



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Angewandte Psychologie

Vergleichsstudie zu kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung von Zugverkehrsleitenden

MASTERARBEIT

2011/2012

Jonas Brüngger

Begleitung:
Prof. Dr. Katrin Fischer

Praxispartner:
Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
login Berufsbildung

Vergleichsstudie zu kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung von Zugverkehrsleitenden

Abstract

Ziel dieser Masterarbeit ist es festzustellen, wie sich Zugverkehrsleitende (ZVL) mit guter von ZVL mit schlechter Leistung in ihren kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie in ihrer Beanspruchung bei der Arbeit unterscheiden. Es wurden vier Hypothesen zu Informationsselektion, Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und Beanspruchung formuliert und wissenschaftlich überprüft. An der Untersuchung in einem Simulator nahmen insgesamt 11 ZVL teil. Zur Bestimmung der Leistung von ZVL wurden neben der Blickdatenregistrierung, einer subjektiven Beanspruchungseinschätzung und einem Fragebogen auch Expertenurteile eingesetzt. Die Ergebnisse zur Informationsselektion und Informationsaufnahme weisen auf die Wichtigkeit von akkuraten mentalen Modellen bei ZVL hin. Die effiziente Informationsverarbeitung scheint für ZVL entgegen den Erwartungen als Leistungsvoraussetzung keine wichtige Rolle zu spielen. Aufgrund der Ergebnisse zur Beanspruchung wird vermutet, dass ZVL mit schlechter Leistung, dysfunktionale Bewältigungsstrategien verwenden, die eine gute Leistung verhindern.

Schlüsselwörter:

Blickbewegungsanalyse, Simulator, Zugverkehrsleitende, Leistung, Beanspruchung, Informationsverarbeitung, Informationsaufnahme

English Abstract

The thesis objective is to show how signalers with good performance differ in cognitive strategies of perception, information processing and subjective workload from signalers that show poor performance. Four hypotheses about information selection, perception, information processing and subjective workload have been stated and tested. A total of 11 signalers participated at the study in a simulator. Eye tracking, self-reporting on subjective workload, a survey and expert's judgments on signalers performance have been used to collect data. The results on selection and perception of information show the importance of accurate mental models of signalers. Contrary to the expectations efficacy in information processing doesn't seem to be an important predictor of signalers performance. It is speculated that signalers who performed poorly in the experiment used dysfunctional coping strategies to reduce subjective workload that in turn prevent good performance.

Keywords:

eye tracking, simulator, signaler, performance, subjective workload, comprehension, perception

Danksagung

Für die vorliegende Untersuchung habe ich Unterstützung von verschiedener Seite erhalten, dafür möchte ich mich bei allen bedanken. Prof. Dr. Katrin Fischer war meine Begleitdozentin und stand mir mit Rat und Feedback zur Seite. Susanne Roth und Markus Merz waren meine ersten Kontakte bei SBB und login, dank denen ich diese Masterarbeit bei diesen beiden Organisationen durchführen konnte. Michael Timar ist mir von login aus als Ansprechpartner zur Seite gestanden. Tabea Knecht von den SBB und Marcel Sidler von login haben mir bei der Koordination mit den Teilnehmenden und den Ausbildnern geholfen. Die Zugverkehrsleitendenausbildner, die mich bei der Datenerhebung unterstützt und den LTS Simulator am Laufen gehalten haben, waren Stefanie Bundi, Marco Lucca, Pascal Lehmann, Markus Scheuner und Adrian Fürer. Simon Steiner hat mich bei der Technik und dem Transport des Blickbewegungsregistrierungsgerätes entlastet. Ich möchte mich auch bei all denen bedanken, die mich bei dieser Masterthesis in irgendeiner Form unterstützt haben, und die hier nicht namentlich aufgeführt sind.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einleitung..... | 8 |
| 1.1 | Vorhergehendes Projekt | 9 |
| 1.2 | Praxispartner | 10 |
| 1.2.1 | SBB..... | 10 |
| 1.2.2 | login | 10 |
| 2 | Theoretischer Hintergrund..... | 10 |
| 2.1 | Menschliche Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung | 10 |
| 2.2 | Visuelle Aufmerksamkeit..... | 13 |
| 2.3 | Blickbewegungsparameter | 14 |
| 2.4 | Situation Awareness..... | 18 |
| 2.4.1 | Drei Ebenen Modell von Endsley..... | 18 |
| 2.4.2 | Das Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock | 20 |
| 2.5 | Mentale Modelle | 21 |
| 2.6 | Belastung und Beanspruchung..... | 22 |
| 2.6.1 | Belastung..... | 23 |
| 2.6.2 | Beanspruchung..... | 23 |
| 3 | Forschungsfrage | 24 |
| 3.1 | Ableitung der Forschungsfrage | 24 |
| 3.2 | Hypothesen | 24 |
| 4 | Methodisches Vorgehen | 27 |
| 4.1 | Untersuchungsdesign | 27 |
| 4.2 | Stichprobe | 28 |
| 4.3 | Datenerhebung..... | 29 |
| 4.4 | Simulationsszenario..... | 30 |
| 4.4.1 | Aufgabenbeschreibung..... | 30 |
| 4.4.2 | Informationen zum LTS Simulator..... | 31 |
| 4.4.3 | Validität von Simulatoruntersuchungen | 32 |
| 4.5 | Blickbewegungsregistrierung | 32 |
| 4.5.1 | Anwendungsgebiete..... | 32 |
| 4.5.2 | Verfahren und technische Mittel | 33 |
| 4.5.3 | Codierung nach Areas of Interest (AOI) | 35 |
| 4.6 | Expertenrating der Leistung | 36 |
| 4.7 | Beanspruchungsmessung..... | 37 |
| 4.8 | Datenaufbereitung und statistische Auswertung | 38 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.8.1 | Datenaufbereitung | 38 |
| 4.8.2 | Statistische Auswertung | 39 |
| 5 | Ergebnisse und Interpretation | 40 |
| 5.1 | Ergebnisse..... | 40 |
| 5.1.1 | Teilnehmendeneinschätzungen zur Augenscheinvalidität des Simulators..... | 40 |
| 5.1.2 | Reliabilität..... | 40 |
| 5.1.3 | Leistung | 41 |
| 5.1.4 | Hypothese 1..... | 41 |
| 5.1.5 | Hypothese 2..... | 44 |
| 5.1.6 | Hypothese 3a..... | 47 |
| 5.1.7 | Hypothese 3b..... | 48 |
| 5.1.8 | Hypothese 4a..... | 49 |
| 5.1.9 | Hypothese 4b..... | 49 |
| 5.1.10 | Sonstige Ergebnisse..... | 50 |
| 5.2 | Interpretation..... | 50 |
| 5.2.1 | Augenscheinvalidität des Simulators, Reliabilität des Codierschemas | 50 |
| 5.2.2 | Leistung | 51 |
| 5.2.3 | Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die Hypothesen | 51 |
| 5.2.4 | Hypothesen zu Informationsselektion und Informationsaufnahme (1 und 2) | 51 |
| 5.2.5 | Hypothesen zur Informationsverarbeitung (3a und 3b) | 53 |
| 5.2.6 | Hypothesen zur Beanspruchung (4a und 4b)..... | 54 |
| 6 | Diskussion..... | 55 |
| 6.1 | Implikation für die Praxis..... | 56 |
| 6.2 | Grenzen der Untersuchung | 56 |
| 7 | Ausblick..... | 58 |
| 8 | Literaturverzeichnis..... | 59 |
| 9 | Tabellenverzeichnis | 64 |
| 10 | Abbildungsverzeichnis..... | 64 |
| 11 | Anhang..... | 66 |
| | Anhang A : Abkürzungen | 66 |
| | Anhang B : AOI Bilder | 68 |
| | Anhang C : Statistische Berechnungen..... | 73 |
| | Anhang D : Szenarioablauf | 79 |
| | Anhang E : Fragebogen zur Simulatorvalidität | 81 |
| | Anhang F : Teilnehmerinformation | 82 |

