt nach internalen sowie externalen Gesichtspunkten erörtert werden.

Die Auswertung der Eye Tracking Daten in Hinblick auf Erfahrung bzw. Vorwissen zeigte auf, dass Testpersonen mit Kenntnisse über das System Moodle, die Bedienungskonzepte nicht neu erwerben mussten sondern bestehende Arbeitsweisen lediglich zu aktivieren hatten. Die Versuchspersonen, wie etwa Emil oder Günther, agierten sowohl mit Navigationselementen als auch Funktionsblöcken bereits kurz nach dem Untersuchungsbeginn zielorientiert. Hierbei erfolgte die Navigation direkter bzw. schneller zu tiefen Hierarchieebenen, wie etwa zu den Artikeln der Praxisbeispiele.

Die Studie zeigte aber weiters auf, dass das Lernsystem Moodle verhältnismäßig geringe Anforderungen hinsichtlich der Interaktionskompetenz benötigt, da auch andere Studienteilnehmer, die kaum theoretische bzw. praxisorientierte Erfahrung mit Moodle hatten, die Bedienung der Plattform schnell aneignen konnten.

Der Einfluss der akademischen Fähigkeiten wurde bereits im Zusammenhang mit der Komplexität (Analyse der zentralen Fragestellung 3) erörtert, an dieser Stelle sei ergänzt, dass dieser Einflussfaktor deutliche Auswirkungen auf die Motivation bzw. Interessensfelder hatte. Beispielsweise zeigten im Abschlussgespräch Michaela (Studentin der Rechtswissenschaften) gegenüber dem Artikel „SOS-Überwachung“, Emil sowie Günther (Informatikstudenten) gegenüber „Verräterische JPEGs“ als auch Andreas (Sportwissenschaften) gegenüber „Big Brother im Football“ hohes Interesse. Lerninhalte, welche den „kognitiven“ Vorlieben entgegenkamen wurden besonders fokussiert verarbeitet und die Meinungsbildung im Rahmen der qualitativen Interviews wurde deutlich erleichtert.

Dem Moodle-System zugrunde liegende konstruktivistische Lerntheorie wurde lediglich von einer Testperson direkt beanstandet. Im Abschlussgespräch offenbarte Michael, dass die „Durchleitung“ durch die Themeninhalte bei Moodle nicht gefördert wurde, wodurch das

System eine Suche nach relevanten Lerneinheiten voraussetzte. Darüber hinaus gab die Testperson an keinen kontinuierlichen Lernprozess gehabt zu haben, obwohl der Lernende in Hinblick auf die eigene Selbstlernkompetenz keine Bedenken äußerte. Als Begründung für diesen Sachverhalt kann behauptet werden, dass der konstruktivistische Lernansatz womöglich dem Lernverhalten von Michael nicht entgegenkommt.

Die Abarbeitung der Kursinhalte erfolgte bei der Mehrzahl der Testteilnehmer in hierarchischer Reihenfolge der Hyperlinks, wie sie auf der Kursübersichtseite aufgelistet wurden. Dennoch sei an dieser Stelle auf die große Varianz der Navigationsstrategien verwiesen, welche im Rahmen der Studie zeitenweise detektiert wurden, wie etwa Tendenzen zu systematischen, chaotischen sowie hierarchischen Vorgehensweisen. Die Eye Tracking Aufnahmen offenbarten darüber hinaus eine besondere Form des Benutzerverhaltens, welches als eine „vorsichtige“ Navigation bezeichnet werden kann. Testpersonen dieser Vorgehensweise führten den Mauszeiger zum Verweis des beabsichtigten nächsten Lernelements, aber bevor sie dieses anwählten, führten sie kurze explorative Fixationen der Gesamtseite durch um sicherzustellen, dass kein anderer Hyperlink geeigneter war. Dieses Bedienungsverhalten konnte lediglich bei Testpersonen mit geringen Computerkompetenzen identifiziert werden.

Die physiobiologische Faktoren, welche den Testpersonen vor der Untersuchung erfragt wurden, wirkten sich nicht messbar auf die Eye Tracking Studie aus. Beispielsweise wiesen die Dauer der Testsessions von Teilnehmern, die von Müdigkeit bzw. Zeitdruck „beeinträchtigt“ waren, keine Auffälligkeiten auf. Als Begründung hierfür können die Neuartigkeit der Untersuchungssituation sowie die Video-Aufnahme des Eye Tracking Geräts bzw. der Webcam genannt werden.

Eine Auffälligkeit zum externalen Lernfaktor „*Akzeptanz des Lernmediums*“ wurde im Zuge der qualitativen Analyse festgestellt. Zwei Teilnehmer gaben an den Computer als Lernmedium zu meiden, da dieser ihr Lernverhalten erschwerte bzw. als Lernsituation nicht entgegenkommt. In Folge dessen wiesen diese Benutzer die kürzesten Untersuchungsdauer auf, wobei sich die knappe Testphase nicht negativ auf die Genauigkeit des Lernprozesses bzw. Intensität der Auseinandersetzung auswirkte.

Die räumlichen Gegebenheiten der Untersuchung beeinflussten die User-Tests zweier Studienteilnehmern, die aufgrund der unbequemen Sitzposition sowie des zu hellen Bildschirms mit einer erschwerten Lernumwelt konfrontiert waren. Der Lernprozess war demgehend beeinträchtigt, dass beispielsweise Christoph Textpassagen übersprungen musste oder Günther sich überaus stark anstrengte um sich auf Lerninhalte konzentrieren zu können. Wie bereits erwähnt, resultierte die letztgenannte Gegebenheit eine äußerst unruhige Körper- bzw. Kopfhaltung sowie eine erschwerte Konzentrationsfähigkeit in Bezug zu den Lernmaterialien.

Abschließend sei erwähnt, dass hinsichtlich des Lehrkörpers bei allen User-Tests keine Notwendigkeit bestand inhaltliche sowie administrative Fragen zu beantworten, da sowohl die Themeninhalte als auch die praxisorientierten Aufgabenstellungen zureichend klar formuliert wurden.

## 9.4 Auswertung der ‚Wiedergegebenen Inhalte‘

Die mittels des Dokuments WI erhobenen Inhaltsaspekte wurden für die Untersuchung der Fixationsauffälligkeiten herangezogen. Die wichtigste Erkenntnis der ‚wiedergegebenen Inhalte‘ ist, dass sie stets auf die individuell unterschiedlichen Interessensregione hinweisen und in weiterer Folge häufig mit persönlichen Fixationscharakteristika zusammenfallen.

Des Weiteren ergab die Analyse der Daten, dass die Reihenfolge der bei der Erfragung genannten Elemente nicht mit den ersten Fixationen der Moodle Testumgebung einhergehen. Die Reihenfolge der wiedergegebenen Inhalte repräsentiert vielmehr die kognitive Gewichtung aufgenommener Wissens Elemente, wobei keine absolute Korrelation mit der Abfolge der Fixationen gefunden wurde. Tendenziell konnte jedoch die Auswirkung des Primär- bzw. Rezenzeffekts in Zusammenhang mit speziellem Detailwissen festgestellt werden. Auffallend bei der Analyse des Antwortbereichs „Praxisbeispiele“ war, dass die reflektierten Detailspekte sich in verstärktem Maße am Anfang bzw. gegen Ende eines Artikels befinden (siehe Tabelle 11).

Teilnehmer	Spezielles Einzeldetail	Position im Artikel	Effekt
Brigitte	Ergebnis der SOS-Petition	letzte Zeile (SOS)	Rezenzeffekt
Christoph	Prozent schädlicher Thumbnails (0,0001 %)	Textmitte (JPEG)	keiner
Emil	Kritik der Bürgerrechtler	letzter Absatz (Big-Brother)	Rezenzeffekt
	Besucher bei SuperBowl („75000“)	erste Zeile (Big-Brother)	Primäreffekt
	Name des Sicherheitssprechers („Pilz“)	letzter Absatz (SOS)	Rezenzeffekt
	Verweis auf Autor („Fleissner“)	letzte Zeile (SOS)	Rezenzeffekt
Günther	EXIF-Daten	Textmitte (JPEG)	keiner
Linda	Datum der Novelle („März 2008“)	vorletzte Zeile (SOS)	Rezenzeffekt
Michael	Name der Nationalratspräsidentin („Platter“)	letzter Absatz (SOS)	Rezenzeffekt
Susanne	unkenntlich gemachte Fotos	erste Zeile (JPEG)	Primäreffekt
	Zweck Überwachung („für Ernstfall geübt“)	Textmitte (Big-Brother)	keiner
	Zusammenarbeit TU Wien	letzter Absatz (SOS)	Rezenzeffekt
	Ergebnis der SOS-Petition	letzte Zeile (SOS)	Rezenzeffekt

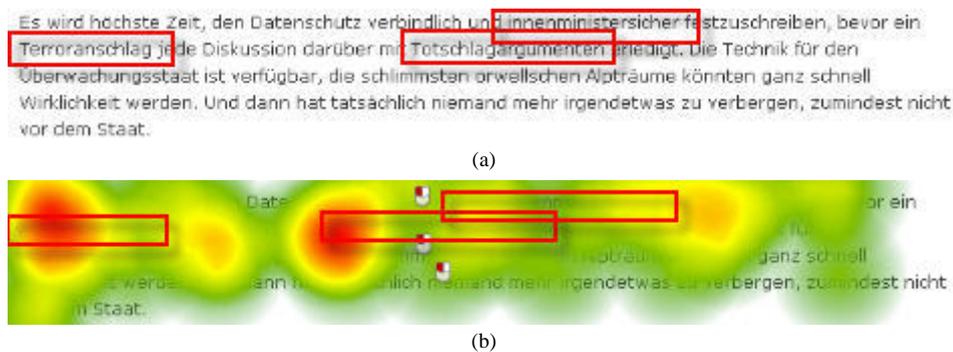
**Tab. 11.:** Wiedergegebenes Spezial-Detailwissen zum Themenbereich „Praxisbeispiele“ befindet sich gehäuft zu Beginn bzw. gegen Ende des Lerninhalts. Der Primär- bzw. Rezenzeffekt spielt somit auch beim Lernprozess mit Moodle eine Rolle.

Weitere auffallend im Gedächtnis gebliebenen Aspekte werden nun getrennt nach den drei Untersuchungskategorien des Dokuments WI, namentlich „Themeneinführung“, „Privacy-Modelle“ sowie „Praxisbeispiele“, behandelt.

Der erste Antwortbereich des Befragungsbogens „Themeneinführung“ beinhaltet im Allgemeinen kaum Details, da die meisten Studienteilnehmer lediglich auf den Aspekt der „allgemeinen Einführung“ sowie das Vorliegen einer grafischen Abbildung verwiesen. Die

„mangelnde“ Merkleistung kann auf den stark allgemein bzw. einleitenden Charakter des Textes zurückgeführt werden.

Auffallend im Rahmen der ‚wiedergegebenen Inhalte‘ sei jedoch zu erwähnen, dass Michael ungewohnt komplexe Begriffe, wie etwa „*innenministersicher*“ sowie „*bevor Totschlagargument durch Terroranschlag*“, reflektierte. Der Heat Map von Michael zu dieser Kursseite (dargestellt in Abbildung 49) zeigt überaus lange Fixationsdauer bei den genannten Begriffen, ein Umstand, welcher auf intensive Aufmerksamkeit schließen lässt.



**Abb. 49.:** Jene Begriffe, welche im Rahmen der ‚Wiedergegebenen Inhalte‘ genannt wurden (a) gehen stets mit auffälligen Fixationsmustern der Heat Maps einher (b). Exemplarisch dargestellt werden die von Michael angeführten Begriffe „*innenministerlich*“, „*Terroranschlag*“ sowie „*Totschlagargument*“.

Weiters bemerkenswert war, dass Linda in Hinblick auf die „*Themeneinführung*“ lediglich den Verweis „Inhalt von Uni-Prof“ anführte. Dieser Vermerk ist inkorrekt, da diesbezüglich im Rahmen des Lernelements keine Information angeführt wurde. Die Aussage der Testperson wird in Folge dessen als Hinweis für überaus hohe Komplexität gedeutet.

In Hinblick auf den Themenbereich „*Modelle zu Privacy*“ wurden deutlich mehr Inhaltsaspekte wiedergegeben. Alle Teilnehmer verwiesen auf den Sachverhalt, dass der Themenblock drei Modelle präsentierte, es konnten jedoch lediglich vier Studienteilnehmer die Modellbezeichnungen vollständig nennen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass drei von diesen vier Versuchspersonen ein hohes Involvement gegenüber dem Themengebiet besaßen. Die wiedergegebenen Inhalte bestätigen somit, dass ausgeprägtes Interesse sich fördernd auf kognitive Verarbeitungsprozesse auswirkte.

Darüber hinaus wurde die graphische Darstellung des Sphärenmodells verhältnismäßig häufig erwähnt, sowie in einigen Fällen gar nachgezeichnet. Besondere Relevanz wurde bei der Nachzeichnung den Überschneidungsbereichen der Sphären gewidmet, die als Indikator für intensive Aufmerksamkeit bzw. kognitive Informationsextraktion betrachtet werden kann. Weiters kann dieser Umstand als Indiz für den immanenten Stellenwert von informativen Abbildungen angesehen werden.