| | |
|---|----|
| Anhang G : Leistungsbewertung | 84 |
| 12 Redlichkeitserklärung zur Masterthesis | 88 |

1 Einleitung

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden die ersten mechanischen Stellwerke in Betrieb genommen. Weichen und Signale wurden noch vor Ort und von Hand bedient. Um festzustellen, ob ein Gleis frei war, mussten sich Zugverkehrsleitende (im Folgenden mit ZVL abgekürzt) vor Ort visuell davon überzeugen. Seit damals hat sich vieles weiterentwickelt.

In den letzten Jahren haben sich die Arbeitsbedingungen für ZVL aufgrund voranschreitender Technisierung und Einführung neuer Computertechnologien stark verändert. Immer grössere Bereiche des Bahnnetzes können durch immer weniger ZVL überwacht und gesteuert werden. Durch diese Technisierung der Arbeit sind gleichzeitig auch die Anforderungen und die Verantwortung von und an ZVL angestiegen. Um den erhöhten Ansprüchen an die Kompetenzen der ZVL gerecht zu werden, müssen neben der Weiterentwicklung der technischen Unterstützung von ZVL in gleichem Masse auch deren Qualifikation zur Überwachung und Bedienung des Systems geschult werden. Eine gemeinsame Entwicklung des sozialen und technischen Teilsystems ist daher notwendig, um das Gesamtsystem verbessern zu können (Ulich, 1994). Die nachträgliche Anpassung nur eines Teilsystems führt zu suboptimalen Lösungen. Darum ist es in einem ersten Schritt notwendig, zunächst die Rolle des Menschen in diesem soziotechnischen System besser zu verstehen, um anschliessend das Gesamtsystem zu verbessern. Es ist deshalb notwendig, das Verständnis für Arbeit und Rolle von ZVL zu erweitern.

ZVL haben prinzipiell eine Überwachungsfunktion, sie greifen in der Regel nur in den Zugverkehr ein, wenn dieser nicht fahrplangemäss abläuft. Die Hauptaufgabenbereiche von ZVL (Fischer, 2008) sind (1) die Überwachung fahrplanmässigen Zugverkehrs im kontrollierten Sektor, (2) Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend der Tagesplanung, (3) das Management von Verspätungen, die Steuerung von Rangierbewegungen und Manövern, sowie (4) das Management von Störungen und Notfallsituationen. Um diese Aufgaben bewältigen zu können ist für ZVL das Aufrechterhalten des Situationsbewusstseins (Situation Awareness, SA) (Endsley, 1995) während der Überwachung und Steuerung des Bahnverkehrs über das Computersystem wichtig. Dazu gehören effektive und effiziente Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung. Informationen, die ZVL für ihre Arbeit benötigen, sind dabei hauptsächlich visuell verfügbar. Ausserdem ist der Umgang mit psychischen Belastungen und den daraus entstehenden Beanspruchungen für ZVL bei Ausführung ihrer Tätigkeit, insbesondere bei dem Management von Störungen, essentiell.

ZVL arbeiten heute an hochmodernen Arbeitsplätzen, sie überwachen und steuern den Bahnverkehr immer häufiger von Betriebszentralen (BZ) aus und nicht mehr direkt vor Ort. Seit 2010 sind die beiden BZ Lausanne (BZ West) und Zürich Flughafen (BZ Ost) in Betrieb. Bis 2014 werden noch die Zentren Olten (BZ Mitte) und Pollegio (BZ Süd) dazukommen (SBB, n. d. a). In diesen vier Betriebszentralen soll ab 2016 die gesamte Disposition, Operation und Kundeninformation der Reisenden sowie die Überwachung und Interventionssteuerung der technischen Infrastruktur der SBB zusammengeführt und bearbeitet werden.

Um das ZVL Training zusammen mit den technischen und infrastrukturellen Entwicklungen auf einem aktuellen Stand zu halten ist es wichtig, die psychologischen Leistungskriterien für gute ZVL-Arbeit zu kennen. Nur wenn diese Leistungskriterien bekannt sind, können sie in der Ausbildung entsprechend berücksichtigt werden. In dieser Arbeit wird dementsprechend der Forschungsfrage nachgegangen, wie sich ZVL mit guter Leistung von ZVL mit schlechter Leistung in ihren kognitiven Strategien der

Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie in ihrer Beanspruchung bei der Arbeit unterscheiden.

Im Anschluss an die Einleitung werden im zweiten Teil der Arbeit die theoretischen Grundlagen erörtert. Dabei werden die wichtigsten Modelle und Begriffe, die in diesem Bericht verwendet werden erklärt. Dazu gehören Modelle und Theorien zur menschlichen Informationsaufnahme und -verarbeitung, Situationsbewusstsein (SA) und das Belastungs-Beanspruchungskonzept (Schönpflug, 1987). Im Weiteren wird auf die visuelle Aufmerksamkeit sowie verschiedene Blickbewegungsparameter eingegangen.

Im dritten Teil wird genauer auf die Forschungsfrage und deren Ableitung eingegangen. Ausserdem werden vier aus der Fragestellung abgeleitete Hypothesen vorgestellt und begründet.

Im vierten Teil „Methodisches Vorgehen“ wird der Ablauf der Datenerhebung und der Datenauswertung dargestellt. Es wird auf das Untersuchungsdesign eingegangen und die einzelnen für diese Untersuchung verwendeten Methoden werden beschrieben. Zusätzlich werden die Datenaufbereitung und das Vorgehen bei der statistischen Auswertung erläutert.

Im fünften Teil werden die Ergebnisse und die Interpretation der Auswertung für die vier Hypothesen präsentiert.

Der sechste Teil der Thesis befasst sich mit der Diskussion der Ergebnisse und den Schlussfolgerungen, die daraus zu ziehen sind. Ebenfalls werden an dieser Stelle die Grenzen der Untersuchung thematisiert.

Abschliessend erfolgt ein Ausblick auf weitere mögliche Entwicklungen zum bearbeiteten Thema, bezogen auf Forschung, Methodik und Praxis.

1.1 Vorhergehendes Projekt

Die vorliegende Arbeit wurde zu einem grossen Teil von einem dieser Masterthesis vorhergehenden Projekt der FHNW beeinflusst. Dieses Projekt lieferte Wissen und Know-how, ohne das die vorliegende Masterthesis nicht in dieser Form hätte durchgeführt werden können.

Es handelt sich dabei um das von den SBB und der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) des Bundes finanzierte Forschungsprojekt „Kompetenzentwicklung und kognitive Modellierung in der Betriebsführung der SBB“. Das Projekt wurde in zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Phase (2007-2008) wurden die kognitiven Leistungen von ZVL analysiert und Expertenstrategien identifiziert. Zum Zweck der Identifizierung von Expertenstrategien wurde unter anderem auch Blickbewegungsregistrierung als Methode sowohl im Realbetrieb als auch in Simulatoren eingesetzt. In der zweiten Phase (2009-2011) wurden die Erkenntnisse aus der ersten Phase des Projekts zur Unterstützung der Neugestaltung der ZVL-Ausbildung genutzt. Ziel war es, Wissen über Expertenstrategien von ZVL in die Ausbildung einfliessen zu lassen und diese Strategien für Auszubildende nutzbar zu machen.

1.2 Praxispartner

Im Folgenden werden die Praxispartner-Unternehmen, mit welchen die Untersuchung realisiert wurde, in wenigen Zeilen beschrieben.

1.2.1 SBB

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) sind die grösste Reise- und Transportfirma der Schweiz. Sie befördert jährlich ca. 347 Millionen Fahrgäste und 50 Millionen Tonnen Güter. Insgesamt beschäftigt die SBB mehr als 28'000 Mitarbeitende und unterhält über 800 Bahnhöfe auf einem Streckennetz von 3'011 Kilometer Länge (SBB, n. d. a). Die rund 1'500 ZVL, die bei den SBB arbeiten, disponieren täglich um die 7'000 Reise- und 2'000 Güterzüge. Die Zusammenarbeit mit der SBB fand vor allem mit den Unternehmensbereichen Infrastruktur Betrieb, Sicherheit Betrieb sowie Bildungsverantwortung und Prüfung statt.

1.2.2 login

Login ist ein als Verein organisierter Ausbildungsverbund, der Berufslehren, Praktika und Weiterbildungen für mehr als 60 verschiedene Verkehrsbetriebe in der Schweiz durchführt. Neben 23 verschiedenen Berufslehren bietet login auch Zweitausbildungen für Berufsleute als Lockführer und seit 2011 auch als Zugverkehrsleitende an (Login, n.d.). Die Zusammenarbeit mit login wurde mit dem *Produktmanager ZVL* koordiniert.

2 Theoretischer Hintergrund

Ziel des Kapitels ist es, die Arbeitstätigkeit der Zugverkehrsleitenden aus einer psychologischen Sicht zu betrachten, um die aus der Forschungsfrage abgeleiteten Hypothesen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu stützen. Als theoretischer Ansatz zur Betrachtung der Arbeitstätigkeit wird auf die Systematik von Konzepten der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie auf Theorien des Situationsbewusstseins von Endsley (1995) und Smith und Hancock (1995) Bezug genommen. Ausserdem wird auf das Belastungs-Beanspruchungskonzept (Schönplflug, 1987) eingegangen.

Des Weiteren wird auf das Thema visuelle Aufmerksamkeit und verschiedene Blickbewegungsparameter eingegangen, um Hintergrund und Auswahl der für die Untersuchung verwendeten Methoden verständlich zu machen.

2.1 Menschliche Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung

Durch die Überwachungsfunktion, die Zugverkehrsleitende heutzutage ausführen, ist es ihre Hauptaufgabe geworden, (komplexe) Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und situationsadäquat zu handeln. Irritationen, Fehler oder Überforderungen bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen können schnell weitreichende negative Konsequenzen haben.

Der Mensch als informationsverarbeitendes System (Muthig , 1990) ist dabei kein passiver Empfänger von Informationen und Reizen. Er stellt ein aktives dynamisches System dar, das Informationen mit grosser Flexibilität aufzusuchen, aufzunehmen und zu verarbeiten im Stande ist. Rasmussen (1986) hat ein allgemeines *Input-Process-Output* (IPO) Modell zur menschlichen Informationsverarbeitung (Abbildung 1) postuliert, in dem verschiedene Abstraktionsebenen von Mensch-Maschine-Systemen sowie ihr Einfluss auf Informationsverarbeitung betrachtet werden. Zusätzlich werden auch System- und Umgebungseinflüsse berücksichtigt.