Der Antwortbereich zu den „*Praxisbeispiele*“ beinhaltete bei allen Testpersonen die meisten wiedergegebenen Einträge, woraus abzuleiten ist, dass die Inhalte dieser Kursseiten am ehesten zum Gedächtnis der Studienteilnehmern vorgedrungen sind. Jede Versuchsperson nannte Themenaspekte zum „*Big Brother*“-Artikel, neun von zehn Testpersonen erwähnten

auffällige Gesichtspunkte zum Lernelement „*SOS-Überwachung*“, hingegen lediglich vier Lernende auf die Textstelle „*Verräterische JPEGs*“ verwiesen. Bemerkenswert an diesen ‚wiedergegebenen Inhalten‘ war, dass viele Studienteilnehmer zahlreiche Details sowie Informationen aus tiefen Ebenen reflektierten, wie etwa aus dem „*Big-Brother*“-Artikel die Anzahl der Übereinstimmungen mit der Verbrecherkartei („19“), die verdeckte Überwachung der Football-Besucher, von der Kursseite „*SOS*“-*Überwachung*“ den Namen der politischen Partei, welche die Initiative organisierte, sowie die ohne parlamentarischen Beschluss bestimmte Polizeigesetze. Die wiedergegebenen Einzelheiten sind weder Fragmente übergreifender Erkenntnisse noch Erfahrungen des Allgemeinwissen sondern stellen gesonderte Spezialdetails der Praxisbeispiele aus den Moodle-Kursartikeln dar. Die soeben angeführten Details (ausgenommen dem Aspekt der verdeckten Überwachung) weisen jedoch gegen der Erwartung keine besonderen Fixationswerte auf obwohl sie auf besondere visuelle Aufmerksamkeit hindeuten.

Wie bereits bei der Auswertung zu den „*Privacy-Modellen*“ beschrieben, verwiesen die Hälfte aller Studienteilnehmern explizit auf die Abbildung der „Gesichtserkennung“. Aufgrund der hohen Zeigefunktion bzw. dem Bedarf an Interpretation blieb die grafische Darstellung im Gedächtnis der Testpersonen verankert.

## 10. Diskussion bzw. Zusammenfassung der Studienergebnisse

Dieser Abschnitt dient der Diskussion bzw. Interpretation wesentlicher Studienergebnisse, welche im vorangegangenen Kapitel ausgewertet wurden. Die zentralen Ergebnisse werden stets in Bezug zum Benutzer- bzw. Lernverhalten bei Moodle behandelt.

### 1. *Benutzer-Verhalten beim Kursseiten-Einstieg:*

Initiale Blicke auf die Kursseiten des Systems Moodle dienen tendenziell einer „Bestandsaufnahme“ der informativen Elemente. Die Größe der fixierten Textblöcke ermöglicht die Umfangsabschätzung des Lernmaterials, Überschriften ermöglichen die rasche Erfassung des Themengebiets sowie die Betrachtung von Bildern mit hohem Detailgrad gestattet eine erste Konfrontation mit den Inhalten selbst.

Navigationselemente (des oberen bzw. linken Bildschirmbereichs) werden erst vor dem Verlassen der Kursseite bewusst gesucht und somit auch fixiert. Elemente der rechten Bildschirmseite werden im Vergleich jedoch signifikant weniger von den Augen erfasst. Die Eye Tracking Daten besagen demnach, dass bei der Entwicklung bzw. Erstellung von Kursseiten einer Moodle Instanz stets die rechtsläufige Leserichtung beachtet werden sollte.

### 2. *Hoher Stellenwert informativer Graphiken:*

Die Eye Tracking Untersuchung zeigte deutlich auf, dass Bilder, besonders jene mit hoher Zeigefunktion, die initiale visuelle Exploration einer Kursseite und somit das „Scannen“ explizit beeinflusst. Graphiken mit hoher Informationsdichte lenken stark die Aufmerksamkeit auf sich. Daher sollten Bilder im Rahmen einer Lernumgebung bedacht eingesetzt werden, da diese Interfacelemente bereits in einem sehr frühen Stadium der Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial einen ersten Eindruck vermitteln und somit auf die Erwartung sowie die Haltung des Lerners gegenüber dem Lernstoff erheblich einwirken.

Die erhobenen Interview-Daten der Studie zeigen des Weiteren auf, dass Abbildungen mit niedrigem Informationsgehalt in der Regel oberflächlich verarbeitet werden und „als bloßes Beiwerk“ eingestuft werden. An dieser Stelle sei zu erwähnen, dass in Zusammenhang mit der konstruktivistischen Lerntheorie das Anführen von auffallend-informativen bzw. stark strukturierten (und somit zu interpretierenden) Bildern den Lernprozess intensiviert. Dies konnte besonders im Rahmen der Interviews festgestellt werden, wobei in der Regel jene Bilder genannt wurden, welche innerhalb der Moodle-Kursseiten länger zu interpretieren waren.

### 3. *Texte sind „Träger der Wissensinhalte“:*

Die Studienresultate belegen die Aussage von Kain [Kai07], wonach textuelle Informationsträger während eines Lernprozesses intensiver verarbeitet werden als visuelle Lernmaterialien. Im Rahmen der Untersuchung wiesen Textblöcke, welche stets in Größenrelation betrachtet wurden, durchschnittlich zweifache

Verarbeitungsintensitäten auf als Abbildungen. Dieser Sachverhalt kann mit einer höheren zugesprochenen Bedeutung des Medienelements „Text“ begründet werden. Demnach vermitteln textuelle Informationen „gebündeltes“ sowie „schwer zu extrahierendes“ Wissen, wodurch eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lernmedium vorausgesetzt wird, welches wiederum den Wissenserwerb begünstigt. Abschließend sei angeführt, dass das Lernsystem Moodle stark auf den textuellen Medientyp basiert, wodurch Tendenzen in Hinblick auf eine Text-Lastigkeit des E-Learning Prozesses zu erkennen sind.

4. *Komplexität generiert auffällige Fixationsmuster:*

Das Studienergebnis in Zusammenhang mit dem Einflussfaktor „Komplexität“ ergab, dass die kognitiv schwerfällige Deutung einer komplexen Lerneinheit sich mit besonders auffälligen Fixationsmustern manifestiert. Analysedaten zeigen auf, dass Fixationen komplexer Lerninhalte nach merklich verschiedenen Mustern sowohl hinsichtlich Dichte, Verteilung als auch Dauer erfolgen. Darüber hinaus wurde die anstrengende Informationsextraktion auch am Parameter der Lesegeschwindigkeit identifiziert, welche bei komplexen Lerninhalten abgenommen hatte.

5. *Hohe Varianz unter den Studienteilnehmern:*

Die hohe Varianz unter den Benutzern war selbst bei lediglich zehn Studienteilnehmern deutlich erkennbar. Die Verschiedenartigkeit der Vorgehensweisen beim E-Learning machte sich besonders beim Eye Tracking Parameter „Blickpfad“ bemerkbar, welcher grundsätzlich für die sequentielle Aufzeichnung der Augenbewegungen verwendet wurde. Mit Hilfe der „Gaze Plot“-Auswertungen wurden markant unterschiedliche Navigations- bzw. Betrachtungsstrategien festgestellt, welche lediglich zeitenweise auftretende allgemeine Tendenzen der Teilnehmer-Vorgehensweise ableiten lässt. Die Varianz wurde auch bei den qualitativen Interviews bestätigt, wobei unterschiedliche Begründungen für Explorationsentscheidungen ermittelt wurden.

6. *Moodle als „pragmatisches“ Lernsystem:*

Das Benutzer-Verhalten beim computerunterstütztem Lernen wird sowohl von pragmatischen als auch hedonischen Größen beeinflusst. Die Untersuchung in Hinblick auf diese Faktoren ergab, dass beim Lernsystem Moodle bevorzugt die Bedienbarkeit des Systems („pragmatische Qualität“) im Vordergrund stand, welcher mit aufgabenorientierter Seriosität, „Farblosigkeit“, sowie Schlichtheit der Programmoberfläche begründet wurde. Beim letztgenannten Aspekt sollte jedoch ergänzt werden, dass zahlreiche Studienteilnehmern die Schlichtheit als „überaus positiv“ betrachteten, da hierdurch die Konzentration auf die Lerninhalte bzw. -Prozess begünstigt wurde.

Die qualitative Befragung zeigte aber auch auf, dass durchaus eine Auswirkung der hedonische Einflussgröße beim Umgang mit dem Lernsystem Moodle beobachtet werden konnte. Die Kommunikationswerkzeuge von MOOLDE wurden vermehrt nach „hedonischer“ Art und Weise angewendet. Exemplarisch sei angeführt, dass drei

Studienteilnehmer persönliche Mitteilungen mit Moodle gesendet hatten, obwohl dies nicht in der Aufgabenstellung vorgesehen war. Die Studie der Diplomarbeit verdeutlichte somit, dass für einen effektiven Lernprozess neben pragmatischen Faktoren durchaus hedonische Aspekte (besonders bei Kooperations- bzw. Kommunikationstools der E-Learning Applikationen) zu beachten sind.

7. *Unbewusste Aufmerksamkeitssteuerung mittels Wahrnehmungsfaktoren:*

Die Eye Tracking Ergebnisse offenbaren eine auffallende Strukturierung des Explorations- sowie Lernprozesses, welche auf die in der Studie behandelten Wahrnehmungsfaktoren zurückzuführen sind. Usability-Entscheidungen, Anordnungen nach den „Gestalt Gesetzen“ bzw. „präattentiven Faktoren“ haben signifikante Auswirkung auf die Exploration und somit auf die Auswahl der betrachteten Lernelemente. Dieser Umstand ist bei Moodle besonders entscheidend, da hierbei die visuelle Aufmerksamkeit die „konstruktivistische“ Auswahl der Lernentitäten und somit in weiterer Folge den Lernerfolg mitentscheidet. In Zusammenhang mit dieser Erkenntnis empfiehlt es sich wesentliche Wissensinhalte im Rahmen konstruktivistischer Lernplattformen mittels wahrnehmungsstrukturierenden Gestaltaspekte, wie etwa Umrandung, Nummerierung, Aufzählung, Farbtonunterschied sowie Positionierung, zu betonen.

8. *Berücksichtigung von internalen bzw. externalen Lernfaktoren:*

Die Studienergebnisse der Diplomarbeit betonten des Weiteren die Wichtigkeit der unter dem Kapitel 3.2 bzw. 3.3 definierten Lernfaktoren, welche einen wesentlichen Effekt auf den Lernprozess und somit auf das Benutzer-Verhalten haben. Im Rahmen der Untersuchung wurden Auswirkungen aufgrund unterschiedlichem Vorwissen bzw. Interesse, verschiedenem Medienakzeptanz, nicht optimal konfigurierter Lernumgebung, Kopfstützen aufgrund unbequemer Sitzposition bzw. anstrengendes Lesen vom Computerbildschirm identifiziert. Den soeben aufgezählten Einflussfaktoren sollten beim E-Learning trotz der räumlichen Trennung zwischen Lehrkörper und Lernende, Beachtung geschenkt werden, da sie durchaus die Aufnahmefähigkeit bzw. Lernleistung der Benutzer tangieren.

## Conclusio

Im Rahmen der zweiten Diplomarbeits-Phase konnten anhand der zentralen Fragestellungen sowie der Auswertung in Hinblick auf Usability, internale / externale Lernfaktoren sowie ‚Wiedergegebene Inhalte‘ wertvolle Aussagen zum Benutzer-Verhalten beim E-Learning abgeleitet werden. Zusammenfassend kann angeführt werden, dass der Lernprozess beim Lernsystem Moodle stark individuell abläuft, da jede Testperson eine persönliche Explorations- bzw. Navigationsstrategie anwenden. Dennoch konnte anhand der Eye Tracking Daten die Tendenz zur systematischen Abarbeitung im Sinne der Auflistung der Hauptübersichtsseite festgestellt werden. Weiters konnte der hohe Stellenwert von informativen Grafiken erforscht werden, welche zusätzlich auch als stark visuell ablenkende Lernelemente identifiziert werden konnten. Die Ergebnisse der Untersuchung deuten darauf hin, dass der allgemein verbreitete Irrglaube, wobei visuelle Einheiten bevorzugt als Informationsquellen angesehen werden, womöglich nicht mehr gültig ist, da sich textuelle Lerninhalte als hauptsächliche „Träger des Wissens“ erwiesen. Darüber hinaus wurde erarbeitet, dass beim Lernsystem Moodle die ersten Fixationen zunächst Textbereiche gefolgt von Überschriften, Grafiken und anschließend Navigationselementen visuell erfassen bzw. dass Lernelemente, die anhand der Wahrnehmungsfaktoren gestaltet wurden, signifikante visuelle Aufmerksamkeitssteuerung bewirken. Abschließend sei angeführt, dass Benutzer vielmehr die „pragmatische“ als die „hedonische“ Qualität von Moodle schätzen, sowie inhaltliche Komplexität auffallende Fixationswerte beim Lernprozess generiert.

Die aus der Studie der Diplomarbeit gewonnenen Erkenntnisse des Benutzer-Verhaltens könnten für die Verbesserung der „Monitoring Systeme“, welche unter dem Abschnitt „Stand der Forschung bzw. Technik“ angeführt wurden, verwendet werden. Die im Rahmen der Studie erkannten Fixationsmuster in Hinblick auf Verteilung, Dauer sowie Intensität können für die Entscheidungskriterien der Zustandsbestimmung herangezogen werden, um die Funktionsweise der Entwicklungen zu verfeinern. Als Schwierigkeit bei der Umsetzung der Studienergebnisse könnte sich die parametrisierte Trennung der einzelnen definierten Einflussgrößen angeführt werden.

Die erhaltenen Aussagen zum Benutzer-Verhalten könnten jedoch auch in einem „Richtlinien-Katalog“ für E-Learning zusammengefasst werden, welche den Lernprozess beim Umgang mit Moodle beschreiben. In Folge dieses Evaluationskatalogs wären Lehrende in der Lage bei gezielter Anwendung der Empfehlungen das Unterrichten mit Moodle zu erleichtern, sowie eine Qualitätsverbesserung der online-Lehre bzw. der Merkleistung der Teilnehmer zu bewirken.