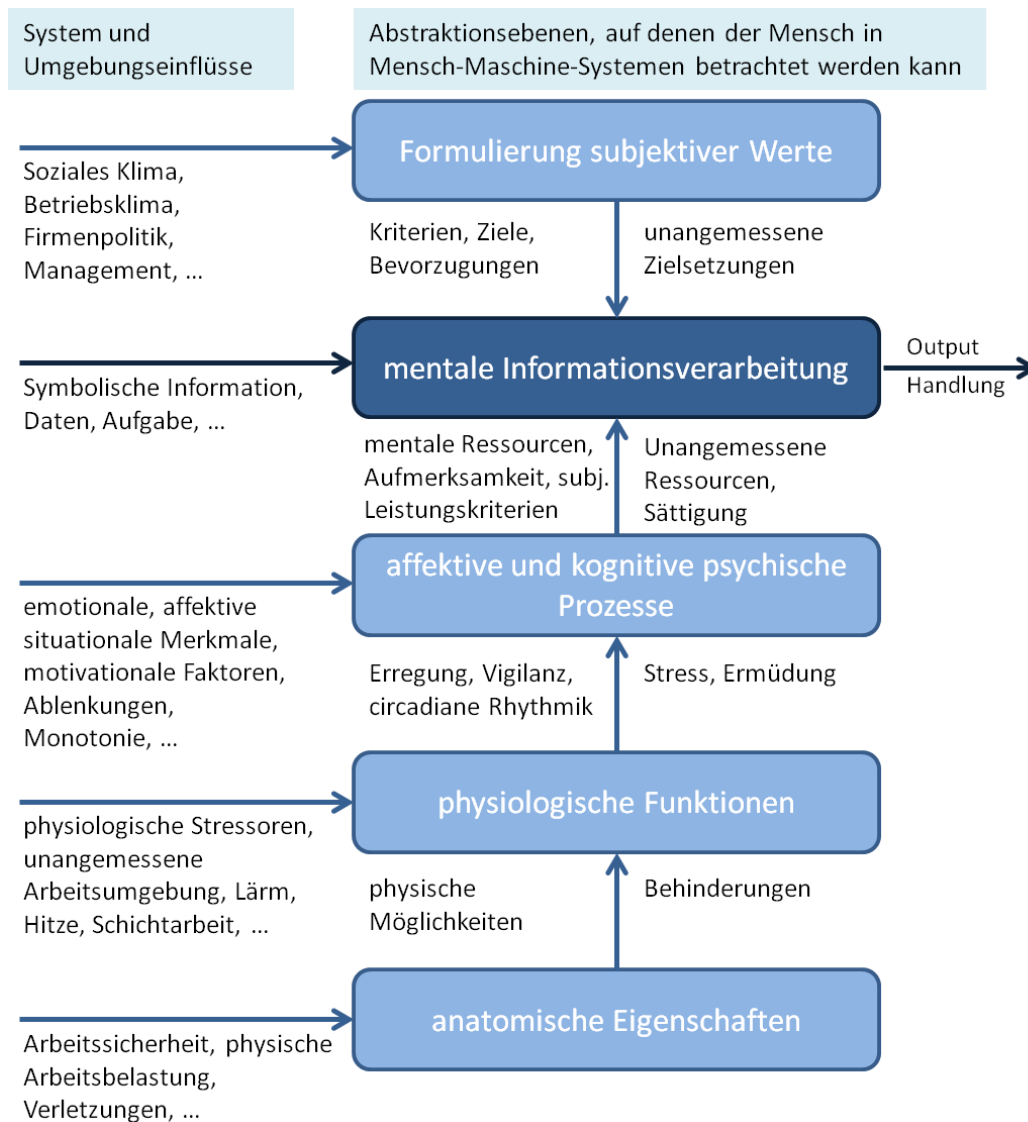


Abbildung 1: Rahmenmodell Menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1986) (zitiert nach Muthig, 1990 S.96)

Da sich die Interaktion zwischen Menschen und technischen Systemen nicht nur auf den Ebenen der Informationswahrnehmung und Informationsverarbeitung vollzieht, müssen sowohl sozial vermittelte Einflussfaktoren (oberhalb) wie auch psychisch vermittelte Einflüsse (unterhalb) dieser Abstraktionsebenen berücksichtigt werden (Muthig , 1990). Als Sozial vermittelte Einflüsse gelten z.B. Ziele und selbst gesetzte Auswahlkriterien, die ihrerseits beispielsweise durch das Betriebsklima oder die Firmenpolitik beeinflusst werden können. Für einen Fahrdienstleitenden heisst das beispielsweise, dass wenn Pünktlichkeit von Zügen als wichtiger Wert in der Firmenpolitik

internalisiert wird, dadurch seine Informationsverarbeitung und daraus folgende Handlungen entsprechend beeinflusst werden. Unter psychisch vermittelten Einflussgrößen werden beispielsweise verfügbare mentale Ressourcen sowie subjektive Leistungskriterien verstanden. Diese werden durch emotionale und situationale Merkmale sowie motivationale Faktoren aber auch von physiologischen Prozessen wie Erregung oder Ermüdung beeinflusst.