Abschließend sei noch auf die Analyse der Moodle-Usability verwiesen, welche für die Verbesserung des LCMS-Systems herangezogen werden kann, um sowohl die Bedienung der Navigationselemente als auch die Exploration der Oberflächengestaltung zu optimieren. Zahlreiche Änderungen an Strukturelementen in Hinblick auf internale bzw. externale Lernfaktoren würden weiters die Hemmschwelle zum E-Learning senken.

## Danksagung

In diesem Abschnitt möchte ich mich herzlich bei allen bedanken, die mich bei dieser Diplomarbeit tatkräftig unterstützt haben.

Im Besonderen gilt dies für meine Betreuerin *Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl*, die sowohl durch kompetente fachliche Unterstützung als auch durch immerwährende organisatorische Hilfestellung das Verfassen der Arbeit erst ermöglichte.

Ein großer Dank gilt auch allen Mitarbeitern des Wiener Unternehmens *Interface Consult GmbH*, allen voran Geschäftsführerin *Dr. Martina Manhartsberger* sowie Geschäftsführer *Mag. Norbert Zellhofer* für das zur Verfügung-Stellen des Eye Tracking Geräts sowie der Räumlichkeiten, welche für die Durchführung der praktischen Untersuchung verwendet wurden.

Weiters gilt mein Dank dem *E-Learning Zentrum* der Technischen Universität Wien, insbesondere *Dr. Franz Reichl* sowie *Dipl.-Ing. Andreas Hruska* für die Bereitstellung eines Moodle-Webservers sowie anderer benötigten Hardwarekomponenten.

Ebenso möchte ich mich auch bei *Dr. Tim Brown* sowie *Dr. David Windridge* für die Weiterführung der fachlichen Betreuung während meines Erasmus-Auslandssemesters an der University of Surrey (Großbritannien) im Wintersemester 2008 bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders herzlich bei meinen Eltern *Veronika* und *János* bedanken, die mir mein Studium erst ermöglichten sowie mir mit lebensweisendem Rat und Tat jederzeit zur Seite standen. In gleicher Weise gilt ein großer Dank auch an *Barbara Braun*, die mich während meines zeitintensiven Studiums stets unterstützte und mich zu neuen Aufgaben motivierte.

Abschließend möchte ich mich bei allen Professoren, Teilnehmern meiner Untersuchung, sowie bei meinen Studienkollegen *Georg Gerstweiler* und *Emanuel Vonach* bedanken, die meine Studienzeit zu einem unvergesslichen Lebensabschnitt gemacht haben.

## **Anhang A**

---

Anhang A umfasst alle Dokumente, welche im Rahmen der Diplomarbeitsstudie bei den qualitativen Interviews verwendet wurden. Die Reihenfolge der angeführten Unterlagen basiert auf dem Ablauf der Untersuchung.

## Vorbefragung

---

<b>Demografische Daten</b>	Tag, Uhrzeit:	
	Name: (ev. Pseudonym)	
	Alter:	
	Geschlecht:	
	Studienrichtung: (Anzahl Semester)	
<b>Lernfaktoren</b>	Lernmotivation: (leicht vs. schwer zu motivieren)	
	Freude am Studieren: (wenig bzw. stark)	
	Häufigste Lernmedien/-Situations: (Buch, Web, Vortrag, Diskussion, Übung)	Theorie:  Praxis:
	Unterstützung durch Lehrkörper: (zwingend benötigt, störend, für Fragen)	
<b>PC Nutzung</b>	Fähigkeiten beim Umgang: (Anfänger-, Anwender-, Entwicklerniveau)	
	Intensität: (täglich mehrmals, täglich, gelegentlich, ...)	
	Nutzungsverhalten: (Studium, Freizeit, Arbeit)	
	Internetbenutzung: (eher Freizeit /Studium)	
	Bevorzugter Web-Browser:	

**Abb. 50.:** Die erste Seite der Unterlage VB, die fürs teilstandardisierte qual. Interview benötigt wurde.

<b>Physische Faktoren</b>	Tagesverfassung: (Müdigkeit, Stress, bevorstehende Aufgaben)	
	Zeitdruck:	
<b>Erfahrung mit E-Learning</b>	Kennen Sie Moodle? (Wenn ja, welche Erfahrung ... )	
	Erfahrung mit anderen E-Learning Systemen:	
Sonstige Anmerkungen:		

**Unterlage VB**

**Abb. 51.:** Die zweite Seite der Unterlage VB, die fürs teilstandardisierte qual. Interview verwendet wurde.

## Wiedergegebene Inhalte

---

Bitte notieren Sie sich kurz in Stichworten für jeden Kurs die von Ihnen gemerkten Inhalte in der Reihenfolge des Einfallens. Diese können sowohl spannende, interessante bzw. überraschende als auch gehaltlose oder widersprüchliche Themenaspekte sein.

Es müssen nicht alle Felder ausgefüllt sein!

**Kurs 1: „Themeneinführung“**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

**Kurs 2: „Modelle zu Privacy“**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

**Kurs 2: „Modelle zu Privacy“**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

**Kurs 3: „Praxisbeispiele zu Privacy“**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

**Unterlage WI**

**Abb. 52.:** Die Unterlage WI, welche für die Erhebung der ‚Wiedergegebenen Inhalte‘ gebraucht wurde.

## Abschlussgespräch

---

→ Zuerst: Notizen für Reihenfolge der Erinnerungen → **Unterlage N**

<b>Behandelte Themen</b>	Welche Themen waren interessant? (welche weniger?)	
	Haben Sie alle Texte gelesen? (Bereiche überflogen?)	
	Verständlichkeit (sowohl des Textes als auch der Bilder)	
	Leseschwierigkeit, Komplexität	
<b>Involvement in ‚Privacy‘</b>	Interesse für ‚Privacy‘? (Zeitungsartikel gelesen, Bist du vorsichtig?)	
	Welche persönliche Daten würden sie auf ihrer eigenen Homepage angeben? (Abfragen - Vertrauen in die Technik bzw. individuelle Wichtigkeit von Privatsphäre)	
	Ihre Meinung zu Überwachung? Haben sie von „SOS-Überwachung“ gehört?	

→ Abschließend: Bewertung der Elemente von Moodle → **Unterlage S**

Unterlage AG

**Abb. 53.:** Die Unterlage AG, die für das abschließende Leitfadengespräch benötigt wurde.

## Bewertung des Lernsystems MOODLE

---

1. Verständlichkeit, Bedienfreundlichkeit, Intuitivität der Navigationselemente:

	Einfach zu bedienen ←		→	Ziemlich schwer zu bedienen
Login				
Kursübersicht				
Kalender				
Abstimmung				
Profil				
Arbeitsmaterialien				
Logout				
Gesamteindruck				

Notizen

2. Wo kann man im Lernsystem zum vorherigen Element zurückkehren? Wie sind Sie vorgegangen?

3. Wussten Sie stets wo sie sich im Lernsystem befinden? (Hyperlinkbasiertheit)

**Abb. 54.:** Die erste Seite des Dokuments B, welche für die Bewertung von Moodle verwendet wurde.



## **Anhang B**

---

Anhang B führt alle Moodle Kursseiten an, die bei der Studie verwendet wurden. Den Abbildungen werden die entsprechenden Fixationsintensitäten der Blickregistrierung gegenübergestellt. Die Interpretation sowie Diskussion der Eye Tracking Daten erfolgt unter den Abschnitten 9 bzw. 10.



Abb.56.: Die Login-Seite der Lernumgebung sowie ihre Eye Tracking Fixations-Ergebnisse.

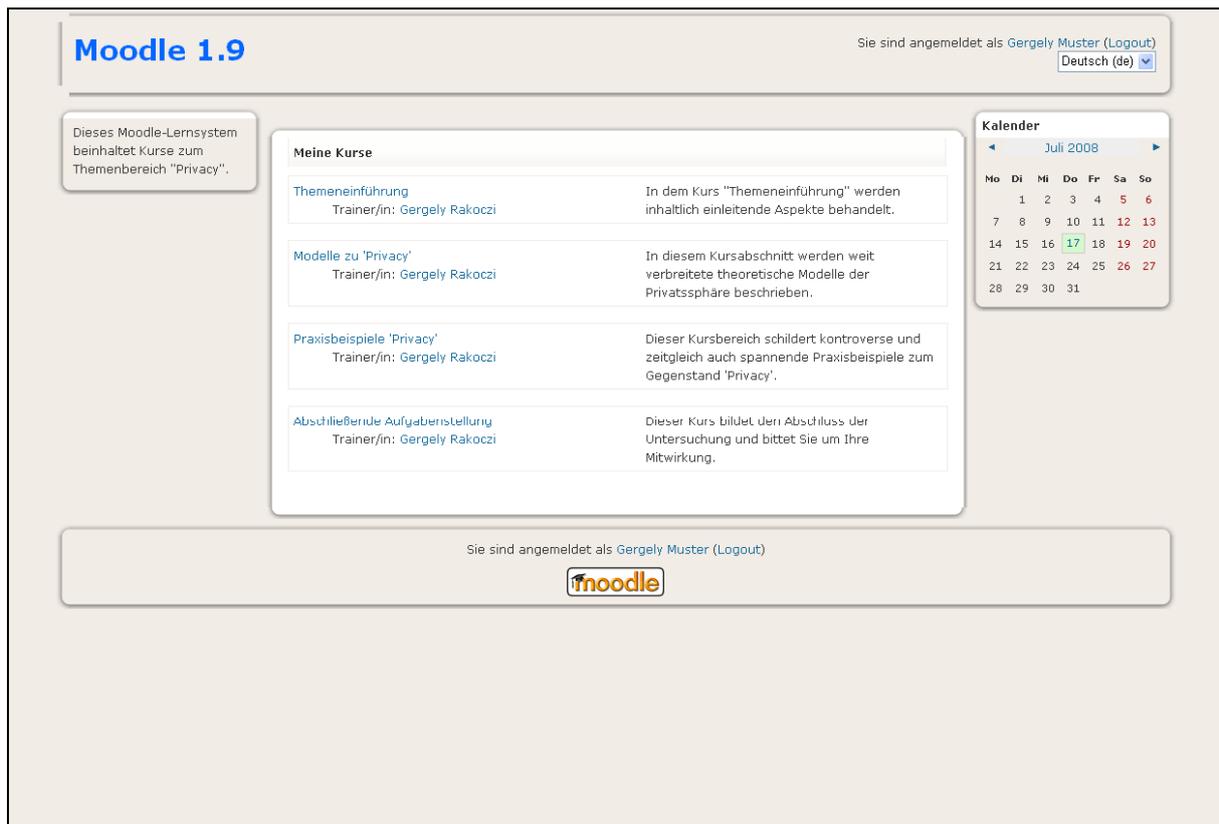


Abb. 57.: Die Kursübersichtsseite der Lernplattform Moodle samt Fixationsresultaten.

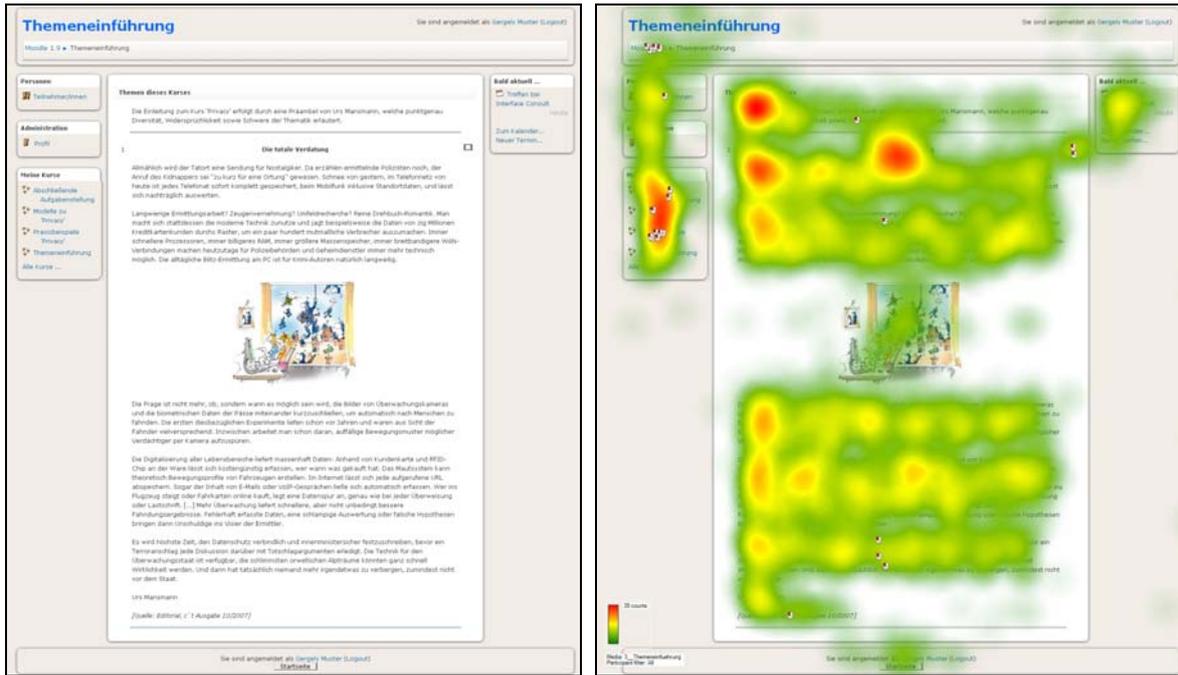


Abb. 58.: Die „Themeneinführung“ von Moodle und ihre gemessenen Fixationsintensitäten.

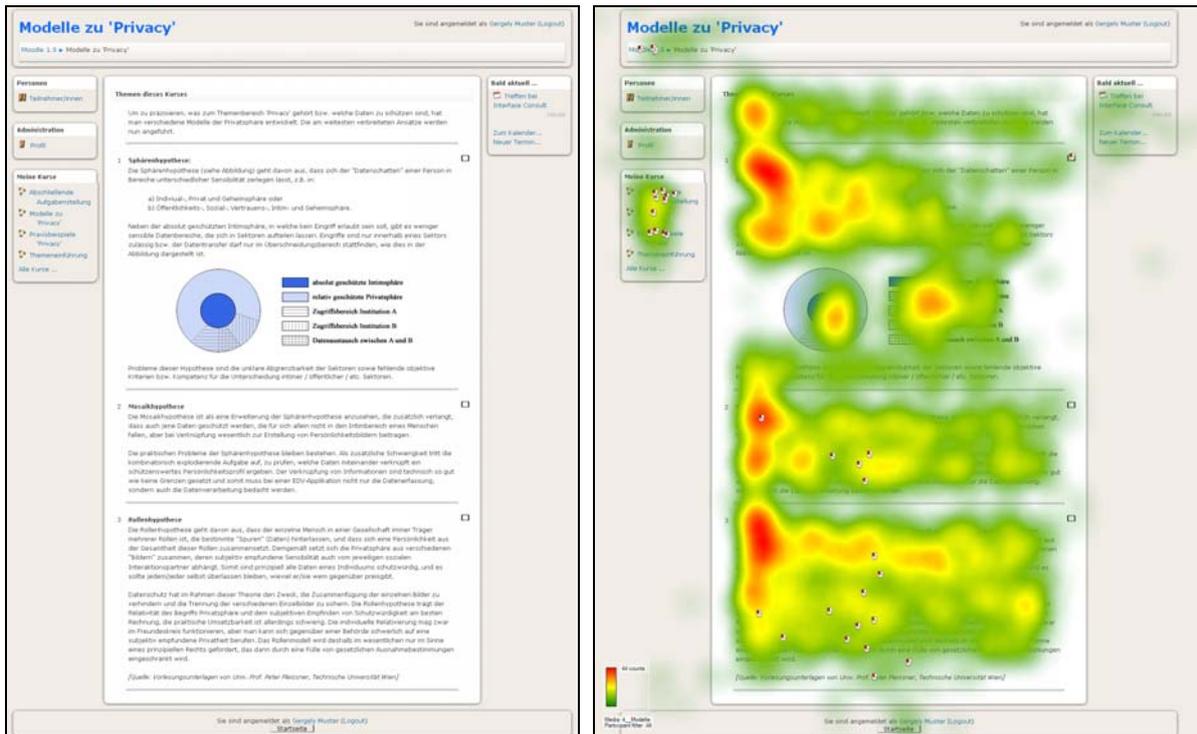


Abb. 59.: Die Kursseite „Privacy-Modelle“ samt registrierten Eye Tracking Daten.

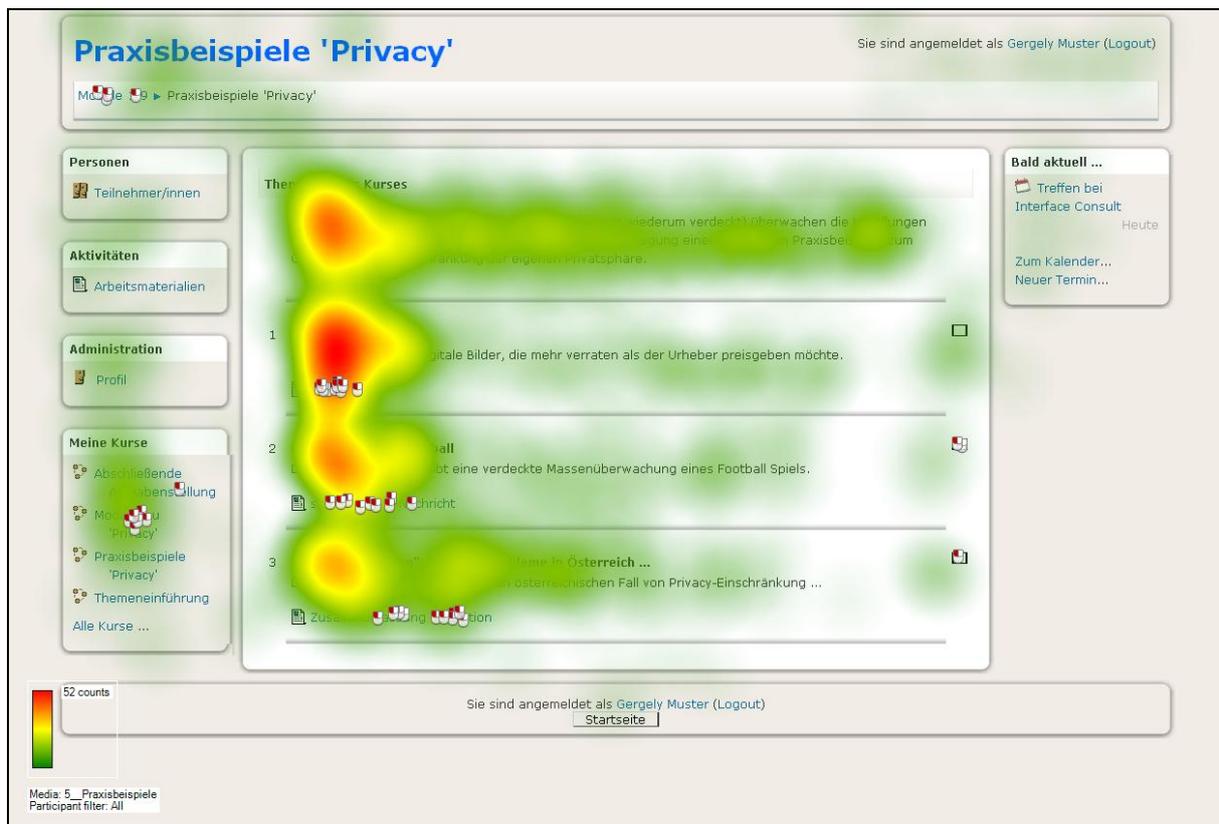
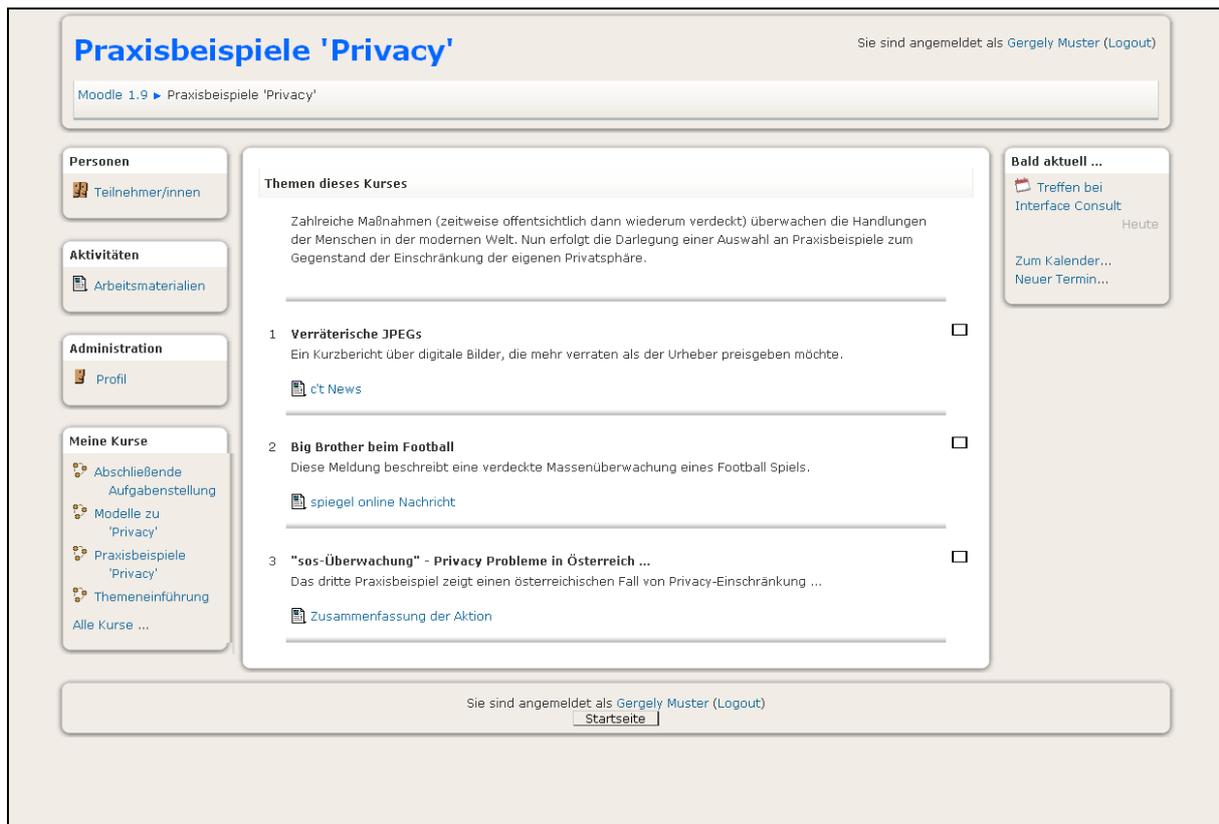


Abb. 60.: Die Übersichtsseite „Praxisbeispiele“ sowie ihre aufgezeichneten Fixationswerte.

**Praxisbeispiele 'Privacy'** Sie sind angemeldet als Gergely Muster (Logout)

Moodle 1.9 ► Praxisbeispiele 'Privacy'

**Personen**  
Teilnehmer/innen

**Aktivitäten**  
Arbeitsmaterialien

**Administration**  
Profil

**Meine Kurse**  
Abschließende Aufgabenstellung  
Modelle zu 'Privacy'  
Praxisbeispiele 'Privacy'  
Themeneinführung  
Alle Kurse ...

**Verräterische JPEGs**

Wer Personen auf einem Bild vor der Veröffentlichung unkenntlich macht, hat meist gute Gründe. Doch manche JPEGs verraten mehr, als ihrem Urheber lieb ist: Schuld ist ein kleines, im JPEG verborgenes Vorschaubild, das viele Digitalkameras für eine schnellere Navigation zwischen den aufgenommenen Bildern anlegen. Nicht alle Bildbearbeitungsprogramme können diese Thumbnail aktualisieren oder zumindest entfernen, weshalb eine aus rechtlichen Gründen verfremdete oder abgeschnittene Person möglicherweise erkennbar wird. Auf diese verborgenen Informationen weist das RedTeam der RWTH Aachen hin. [...]

Mit einer eigens entwickelten Software namens exif\_thumb durchforsteten die Aachener das Web und fanden heraus, dass 20 Prozent der JPEG-Bilder eine solche Thumbnail in sich tragen. Zwei Prozent stufte die Screening-Software als signifikant verschieden zum Original ein. In Augenschein genommen, blieben 0,001 Prozent, deren verborgene Details ernsthaften Schaden anrichten könnten.

Dieser Allzustand kann man sich auf diverse Arten entledigen, da die Thumbnail zusammen mit anderen Informationen (wie etwa dem Aufnahmedatum, der Belichtung und diversen Kameraeinstellungen) im so genannten EXIF-Header des JPEGs gespeichert ist. Die einfachste Methode ist, die EXIF-Informationen beim Wiederabspeichern komplett zu entfernen. Manche Software, etwa IrfanView, bietet dafür eine bequeme Option, aber auch beim Zwischenspeichern im BMP-Format gehen diese Metadaten verloren. Manche Bildbearbeitungsprogramme (etwa neuere Photoshop- oder Paint-Shop-Pro-Versionen) aktualisieren die Vorschau automatisch. Wer dies überprüfen möchte, sei auf die Freeware Exifer verwiesen, welche die eingebettete Thumbnail nicht nur ihrem Bild gegenüberstellt, sondern auf Wunsch auch löscht oder aktualisiert.

Hella Kotkoefer

[Quelle: c't online News (aus heise.de/ct vom 16. Februar 2005)]

Bald aktuell ...  
Treffen bei Interface Consult Heute  
Zum Kalender...  
Neuer Termin...

Sie sind angemeldet als Gergely Muster (Logout)  
Praxisbeispiele 'Privacy'

**Praxisbeispiele 'Privacy'** Sie sind angemeldet als Gergely Muster (Logout)

Moodle 1.9 ► Praxisbeispiele 'Privacy'

**Personen**  
Teilnehmer/innen

**Aktivitäten**  
Arbeitsmaterialien

**Administration**  
Profil

**Meine Kurse**  
Abschließende Aufgabenstellung  
Modelle zu 'Privacy'  
Praxisbeispiele 'Privacy'  
Themeneinführung  
Alle Kurse ...

**Verräterische JPEGs**

Wer Personen auf einem Bild vor der Veröffentlichung unkenntlich macht, hat meist gute Gründe. Doch manche JPEGs verraten mehr, als ihrem Urheber lieb ist: Schuld ist ein kleines, im JPEG verborgenes Vorschaubild, das viele Digitalkameras für eine schnellere Navigation zwischen den aufgenommenen Bildern anlegen. Nicht alle Bildbearbeitungsprogramme können diese Thumbnail aktualisieren oder zumindest entfernen, weshalb eine aus rechtlichen Gründen verfremdete oder abgeschnittene Person möglicherweise erkennbar wird. Auf diese verborgenen Informationen weist das RedTeam der RWTH Aachen hin. [...]