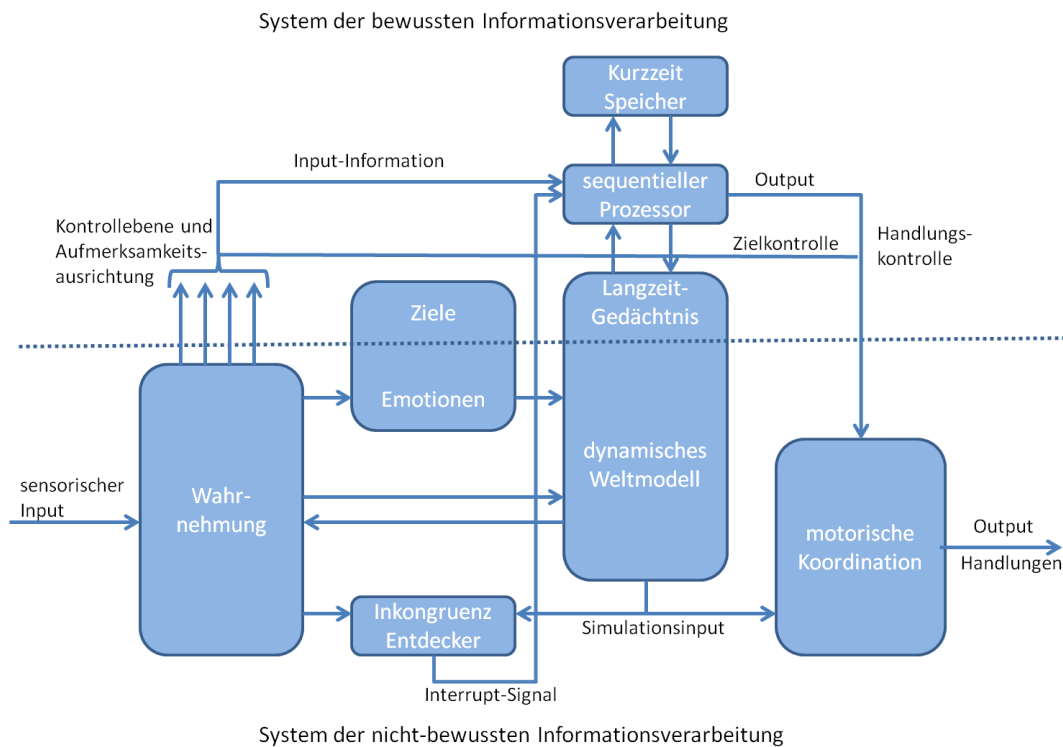


Abbildung 2: Aspekte und Grundfunktionen menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1986) (zitiert nach Muthig, 1990 S.97)

Rasmussen (1986) geht in Übereinstimmung mit aktuellen Konzepten der Aufmerksamkeit und des Situationsbewusstseins von zwei unterschiedlichen Verarbeitungssystemen aus (Abbildung 2). Ein erstes System ist dabei das der bewussten, kontrollierten Informationsverarbeitung. Dieses System ist durch einen sequentiell arbeitenden Prozessor mit begrenzter Kapazität gekennzeichnet. Er regelt die Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung in Situationen, die Improvisation, logisches Schlussfolgern oder symbolisches Denken verlangen. Dieses erste System koordiniert und kontrolliert teilweise auch das zweite System. Das zweite System ist das der nichtbewusstseinspflichtigen, automatisierten Informationsverarbeitung. Dieses ist das primäre Verarbeitungssystem. Es hat eine hohe Verarbeitungskapazität und verarbeitet Informationen verteilt und parallel. Dieses System leitet und richtet die menschliche Wahrnehmung auf der Basis von Wahrnehmungsinhalten und mentalen Modellen (dynamisches Weltmodell) aus (siehe dazu 2.4.2 Das Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock S.20 und 2.5 Mentale Modelle S.21). Durch verschiedene Koordinationsfunktionen des motorischen Systems werden dadurch auf die Umwelt abgestimmte Bewegungen und Handlungen ermöglicht. Obwohl in diesem System ablaufende Prozesse nicht bewusst werden, können dessen Verarbeitungsergebnisse (z.B. Bewegungen) teilweise durch das erste System überwacht und kontrolliert werden (Muthig, 1990).

2.2 Visuelle Aufmerksamkeit

Um genauer auf die Informationsaufnahme eingehen zu können wird in diesem Abschnitt das Thema Aufmerksamkeit behandelt. Da ZVL für die Ausführung ihrer Arbeit hauptsächlich auf visuelle Informationen angewiesen sind, wird im Folgenden vor allem auf diesen sensorischen Kanal eingegangen.

Häcker und Stampf (2004 S. 85) definieren Aufmerksamkeit als „eine gerichtete Bewusstseinshaltung, durch die das Beobachtungsobjekt apperzipiert wird. Dabei tritt auf der Objektseite ein Herausheben bestimmter Teilinhalte, auf der Subjektseite ein erhöhter, konzentrierter Einsatz des «Aufnahme- und Verarbeitungsapparates» ein“. Wobei mit Beobachtungsobjekt sowohl Vorgänge, Gegenstände als auch Ideen gemeint sind.

Wie bereits im Modell von Rasmussen (1986) zu Grundfunktionen menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung angedeutet (vgl. Abschnitt 2.1), kann davon ausgegangen werden, dass nicht alle wahrgenommenen sensorischen Informationen bewusst verarbeitet werden Broadbent (1958 nach Anderson, 2001) geht in seiner Filtertheorie davon aus, dass die sensorische Information das menschliche System ungehindert durchläuft, bis sie auf eine Art Flaschenhals trifft. An Stelle dieses Flaschenhalses wird unbewusst auf Basis verschiedener physikalischer Charakteristiken entschieden, ob eine Information weiterverarbeitet oder ob sie ausgefiltert wird. Es wird angenommen, dass die Auswahl der physikalischen Charakteristiken, die für eine Weiterverarbeitung der Informationen entscheidend sind, durch bewusste sowie durch unbewusste Prozesse beeinflusst wird (Anderson, 2001).