Mit einer eigens entwickelten Software namens exif\_thumb durchforsteten die Aachener das Web und fanden heraus, dass 20 Prozent der JPEG-Bilder eine solche Thumbnail in sich tragen. Zwei Prozent stufte die Screening-Software als signifikant verschieden zum Original ein. In Augenschein genommen, blieben 0,001 Prozent, deren verborgene Details ernsthaften Schaden anrichten könnten.

Dieser Allzustand kann man sich auf diverse Arten entledigen, da die Thumbnail zusammen mit anderen Informationen (wie etwa dem Aufnahmedatum, der Belichtung und diversen Kameraeinstellungen) im so genannten EXIF-Header des JPEGs gespeichert ist. Die einfachste Methode ist, die EXIF-Informationen beim Wiederabspeichern komplett zu entfernen. Manche Software, etwa IrfanView, bietet dafür eine bequeme Option, aber auch beim Zwischenspeichern im BMP-Format gehen diese Metadaten verloren. Manche Bildbearbeitungsprogramme (etwa neuere Photoshop- oder Paint-Shop-Pro-Versionen) aktualisieren die Vorschau automatisch. Wer dies überprüfen möchte, sei auf die Freeware Exifer verwiesen, welche die eingebettete Thumbnail nicht nur ihrem Bild gegenüberstellt, sondern auf Wunsch auch löscht oder aktualisiert.

Hella Kotkoefer

[Quelle: c't online News (aus heise.de/ct vom 16. Februar 2005)]

Bald aktuell ...  
Treffen bei Interface Consult Heute  
Zum Kalender...  
Neuer Termin...

Sie sind angemeldet als Gergely Muster (Logout)  
Praxisbeispiele 'Privacy'

31 counts

Media: 51\_Verräterische JPEGs  
Participant filter: All

Abb. 61.: Das Praxisbeispiel „Verräterische JPEGs“ samt Fixationsdaten.

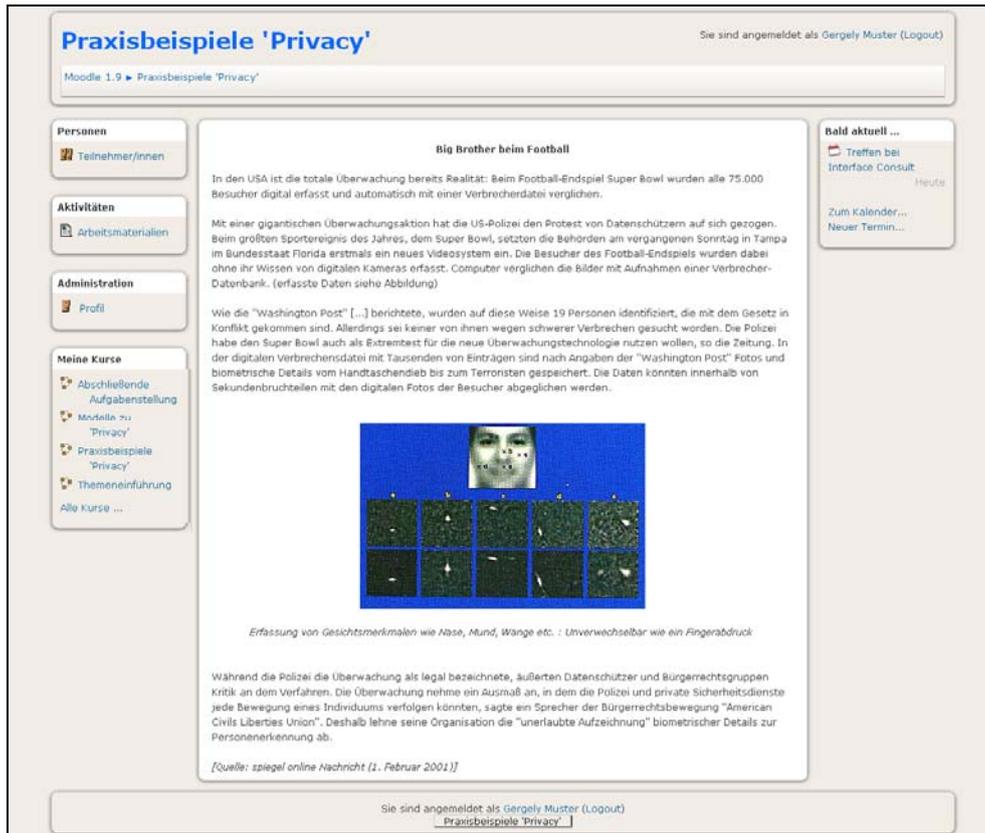


Abb. 62.: Das Praxisbeispiel „Big Brother beim Football“ und die gemessenen Fixationswerte.

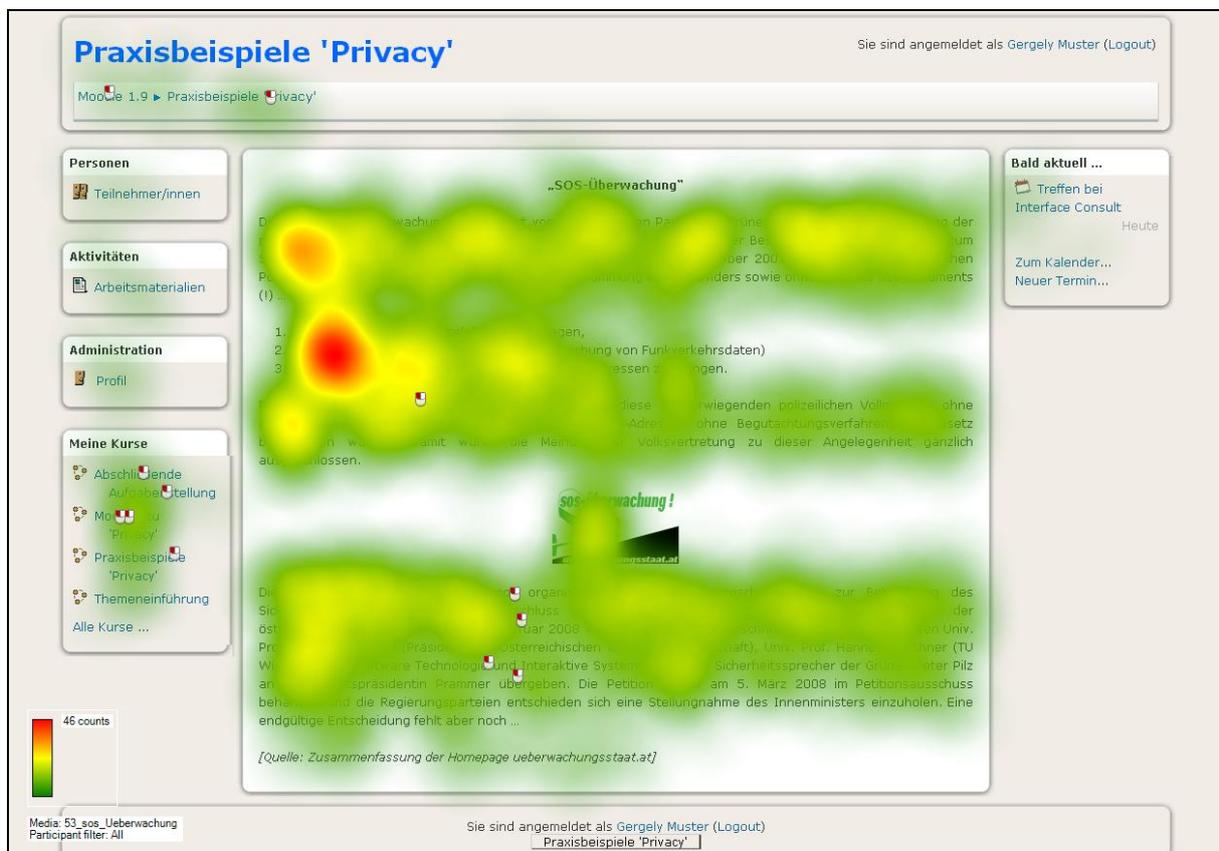


Abb. 63.: Das Praxisbeispiel „SOS Überwachung“ samt aufgezeichneten Fixationsintensitäten.

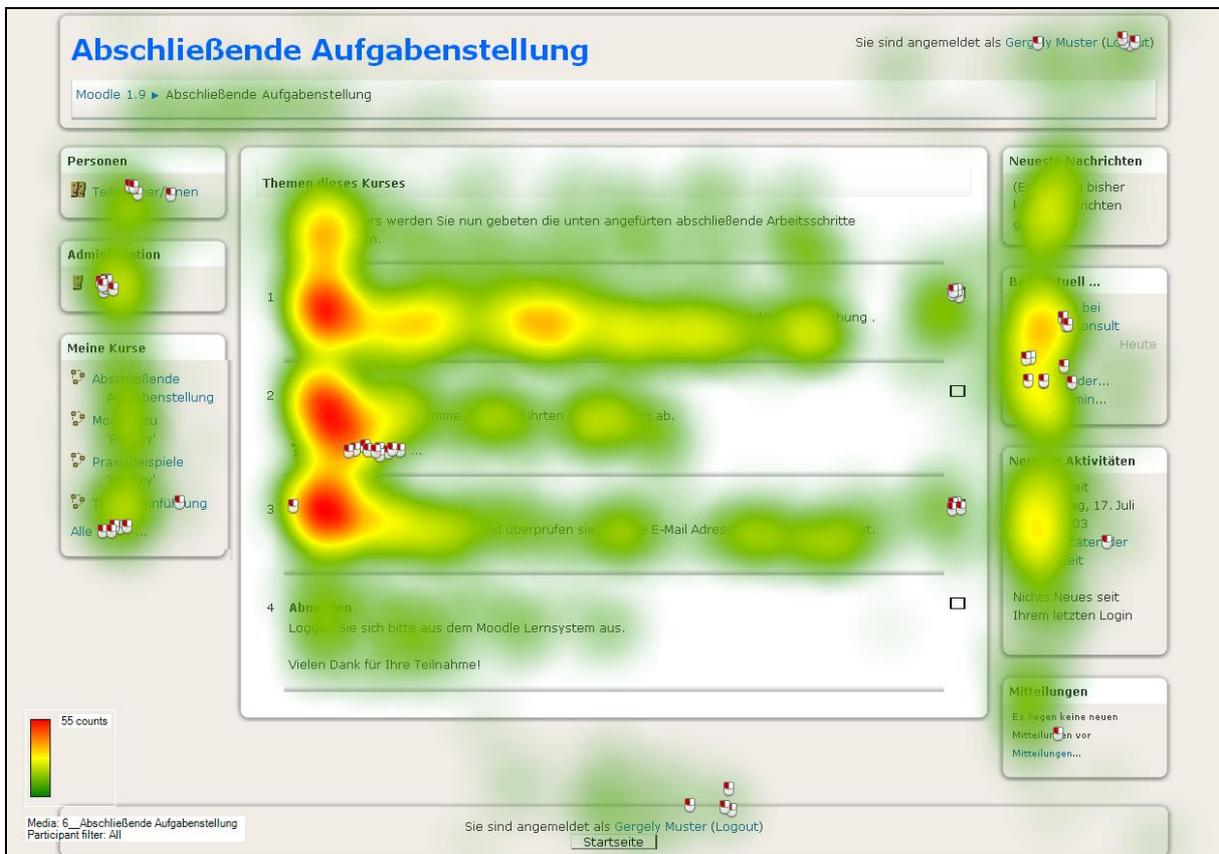
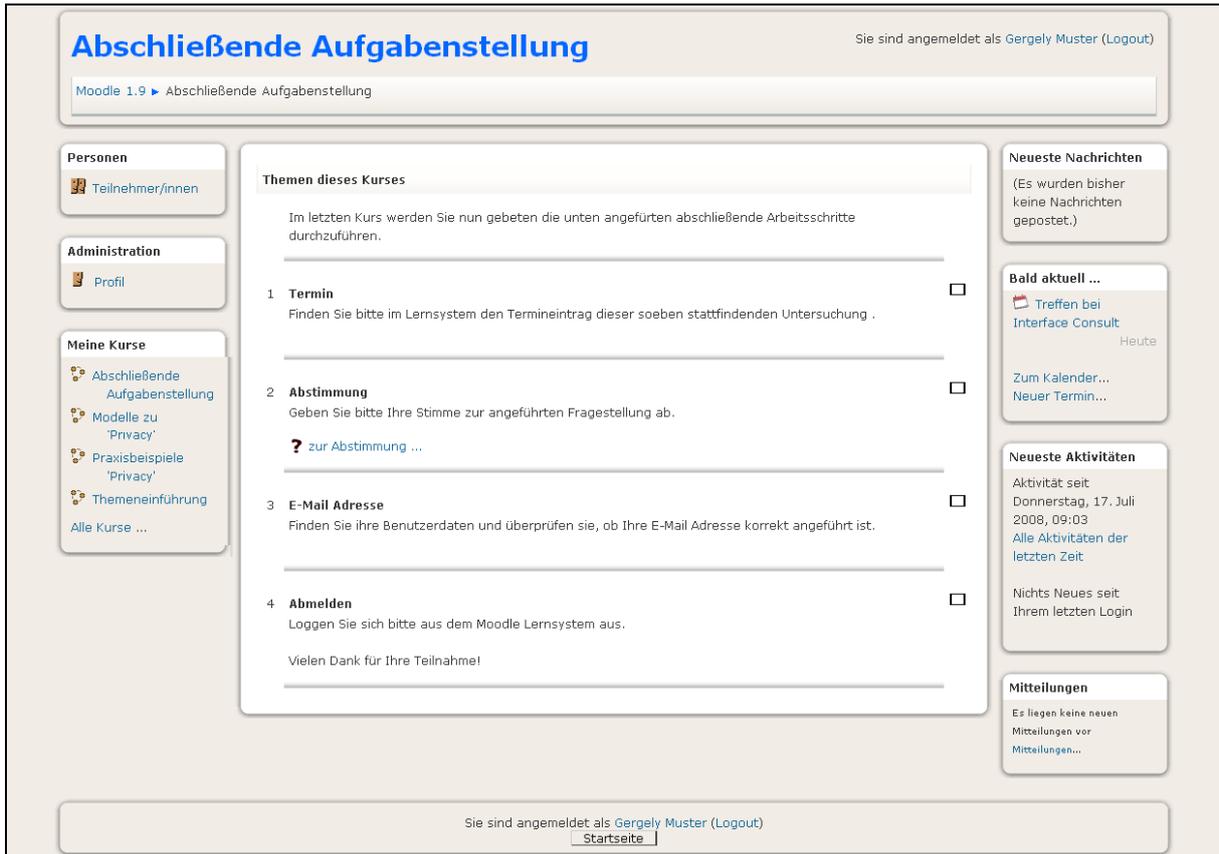


Abb. 64.: Die Kursseite „Abschließende Aufgabenstellung“ sowie die gemessenen Fixationswerte.