Visuelle Aufmerksamkeit kann als eine Art Scheinwerferlicht betrachtet werden, das von einer Person umher bewegt werden kann, um auf verschiedene Bereiche des visuellen Feldes zu fokussieren (Anderson, 2001). Die visuelle Aufmerksamkeit einer Person liegt auf einem einzigen Ziel des visuellen Feldes. Üblicherweise wird jener Teil des visuellen Feldes mit dem Blick fixiert, auf dem die Aufmerksamkeit liegt. Die Grösse dieses Scheinwerferlichts kann um mehrere Grade des Sehwinkels variieren. Je umfassender der Scheinwerferlicht-Bereich innerhalb des visuellen Feldes ist, desto schlechter ist die Verarbeitung der einzelnen sensorischen Informationen innerhalb dieses Ausschnitts. Wenn die visuelle Aufmerksamkeit auf wenige Grade des Sehwinkels fokussiert wird, ist eine maximale Verarbeitung dieses Bereichs des visuellen Feldes möglich. Im Falle, dass eine Person visuelle Informationen aus einem Bereich des Blickfeldes verarbeiten will, der nicht mit visueller Aufmerksamkeit belegt ist, muss diese erst in den entsprechenden Bereich des Blickfeldes bewegt werden. Um komplexe visuelle Umgebungen verarbeiten zu können ist es nötig, die Aufmerksamkeit im visuellen Feld umher zu bewegen.

Um zu untersuchen, wo die visuelle Aufmerksamkeit einer Person liegt, werden in verschiedenen Anwendungsgebieten der modernen Forschung Methoden der Augen- und Blickbewegungsregistrierung eingesetzt (z.B. Brüngger, Fischer, Bezzola, Meyenberg, Widmer, Steiner, Gärtner & Ritz, 2011; Duchowski, 2002; Moore, 2009; Wickens & Alexander, 2009). Dem Zentrum unseres Blickfeldes ist meistens auch unsere visuelle Aufmerksamkeit zugewendet. Das heisst, wenn wir dem Blick von jemandem folgen können, folgen wir seiner Aufmerksamkeit. Daraus können wir ableiten, was jemanden interessiert und wie er die Umgebung wahrnimmt (Duchowski, 2007).

Das gesamte Blickfeld eines Auges umfasst einen Bereich von ca. 100°. Objekte, die im Zentrum des Blickfeldes stehen, werden deutlicher wahrgenommen und verarbeitet als solche am Rande. Der Bereich des schärfsten Sehens beträgt ca. 1° um einen fixierten Punkt. Dass die Wahrnehmung im Zentrum des Blickfeldes am deutlichsten ist, liegt an der Verteilung der lichtempfindlichen Rezeptoren auf der Netzhaut. Das Zentrum des schärfsten Sehens ist auf der Netzhaut dort, wo die Dichte der Rezeptoren am höchsten ist. Es wird auch Fovea Centralis oder gelber Fleck genannt. Besonders die für das Farbsehen verantwortlichen Zapfen sind dort zu finden. Je weiter der Fokus sich auf der Netzhaut von der Fovea Centralis entfernt, desto weniger deutlich werden das Bild und die wahrgenommenen Farben (Joos, Rötting & Velichkovsky, 2003) (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Renitales Abbild (Dornhöfer, Pannasch & Unema, 2003 S.4)

Damit der Mensch aber auch Objekte in der Peripherie seines Blickfeldes deutlich erkennen kann, springt das Auge mit Sakkadenbewegungen im Blickfeld zwischen interessierenden Objekten umher. Der Unterschied zwischen subjektiv wahrgenommener Umgebung und den Bildern, die vom Auge gesehen werden, kommt zustande, weil das Gehirn die einzelnen Bilder der Fixationen zu einem Ganzen zusammenfügen kann (Keseling, 2006).

Wichtige Begriffe, die zum Verständnis der visuellen Aufmerksamkeit benötigt werden, sind Fixationen und Sakkaden. Auf sie wird im nächsten Abschnitt neben anderen Blickbewegungsparametern noch näher eingegangen.

2.3 Blickbewegungsparameter

Im Folgenden werden die wichtigsten Parameter, die in Blickbewegungsuntersuchungen verwendet wurden erläutert, um ein besseres Verständnis für die in dieser Thesis genutzten Masse zu bekommen.

Fixationen

Fixationsdauern sind wahrscheinlich die am häufigsten erfassten und analysierten Parameter der Augenbewegungen. Fixationen bezeichnen die Momente, in denen sich das Auge in relativer Ruhe zu einem Sehobjekt befindet. Während einer Fixation werden visuelle Informationen aufgenommen. Nach empirischen Befunden liegt die Minimaldauer für eine Fixation bei 100 Millisekunden, übliche durchschnittliche Fixationsdauern sind aber um ein vielfaches länger (Rötting, 1999).

Allgemein wird davon ausgegangen, dass Fixationsort und Zentrum der visuellen Aufmerksamkeit miteinander übereinstimmen. Tatsächlich konnte gezeigt werden, dass dies nicht zwingend der Fall sein muss (Dornhöfer et al., 2003). Es ist möglich, Objekte aus den Augenwinkeln heraus zu beobachten, ohne sie zu fixieren. Einige Forscher gehen davon aus, dass die visuelle Aufmerksamkeit immer vor der Einleitung einer neuen Sakkade auf den nächsten Fixationspunkt gelegt wird, wie dies beispielsweise beim Lesen der Fall ist. Dies bedeutet, dass die Fähigkeit, etwas aus den Augenwinkeln zu beobachten, dazu da ist, um entscheiden zu können, wo als nächstes hingeschaut wird (Dornhöfer et al., 2003). Ein anderer Spezialfall, bei dem Fixationsort und Zentrum der Aufmerksamkeit nicht miteinander übereinstimmen, ist das Nachdenken. Dabei wird die Aufmerksamkeit nach innen gerichtet, ohne sie auf einem Objekt in der Umgebung zu lassen.

Es wird angenommen, dass aus der Fixationsdauer Rückschlüsse auf die Tiefe der kognitiven Verarbeitung gezogen werden können. Die verschiedenen Verarbeitungsebenen (levels of processing) erstrecken sich von der Wahrnehmung der perzeptiven Merkmale eines Objekts (geringe Verarbeitungstiefe notwendig), über die semantische Verarbeitung durch Kategorisierung (mittlere Verarbeitungstiefe notwendig) bis hin zu einer kreativen, selbstreferenziellen (metakognitiven) Ebene (Ebene der Tiefsten Verarbeitung). Kurze Fixationsdauern zeigen demnach eine oberflächliche kognitive Verarbeitung an, während länger dauernde Fixationen für eine höhere kognitive Verarbeitung sprechen (Dornhöfer et al., 2003).