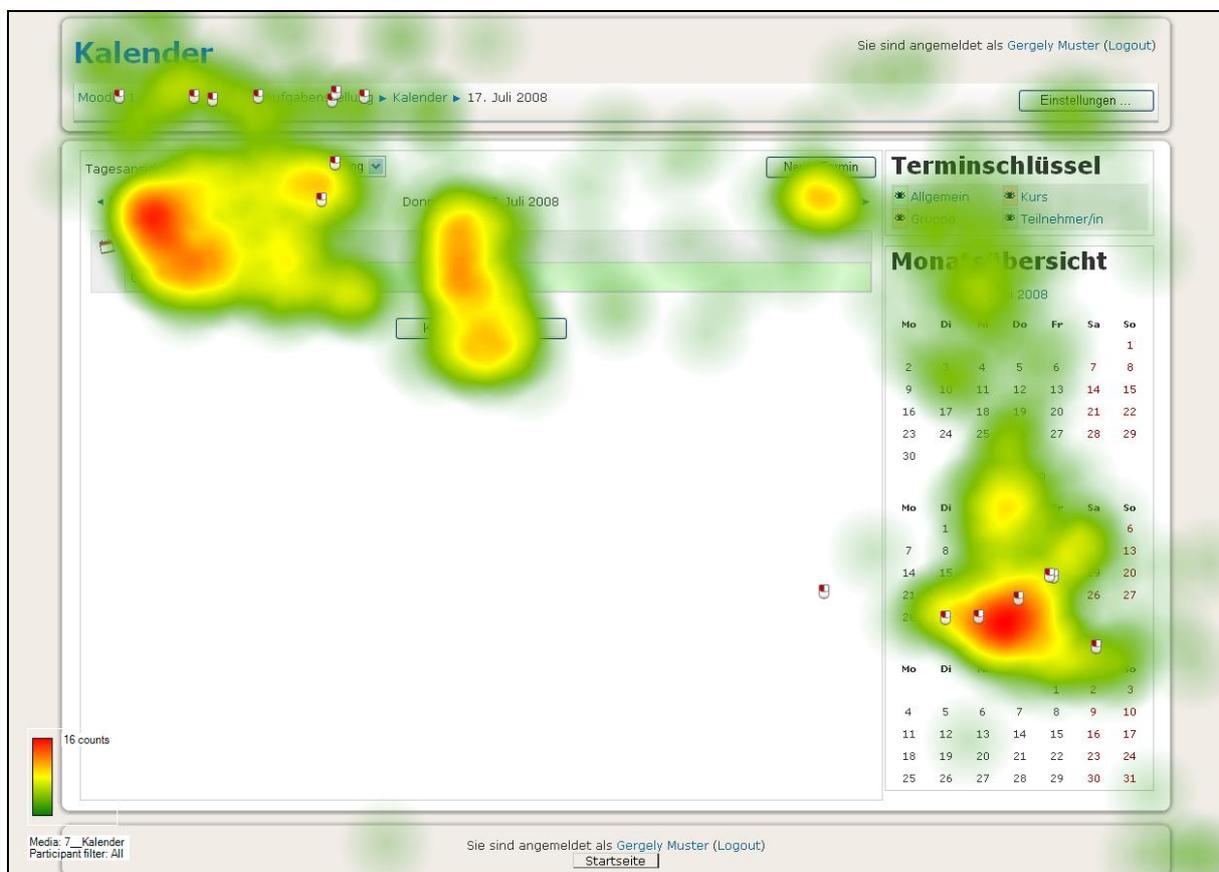
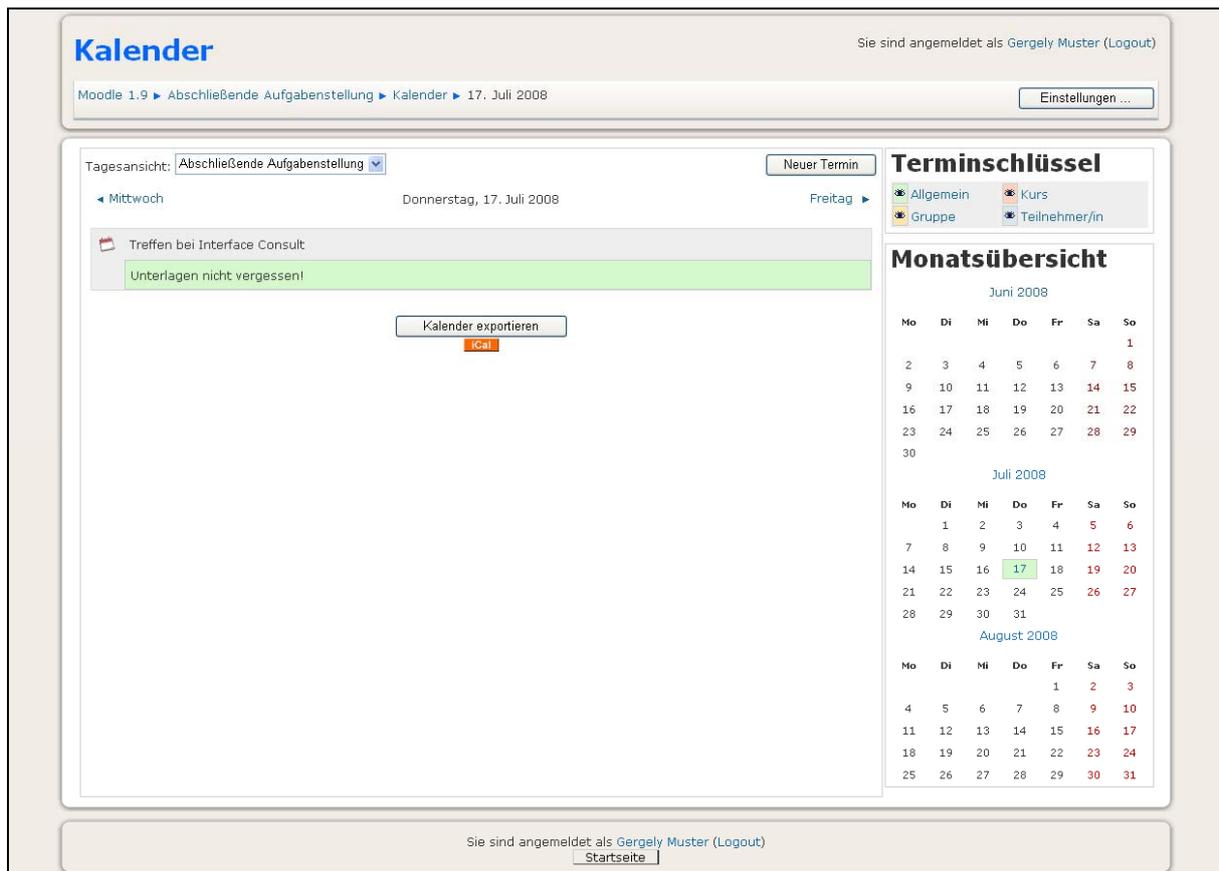


Abb. 65.: Der Kalendereintrag von Moodle samt erhobenen Fixationsintensitäten.

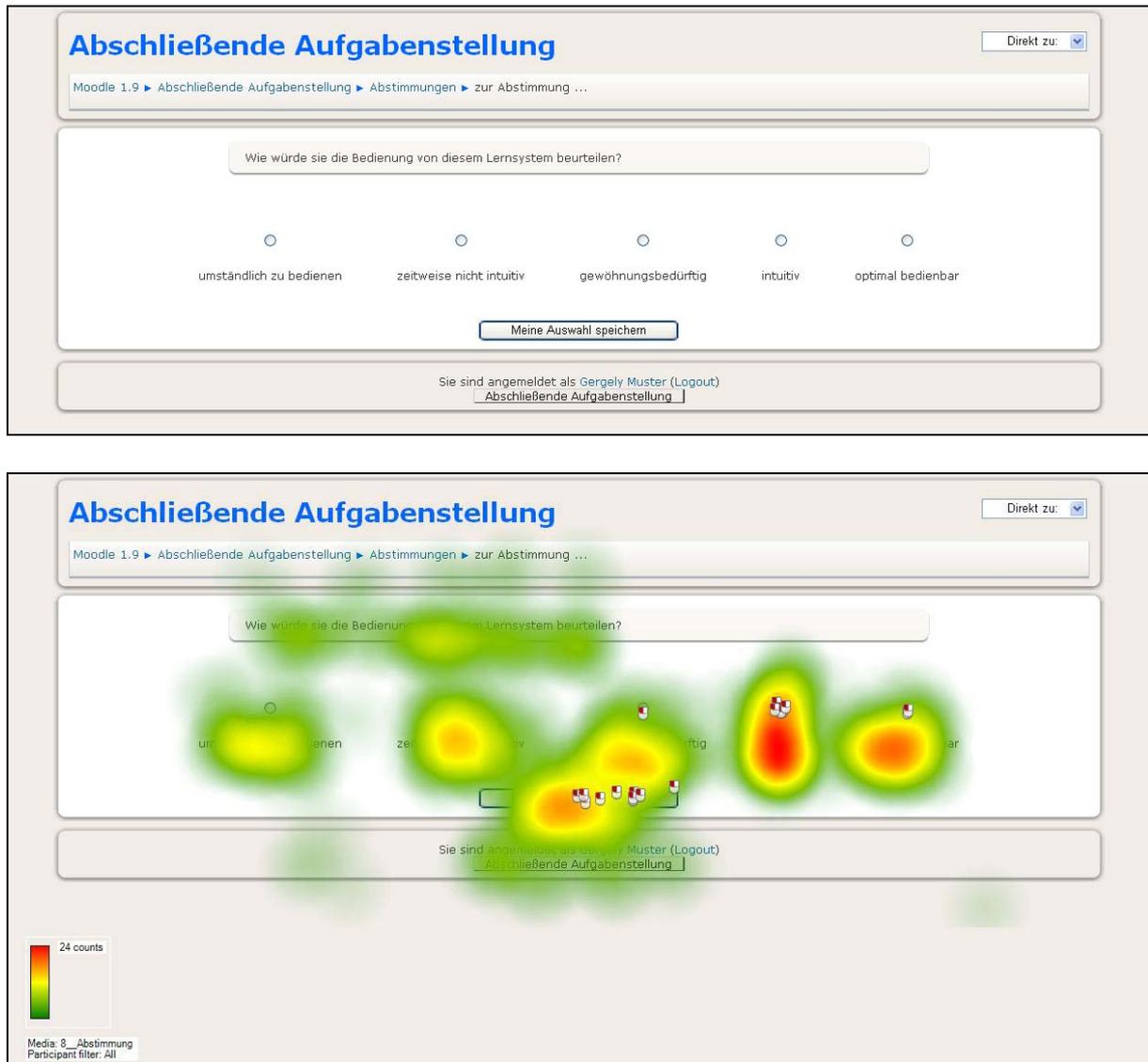


Abb. 66.: Die Aufgabenstellung „Abstimmung“ inklusive Eye Tracking Daten.

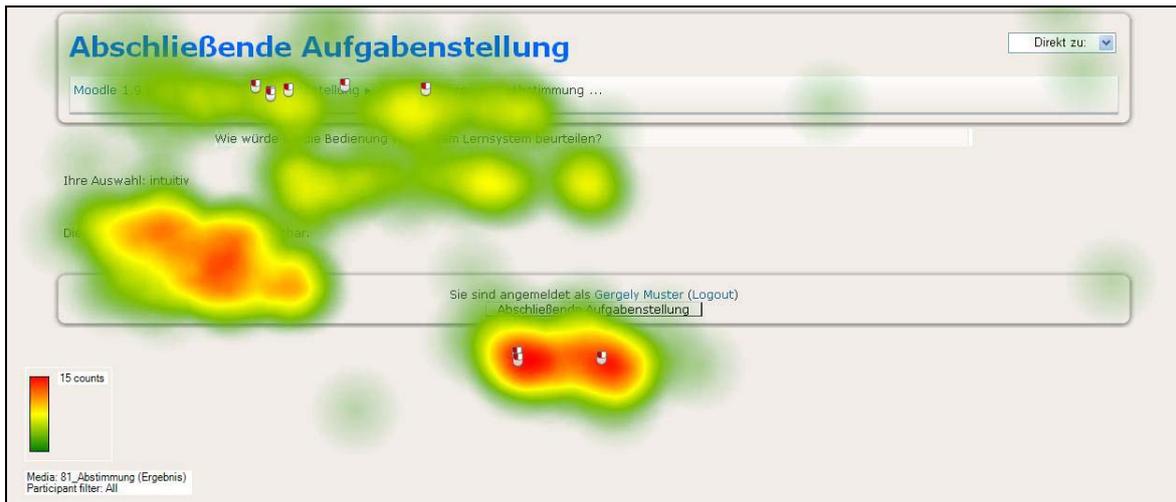


Abb. 67.: Die Ergebnisse zur Aufgabenstellung „Abstimmung“ samt erhaltenen Fixationsintensitäten.