In Versuchen konnte ein Zusammenhang zwischen Fixationsdauer und Tiefe der Verarbeitung nachgewiesen werden. Dabei wurden Versuchspersonen Schwarzweissbilder unterschiedlicher, nicht bekannter Gesichter gezeigt. Um die Tiefe der kognitiven Verarbeitung erfassen zu können, wurden ihnen im Anschluss Fragen zu den Bildern auf den verschiedenen Verarbeitungsebenen gestellt: z.B. mehr schwarz oder weiss? Für die perzeptuelle Ebene; Mann oder Frau? Für die semantische Ebene; Sympathisch oder unsympathisch? Für die metakognitive Ebene.

Je länger die Bilder fixiert werden konnten, desto besser konnten im Anschluss die gestellten Fragen auch für die tieferen Verarbeitungsebenen beantwortet werden. Mit modernen bildgebenden Verfahren konnte nachgewiesen werden, dass es sich bei den verschiedenen Verarbeitungsebenen auch tatsächlich um unterschiedliche Prozesse im Gehirn handelt (Dornhöfer et al., 2003).

Mit Ausnahme der bereits erwähnten Spezialfälle, bei denen Aufmerksamkeit und Fixationspunkt nicht übereinstimmen, kann also davon ausgegangen werden, dass die Fixationsdauer identisch ist mit der Dauer der Informationsverarbeitung.

Die Fixationsdauer wird auch als Mass für die Schwierigkeit einer Aufgabe herangezogen (Rötting, 1999). Wird die Schwierigkeit einer Aufgabe durch die Fixationsdauer interpretiert, gilt es Folgendes zu beachten. Je grösser die Schwierigkeit der Aufgabe ist, desto länger dauert die Fixation. Erfahrung, Vorwissen und Expertise können die Fixationsdauer negativ beeinflussen. Bei Aufgaben, für die ein schnelles Reagieren gefordert wird, wie beispielsweise das Lenken eines Fahrzeuges, kann eine grössere Beanspruchung sogar zu kürzeren Fixationsdauern führen (Rötting, 1999). Dies ist möglich, wenn der Körper durch die gestellte Aufgabe in einen erhöhten Erregungszustand (arousal niveau) versetzt wird und unter anderem vermehrt Adrenalin ausschüttet.

Sakkaden

Sakkaden sind schnelle, sprunghafte Bewegungen bei denen das Auge auf ein Sehobjekt gerichtet wird. Sie können durch Reflexe (bottom- up) oder willkürlich durch gezielte Verhaltenspläne (top-down) ausgelöst werden. Sakkaden gelten als ballistische Bewegungen, da sie, sobald sie einmal in Gang gesetzt wurden, nicht willkürlich gestoppt werden können. Dies ist erst möglich, sobald das Auge am Ziel angelangt ist. Sie sind die schnellsten Bewegungen, zu denen ein menschlicher Körper fähig ist. Es wurden Sakkadengeschwindigkeiten von bis zu 1000°/Sekunde gemessen. Müdigkeit hat keinen Einfluss auf ihre Geschwindigkeit, Medikamente und Alkohol können die Geschwindigkeiten jedoch senken (Rötting, 1999).

Area of Interest (AOI)

Eine AOI beschreibt einen Bereich im Blickfeld, der für die wissenschaftliche Untersuchung von Bedeutung ist. Sie werden vor den Auswertungen durch den Untersuchenden festgelegt. Obwohl AOI selbst keine Blickbewegungsparameter sind, sind sie oft notwendig, um diese zu berechnen (Jacob und Karn, 2003).

Kumulative Blickdauer

Dieser Parameter bezeichnet die prozentuale Verweildauer von allen Blicken einer Person während eines bestimmten Zeitraums auf eine AOI. Es wird angenommen, dass die kumulative Verweildauer in einer AOI die Wichtigkeit der darin enthaltenen Elemente für den Betrachter widerspiegelt (Moore, 2009). Je wichtiger die Informationen in einer AOI, desto länger wird sie insgesamt betrachtet. Da mit der kumulativen Blickdauer die subjektiv wahrgenommene Wichtigkeit einer AOI erfasst wird, können Unterschiede zwischen Gruppen mit verschiedenartigen mentalen Modellen (siehe 2.5 Mentale Modelle S.21) erwartet werden. Bei einer Gruppe mit einem einheitlichen mentalen Modell wird eine geringere Varianz in diesem Parameter erwartet, als wenn dies nicht der Fall wäre.

Moore (2009) weist darauf hin, dass die kumulativen Verweildauern mit einem anderen oft in Blickbewegungsstudien verwendeten Mass konfundieren, der Fixationshäufigkeit in einer AOI. Es bleibt deshalb unklar, ob die kumulative Verweildauer oder die Fixationshäufigkeit in einer AOI das geeignete Mass sind, um die subjektive Wichtigkeit einer AOI festzustellen.

Durchschnittliche Blickdauer

Dieser Parameter bezeichnet die durchschnittliche Verweildauer eines Blickes in einer AOI. Die durchschnittliche Blickdauer beinhaltet typischerweise mehrere aufeinanderfolgende Fixationen und Sakkaden innerhalb einer AOI (Jacob & Karn, 2003).

Der Parameter berechnet sich für jede AOI aus der kumulativen Blickdauer geteilt durch die Häufigkeit, mit der die AOI betrachtet wurde.

Die durchschnittliche Blickdauer in einer AOI gibt an, wie gross die Schwierigkeit einer Person ist, Informationen in dieser AOI zu aufnehmen und/oder zu verarbeiten (Fitts, Jones & Milton, 1950; Jacob & Karn, 2003). Je länger die durchschnittliche Blickdauer einer Person in einer AOI, desto schwieriger ist es für diese Person, Informationen dort aufzunehmen und /oder zu verarbeiten. Konfrontiert mit der gleichen Situation wird ein besser trainierter oder erfahrenerer ZVL insgesamt kürzere durchschnittliche Blickdauern haben, als ein weniger gut trainierter oder erfahrenerer. Ergebnisse einer Studierendenarbeit (Bezzola, Brüngger, Meyenberg, Steiner & Widmer, 2008) bestätigen diese Annahme ($p=.018$) im Zusammenhang mit ZVL Experten(durchschnittliche Blickdauer 2.89 Sekunden) und Novizen(durchschnittliche Blickdauer 4.88 Sekunden), die in einer realen Arbeitsumgebung untersucht wurden.