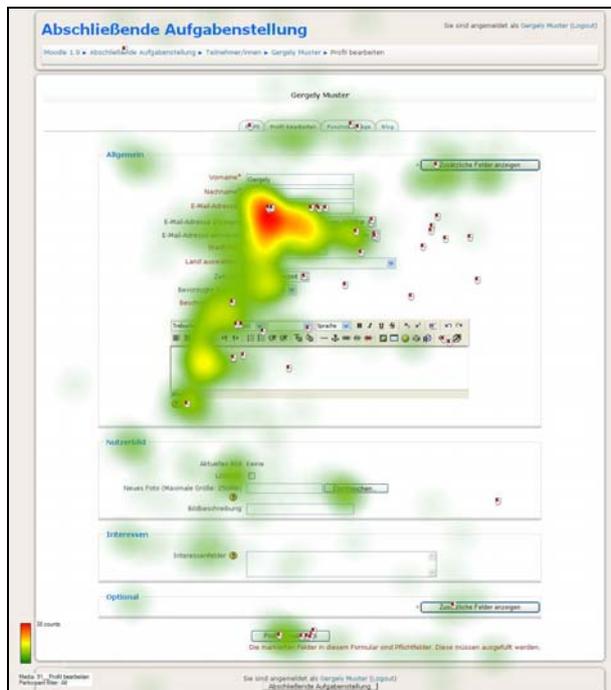
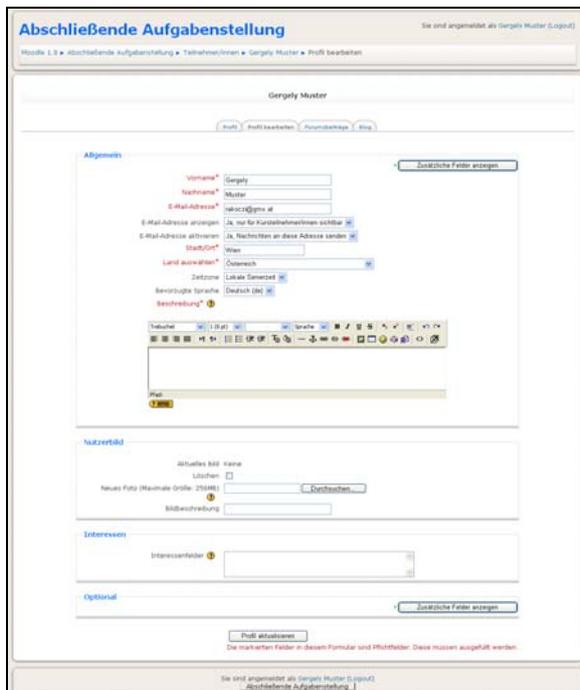


Abb. 68.: Die Moodle-Seite „Profil bearbeiten“ und ihre gemessenen Fixationswerte.

## Literaturnachweis

- [Aal98] Aaltonen, A., Hyskykari, A., und Raiha, K.J (1998). *101 Spots, or How do users read menus?* In: Proceedings of the SIGCHI 98' Conference on Human Factors in computing systems. New York: ACM, p. 132-139. Zitiert nach [Coo04].
- [Ast09] Asteriadis, S., Tzouveli, P., Karpouzis K., und Kollias, S. (2009). *Estimation of behavioral user state based on eye gaze and head pose – application in an e-learning environment.* In: Multimedia Tools and Applications. Hingman: Kluwer Academic Publishers, 41, 3, p. 469-493.
- [Atk68] Atkinson, R.C., und Shiffrin, R.M (1968). *Human Memory: A proposed system and its control processes.* In: Spence, K.W., und Spence, J. T. (Eds.) The Psychology of learning and motivation. Journal of Advances in research and theory. San Diego: Academic Press, 2, p. 89-195. Zitiert nach [Pas98].
- [Bad01] Baddeley, A.D. (2001). *Is Working Memory Still Working?* In: The American psychologist. Washington: The American Psychological Association, 56, 11, p. 851-864. Zitiert nach [Pas98].
- [Bau04] Baumgartner, P., Häfele, H., und Maier-Häfele, K. (2004). *Evaluation von Lernplattformen: Verfahren, Ergebnisse und Empfehlungen (Version 1.3).* (Evaluationsbericht). Wien: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur. Zitiert nach [Höb07]. Verfügbar auf: [www.bildung.at/filedatabase/downloader.php?file\\_code=6d0873c599c24c0a7f302fba323d8065&filedb\\_dir=/bmbwk/dateidb/bildung2](http://www.bildung.at/filedatabase/downloader.php?file_code=6d0873c599c24c0a7f302fba323d8065&filedb_dir=/bmbwk/dateidb/bildung2), Stand: 23.03.2009.
- [Bau94] Baumgartner, P., und Payr, S. (1994). *Lernen mit Software.* Innsbruck: Österreichischer Studien Verlag. ISBN: 3-70651-444-3. Zitiert nach [Höb07].
- [Boy97] Boyle, T. (1997). *Design for Multimedia Learning.* Hemel Hempstead: Prentice Hall. ISBN: 0-13242-215-8.
- [Bru02] Bruns, B., und Gajewski, P. (2002). *Multimediales Lernen im Netz.* Berlin: Springer Verlag, 3. Auflage. ISBN: 3-54042-477-6.
- [Bru47] Bruner, J.S, und Goodman, C.C. (1947). *Value and need as organizing factors in perception.* In: Journal of Abnormal and Social Psychology. Washington: American Psychological Association, 42, p. 33-44. Zitiert nach [Gol02].
- [Cal08] Calvi, C., Porta, M., und Sacchi, D. (2008). *e5Learning, an E-Learning Environment Based on Eye Tracking.* In: Proceedings of IEEE Conference on Advanced Learning Technologies. New York: IEEE, 00, p. 376-380.
- [Car05] Carbó, J.M, Mor, E., und Minguillón, J. (2005). *User navigational behavior in e-learning virtual environments.* In: Proceedings of IEEE/WIC/ACM Conference on Web Intelligence. New York: IEEE, p. 243-249.

- [Con87] Conklin, J. (1987). *Hypertext: an introduction and survey*. In: IEEE Computer. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 20, 9, p. 17-41. Zitiert nach [Unz00].
- [Coo04] Cooke, L. (2004). *Improving Usability Through Eye Tracking Research*. In: Proceedings of IPCC. New York: IEEE, p. 195-198.
- [Coo06] Cooke, L. (2006). *Is Eye Tracking the Next Step in Usability Testing*. In: Proceedings of the International Professional Communication Conference. New York: IEEE Press, 9, p. 236-242.
- [Cos05] Costabile, M.F., De Marisco, M., Lanzilotti, R., Plantamura V.L., und Roselli, T. (2005). *On the Usability Evaluation of E-Learning Applications*. In: Proceedings of the International Conference on System Sciences. Washington: IEEE Computer Society, 1, 01, p. 6.2.
- [Cow01] Cowen, L. (2001). *An Eye Movement Analysis of Web-Page Usability*. In: Proceedings of the HCI'02 on People and Computers. London: Springer-Verlag. Zitiert nach [Coo06].
- [Cra94] Crane, H.D. (1994). *The Purkinje Image Eyetracker, Image Stabilization, and Related Forms of Stimulus Manipulation*. In: Kelly, D.H (ed.). Visual Science and Engineering: Models and Applications. New York: Marcel Dekker Verlag, p. 13-89. ISBN: 0-82479-185-1. Zitiert nach [Kai07].
- [Dol93] Doll, T.J. (1993). *Preattentive processing in visual search*. In: Proceedings of the Annual Meeting on Human Factors and Ergonomics Society. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, p. 1291-1249. Zitiert nach [Duc03].
- [Duc03] Duchowski, A.T. (2003). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. London: Springer-Verlag, Neuauflage. ISBN: 1-85233-666-8.
- [Fen06] Fengpei, H. (2006). *The studies of Eye tracking and Usability Test*. In: Proceedings of the Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design. p. 1-5. ISBN: 1-4244-0684-6.
- [Fle04] Fleissner, P. (2004). *Verlässlichkeit von offenen Computersystemen*. Unterlagen zur Vorlesung. Technische Universität Wien: Institut für Gestaltungs- und Wirkungsforschung (Arbeitsbereich HCI).  
Verfügbar auf: <http://igw.tuwien.ac.at/peterf/V1bis9.pdf>, Stand: 23.3.2009.
- [Fli05] Flick, U. (2005). *Qualitative Sozialforschung*. Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag, 3. Neuauflage. ISBN: 3-499-55654-5.
- [Gol02] Goldstein, E.B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2. Auflage. ISBN: 3-82741-083-5.
- [Gol99] Goldberg, J.H. und Kotval, X.P. (1999). *Computer interface evaluation using eye movements. Methods and constructs*. In: International Journal of Ergonomics. Oxford: Elsevier Science Verlag, 24, p. 631-645.

- [Gold02] Goldberg, J.H., Stimson, M.J., Lewenstein, M., Scott, N., und Wichansky, A.M. (2002). *Eye tracking in Web Search Tasks: Design Implications*. In: Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium. New York: ACM, p. 51-58. Zitiert nach [Coo04].
- [Göt97] Götzenbrucker, G. (1997). *Qualifikation 2000*. (Explorationsstudie, 1996/97) Universität Wien: Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft. Verfügbar auf: <http://www.univie.ac.at/Publizistik/Goetzenbrucker6.htm>, Stand: 23.3.2009.
- [Gra89] Graf, W., und Krueger, H. (1989). *Ergonomic evaluation of user-interfaces by means of eye-movement data*. In: Proceedings of the Conference on Human Computer Interaction. New York: Elsevier Science Verlag, 1, p. 659-665. ISBN: 0-44488-077-1.
- [Has03] Hassenzahl, M., Burmester, M., und Koller, F. (2003). *AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität*. In: Szwillus, G., und Ziegler, J. (Eds.). *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*. Stuttgart: B.G. Teubner Verlag, p. 187-196. Zitiert nach [Kai07]. Verfügbar auf: <http://mc.informatik.uni-hamburg.de/konferenzbaende/mc2003/konferenzband/muc2003-18-hassenzahl.pdf>, Stand: 23.3.2009.
- [Hen98] Henderson, J.M., und Hollingworth, A. (1998). *Eye Movements during Scene Viewing: An Overview*. In: Underwood, G. (Ed.). *Eye Guidance in Reading and Scene Perception*. Oxford: Elsevier Science Verlag, p. 269-294. ISBN: 0-08043-361-8. Zitiert nach [Duc03].
- [Hil07] Hilgenstock, R., und Jirmann, R. (2007). *Gemeinsam online lernen mit Moodle-Trainerhandbuch*. Bonn: DIALOGUE Verlag, 3.Auflage. ISBN: 3-92729-805-0. Verfügbar auf: [http://Moodle.de/file.php/1/Moodle\\_Trainer\\_18\\_public.pdf](http://Moodle.de/file.php/1/Moodle_Trainer_18_public.pdf), Stand: 23.3.2009.
- [Höb07] Höbarth, U. (2007). *Konstruktivistisches Lernen mit Moodle: Praktische Einsatzmöglichkeiten in Bildungsinstitutionen*. Boizenburg: Werner Hülsbusch Verlag. ISBN: 3-94031-708-X.
- [Hyr00] Hyrskykari, A., Majaranta, P., Aaltonen, A., und Rähä, K. (2000). *Design Issues of iDict: A Gaze-Assisted Translation Aid*. In: Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research & Applications. New York: ACM Press, p. 9-14.
- [Jus76] Just, M.A., und Carpenter, P.A. (1976). *Eye Fixations and Cognitive Processes*. In: *Journal of Cognitive Psychology*. Oxford: Elsevier, 8, p. 441-480. Zitiert nach [Kai07].
- [Kai07] Kain, S. (2007). *Erfassung der Aufmerksamkeitsverteilung auf Webseiten*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller. ISBN: 3-83641-477-5.

- [Kös05] Köstner, H., und Bauer, S. (2005). *Skalenoptimierung bei telefonischen Kundenzufriedenheitsstudien*. Studie zur Marktforschung zwischen Pflicht und Kür. Nürnberg: Forschungswerk GmbH, sowie Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Statistik und Ökonometrie.  
Verfügbar auf: [http://www.forschungswerk.de/pressearchiv/2005\\_11\\_pa\\_Final.pdf](http://www.forschungswerk.de/pressearchiv/2005_11_pa_Final.pdf), Stand: 23.3.2009.
- [Kot05] Kotkoefer, H. (2005). *Verräterische JPEGs*. Hannover: Heise Zeitschriftenverlag, Online News vom 16.2.2005.  
Verfügbar auf: <http://www.heise.de/newsticker/Verraeterische-JPEGs--meldung/56430>, Stand: 23.3.2009.
- [Kra93] Krappmann, P. (1993). *Visuelle Aufmerksamkeit und neuronale Netze: Ein interdisziplinärer Ansatz zur Analyse komplexen Problemlöseverhaltens*. Göttingen: Cuvillier Verlag. ISBN: 3-92881-524-5. Zitiert nach [Kai07].
- [Lev91] Leven, W. (1991). *Blickverhalten von Konsumenten: Grundlagen, Messung und Anwendung in der Werbeforschung*. Heidelberg: Physica-Verlag. ISBN: 3-79080-554-8. Zitiert nach [Kai07].
- [Lew04] Lewenstein, M., Edwards, G., Tatar, D., und DeVigal, A. (2004). *The Stanford-Poynter Eyetracking Project*. Studie der Stanford University sowie Poyntner University. Verfügbar auf: <http://www.poynterextra.org/et/i.htm>, Stand 23.3.2009. Zitiert nach [Coo04].
- [Man07] Mansmann, U. (2007). *Die totale Verdattung*. Editorial der Zeitschrift c't, Hannover: Heise Zeitschriftenverlag, Ausgabe 10/2007. Verfügbar auf: <http://www.heise.de/ct/07/10/003/default.shtml>, Stand: 23.3.2009.
- [Mei06] Meier, R. (2006). *Praxis E-learning: Grundlagen, Didaktik, Rahmenanalyse, Medienauswahl, Qualifizierungskonzept, Betreuungskonzept, Einführungsstrategie, Erfolgssicherung*. Offenbach: GABAL Verlag. ISBN: 3-89749-595-3.
- [Moo08] Homepage der Lernplattform Moodle, Perth (Australien). Verfügbar auf: <http://Moodle.org/>, Stand: 23.3.2009.
- [Nie01] Nielsen, J. (2001). *Designing Web Usability*. München: Markt+Technik Verlag. ISBN 3-8272-6206-2.
- [Pan04] Pan, B., Granka, L.A., Hembrooke, H.A, Feusner, M.K, Gay, G.K, und Newman, J.K. (2004). *The Determinants of Web Page Viewing Behavior: An Eye-Tracking Study*. In: Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research & applications. New York: ACM, p. 147-154. ISBN: 1-58113-825-3.
- [Pas98] Pashler, H.E. (1998). *The Psychology of Attention*. Massachusetts: The MIT Press, zweite Ausgabe. ISBN: 0-26216-165-6.

- [Piv06] Pivec, M., Trummer, C., und Pripfl, J. (2006). *Eye Tracking Adaptable e-Learning and Content Authoring Support*. In: Informatica. Amsterdam: IOS Press, 30, 1, p. 83-86.
- [Poh06] Pohl, M. (2006). „*Informationsvisualisierung*“. Unterlagen zur Vorlesung. Technische Universität Wien: Institut für Gestaltungs- und Wirkungsforschung (Arbeitsgruppe HCI).  
Verfügbar auf:  
<http://igw.tuwien.ac.at/igw/menschen/pohl/infovis05/VoInfoVis.pdf> sowie  
<http://igw.tuwien.ac.at/igw/menschen/pohl/infovis05/VoInfoVis2.pdf>,  
Stand: 23.3.2009.
- [Ray98] Rayner, K. (1998): *Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research*. In: Psychological Bulletin. Washington: The American Psychological Association, 124, 3, p. 372-422. Verfügbar auf:  
<http://www.ling.ohio-state.edu/~speer/ling871et/readings/Rayner98.pdf>, Stand:  
23.3.2009.
- [Rei05] Reinmann, G. (2005). *Blended Learning in der Lehrerbildung: Grundlagen für die Konzeption innovativer Lernumgebungen*. Lengerich: Pabst Science Publishers. ISBN: 3-89967-261-5.
- [Rob68] Robinson, D.A. (1968). *The Oculomotor Control System: A Review*. In: Proceedings of the IEEE. New York: IEEE, 56, 6, p. 1032-1049. Zitiert nach [Kai07].
- [Röt01] Rötting, M. (2001). *Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen*. Aachen: Shaker Verlag. ISBN: 3-82658-805-3.
- [Sal99] Salvucci, D. (1999). *Mapping Eye Movements to cognitive processes*. Unveröffentlichte Dissertation, Carnegie Mellon University. Zitiert nach [Kai07].
- [Sch07] Schneider, E., und Boucheix, J.M. (2007). *Learner's Activity During the Understanding of an Interactive Animated Mechanical System: Eye Tracking Investigation*. In: Proceeding of 8<sup>th</sup> International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services. Washington: IEEE Computer Society, p. 36-40.
- [Schu96] Schulmeister, R. (1996). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme*. Bonn: Addison-Wesley Verlag. ISBN: 3-89319-923-3. Zitiert nach [Höb07].
- [Schw07] Schwarzbauer, P. (2007). *Datenerhebung*. Unterlagen der Vorlesung mit Übung der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Marketing und Innovation.  
Verfügbar auf:  
[http://wwwt3.boku.ac.at/mi/lehre/Schwarzbauer/Datenerhebung/datenerhebung\\_kap5.pdf](http://wwwt3.boku.ac.at/mi/lehre/Schwarzbauer/Datenerhebung/datenerhebung_kap5.pdf), Stand: 23.3.2009.

- [sos09] Homepage zum Themengebiet des Artikels „SOS-Überwachung“ (2009). Informationen, sowie grafisches Banner zur Aktion der politischen Partei „Die Grünen“. Wien: Österreich.  
Verfügbar auf: [http://www.ueberwachungsstaat.at/uploads/media/petition\\_02.pdf](http://www.ueberwachungsstaat.at/uploads/media/petition_02.pdf), und [http://www.ueberwachungsstaat.at/uploads/tx\\_greenimages/button.jpg](http://www.ueberwachungsstaat.at/uploads/tx_greenimages/button.jpg). Stand: 23.3.2009.
- [Spi01] „Spiegel Online“. *Big Brother beim Football*. Online-Artikel sowie Abbildung vom 1.2.2001. Hamburg: SPIEGEL-Verlag Rudolf Augstein GmbH & Co. KG. Verfügbar auf: <http://www.spiegel.de/netzwelt/web/0,1518,115473,00.html> sowie <http://www.spiegel.de/img/0,1020,116701,00.jpg>, Stand: 23.3.2009.
- [Sta07] Stangl, W. (2007). *Aufmerksamkeit*. Arbeitsblatt auf der Homepage <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/>. Linz: Johannes Kepler Universität, Institut für Pädagogik und Psychologie. Verfügbar auf: <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/GEDAECHTNIS/Aufmerksamkeit.shtml>, Stand: 23.3.2009.
- [Sta09] Stangl, W. (2009). *eLearning, E-Learning, Blended Learning*. Arbeitsblatt auf der Homepage <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/>. Linz: Johannes Kepler Universität, Institut für Pädagogik und Psychologie. Verfügbar auf: <http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/LERNEN/Elarning.shtml>, Stand: 23.3.2009.
- [Ste07] Stein, P. (2007). *Grundlagen der empirischen Sozialforschung*. Unterlagen zur gleichnamigen Vorlesung der Universität Duisburg-Essen, Institut für Soziologie. Verfügbar auf: [http://soziologie.uni-duisburg-essen.de/personen/stein/Teil6a\\_datenerhebungsverfahren.pdf](http://soziologie.uni-duisburg-essen.de/personen/stein/Teil6a_datenerhebungsverfahren.pdf), Stand: 23.3.2009.
- [Str35] Stroop, J.R. (1935). *Studies of interference in serial verbal reactions*. In: Journal of Experimental Psychology. Washington: American Psychological Association, 18, p. 643-662. Zitiert nach [Pas98].
- [Sut07] Sutcliffe, A., und Namoune, A. (2007). *Investigating user attention and interest in websites*. In: Proceedings of INTERACT 2007. London: Springer Verlag, (I), 4662, p. 88-101.
- [Tat04] Tateyama, Y., Matsumoto, Y., und Kagami, S. (2004). *Concentration Detection by Eye Movements: Towards Supporting a Human*. In: IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. New York: IEEE, 2, p. 1544-1548.
- [Tob09] Produktbeschreibung des Herstellers zum Erhebungsinstrument „Tobii T120“, Tobii Technology, Karlsrovgen, Schweden. Verfügbar auf: [http://www.tobii.com/archive/files/17995/Tobii\\_TX\\_Series\\_Eye\\_Trackers\\_product\\_description.pdf.aspx](http://www.tobii.com/archive/files/17995/Tobii_TX_Series_Eye_Trackers_product_description.pdf.aspx), Stand: 23.3.2009.
- [Tro01] Trochim, W. (2001). *The Research Methods Knowledge Base*. Mason: Atomic Dog Publishing, zweite Ausgabe. ISBN: 978-1931442480. Verfügbar auf: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/scalgen.php>, Stand: 23.3.2009.

- [Unz00] Unz, D. (2000). *Lernen mit Hypertext – Informationssuche und Navigation*. Münster: Waxmann Verlag. ISBN: 3-89325-842-6.
- [Viv90] Viviani, P. (1990). *Eye movements in visual search: cognitive, perceptual and motor control aspects*. In: Knowler, E. (1990). *Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes*. Amsterdam: Elsevier Science Verlag, p. 353 – 393. ISBN: 0-44481-254-7. Zitiert nach [Kai07].
- [Wan06] Wang, H., Chignell, M., und Ishizuka, M. (2006). *Empathic Tutoring Software Agents Using Real-time Eye Tracking*. In: *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research & applications*. New York: ACM Press, p. 73-78.
- [War00] Ware, C. (2000). *Information Visualization: Perception for Design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Verlag. ISBN: 1-55860-511-8.
- [Weg98] Wegge, J. (1998). *Lernmotivation, Informationsverarbeitung, Leistung: Zur Bedeutung von Zielen des Lernenden bei der Aufklärung motivationaler Leistungsunterschiede*. Münster: Waxmann Verlag. ISBN: 3-89325-615-6. Zitiert nach [Kai07].
- [Wei94] Weidemann, B. (1994). *Wissenserwerb mit Bildern*. Bern: Huber Verlag, erste Auflage. ISBN: 3-456-82415-7.
- [Wer21] Wertheimer, M. (1921). *Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt I*. In: *Journal Psychologische Forschung*. Berlin: Springer Verlag, 1, p. 47-58.
- [Wer23] Wertheimer, M. (1923). *Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II*. In: *Journal Psychologische Forschung*. Berlin: Springer Verlag, 4, p. 301-350.
- [Wir02] Wirth, T. (2002). *Missing Links. Über gutes Webdesign*. München: Carl Hanser Verlag, zweite Auflage. ISBN: 3-44622-554-4.
- [Zai85] Zaichkowsky, J.L. (1985). *Measuring the involvement construct*. In: *Journal of Consumer Research*. Chicago: University of Chicago Press, 12, 3, p. 341-352. Zitiert nach [Kai07].
- [Zai94] Zaichkowsky, J.L. (1994). *The Personal Involvement Inventory: Reduction, Revision, and Application to Advertising*. In: *Journal of Advertising*. Athens: American Academy of Advertising, 23, 4, p. 59-70. Zitiert nach [Kai07].

## Bildquellennachweis

- Abb. 1. bis 3.: eigens geschaffene Abbildungen
- Abb. 4.: Abbildung aus Lernunterlagen von *Prof. Dr. Timothy C. Hain*. Northwestern University Medical School, Chicago, IL, USA. Verfügbar auf: <http://www.dizziness-and-balance.com/practice/images/equipment/eye-coil.jpg>, Stand: 23.3.2009.
- Abb. 5.: Abbildung von der Homepage des Unternehmens *Metrovision*, 4rue des Platanes, 59840 Pérenchies, Frankreich. Verfügbar auf: <http://www.metrovision.fr/EO01.jpg>, Stand: 23.3.2009.
- Abb. 6.: Abbildung des Unternehmens *Microguide Inc.*, 1635 Plum Ct, Downers Grove, IL 60515, USA. Zitiert nach Darstellung 5.4(c) aus [Duc03].
- Abb. 7.: eigens geschaffene Abbildung
- Abb. 8.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 5.5 nach [War00]
- Abb. 9.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.20 nach [Gol02]
- Abb. 10.: eigens geschaffene Abbildung
- Abb. 11.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.7 nach [War00]
- Abb. 12.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.6 nach [War00]
- Abb. 13.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.17 nach [War00]
- Abb. 14.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.20 nach [War00]
- Abb. 15.: eigens geschaffene Abbildung
- Abb. 16.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.38a nach [Gol02]
- Abb. 17.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.8 nach [War00]
- Abb. 18.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung 6.38(c) nach [Gol02]
- Abb. 19.: selbst erzeugte Abbildung, basierend auf die Darstellung der Seite 116 nach [Mei06]

- Abb. 20. und 21.: kommentierter Screenshot der selbst entwickelten Moodle Instanz, basierend auf die Open-Source Lernplattform Moodle. [Moo08]
- Abb. 22.: eigens geschaffene Abbildung
- Abb. 23. und 24.: kommentierter Screenshot der selbst entwickelten Moodle Instanz, basierend auf die Open-Source Lernplattform Moodle. [Moo08]
- Abb. 25.: Abbildung des Eye Tracking Geräts T120 des Unternehmens *Tobii Technology AB*, Karlsrovägen 2D, S-182 53 Danderyd, Schweden. Verfügbar auf:  
<http://www.tobii.com/Images/contentimages/Produktbilder/Tobii%20T60T120%20Eye%20Tracker%20Perspective.jpg>, Stand: 23.3.2009.
- Abb. 26. bis 28: eigens geschaffene Abbildung
- Abb. 29. bis 49.: Screenshots der selbst erstellten Moodle-Instanz (mit jeweiligen Inhalten von [Fle04] [Kot05] [Man07] [sos09] [Spi01]). Erweiterung der Abbildungen mit Eye Tracking Auswertungsergebnissen des Programms ‚*Tobii Studio*‘.
- Abb. 50. bis 55.: eigens geschaffene Abbildungen
- Abb. 56. bis 68.: Screenshots der selbst erstellten Moodle-Instanz (mit jeweiligen Inhalten von [Fle04] [Kot05] [Man07] [sos09] [Spi01]). Erweiterung der Abbildungen mit Eye Tracking Auswertungsergebnissen des Programms ‚*Tobii Studio*‘.