Blickpfad

Blickpfade beschreiben die räumliche Orientierung einer Sequenz von mehreren Fixationen und Sakkaden (Josephson & Holmes, 2002). Blickpfade können in einer Übergangsmatrix erfasst werden. In einer solchen Übergangsmatrix werden die Übergangshäufigkeiten von Blicken zwischen den Verschiedenen AOI dargestellt (Goldberg & Kotval, 1999).

Nach der *Scanpath Theory* von Noton und Stark (1971) sind Blickpfade das Produkt von adaptiven Lernprozessen. Myers und Gray(2010) zeigten in zwei Experimenten, dass sich Blickpfade in regelmässigen Sequenzen wiederholen. Diese Wiederholungen weisen bezüglich genauen Fixationsorten und Fixationsdauern stets eine gewisse Varianz in sich auf. Durch Erfahrung mit bestimmten Aufgaben (task experience) verringert sich diese Varianz. Diese Adaption der Blickpfade zeigt die gelernte Fähigkeit, Informationen effizienter aufzunehmen und zu verarbeiten. Solche Verbesserungen in der Aufgabenausführung deuten darauf hin, dass Blickpfade das Wissen darüber, welche Informationen aufgenommen und verarbeitet werden sollten und welche Vernachlässigt werden können, zur Bearbeitung einer bestimmten Aufgabe repräsentieren. Pool und Ball (2005) schreiben dazu, dass das Abweichen von einem etablierten Blickpfad Suchprobleme oder einen Mangel an (User-)Training mit einem System anzeigen kann. In einer Studie (Elhelw, Nicolaou, Chung und Yang, 2008) konnte aufgezeigt werden, dass Experten beim Betrachten einer Videoaufzeichnung einer Bronchoskopie (medizinisches Verfahren zur Spiegelung der Bronchien) im Vergleich zu Novizen eine klarer definierte und eine konsistentere Blickstrategie bezüglich den Übergängen zwischen verschiedenen AOI zeigten. Mit Bezug auf das Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock (1995)(siehe Abschnitt 2.4.2 S.20) kann angenommen werden, dass ZVL mit einem ähnlichen mentalen Modell bezüglich ihrer Arbeit auch ähnliche Blickpfade während dieser zeigen.

Lidschlussrate

Ein weiteres Mass, das bei Blickbewegungsuntersuchungen eingesetzt wird ist die Lidschlussrate. Die Lidschlussrate gibt an wie oft eine Person in einem bestimmten Zeitraum blinzelt. Sie dient als Indikator für die Beanspruchung einer Person, wobei eine geringe Lidschlussrate eine hohe Beanspruchung anzeigt (Poole & Ball, 2005). Die Lidschlussrate wird neben Beanspruchung noch durch andere Faktoren wie Müdigkeit, Beleuchtung und Klima beeinflusst, deshalb wird sie nicht so

häufig als Parameter in Blickbewegungsuntersuchungen verwendet wie die anderen vorgestellten Masse.

2.4 Situation Awareness

„...knowing what's going on so you can figure out what to do“ (Adam, 1993; zitiert nach Biella und Schäfer, 2002 S. 251).

Eine kurze und allgemein verständliche Umschreibung des Begriffs Situation Awareness / Situationsbewusstsein (SA) wird bereits im oben stehenden Zitat gegeben. Bei SA geht es in erster Linie darum, wie bewusst sich Personen darüber sind, was um sie herum geschieht und was diese Information für den Moment und projiziert in die Zukunft bedeutet. SA hat sich in den letzten Jahren zu einem sehr häufig verwendeten Konzept bei Untersuchungen von Mensch-Maschine-Systemen entwickelt. So wurde SA bereits in den verschiedensten Bereichen wie z.B. in Flugverkehrskontrolle, Atomkraftwerken, Chemiewerken, Medizin, Militär und Fahrzeugsteuerung untersucht (Endsley, Bolté & Jones, 2003; Reader, Flin, Mearns & Cuthbertson, 2011; Stanton, Salmon, Walker, Baber & Jenkins, 2005). Für ZVL ist SA deshalb sehr relevant, weil es ihnen ermöglicht, aus den verfügbaren Informationen zukünftige Systemzustände vorauszusagen und darauf zu reagieren. So lassen sich kritische Situationen und Abweichungen vermeiden. Während der Arbeit bestimmen vor allem zwei Prozesse die SA von ZVL: (1) Das Aufrechterhalten eines Situationsabbildes durch ein *Update von einzelnen Elementen* dieses Abbildes. Das heisst einerseits die Überwachung von Zügen hinsichtlich Geschwindigkeit und Pünktlichkeit sowie die Überwachung der Strecken bezüglich relevanter Signale, Weichen, Störungen etc. (2) Die *Auswahl der Elemente, die ein Update benötigen* ist besonders in Situationen mit hoher Belastung wichtig. Dabei müssen ZVL die Prioritäten richtig setzen, um eine adäquate SA aufrechtzuerhalten (Fischer, 2008). Individuelle Voraussetzungen die den Aufbau von SA beeinflussen sind u.a. Fähigkeiten, Ziele und mentale Modelle.

Aufbau und Aufrechterhaltung von SA kann durch Gestaltung der Umgebung, wie z.B. Bedienelementen gezielt beeinflusst werden (Endsley et al.2003).

2.4.1 Drei Ebenen Modell von Endsley

In den meisten aktuellen Texten zu SA dominieren die Definition und das *drei Ebenen Modell zu SA* von Endsley (1995) als Ausgangspunkt und Erklärungsansatz dafür, was SA ist. Endsley (1995, S.88) definiert SA wie folgt:

„ ...the perception of elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future“

Das drei Ebenen Modell beschreibt SA als Resultat von drei hierarchisch gegliederten und voneinander abhängigen Prozessen(Abbildung 4).

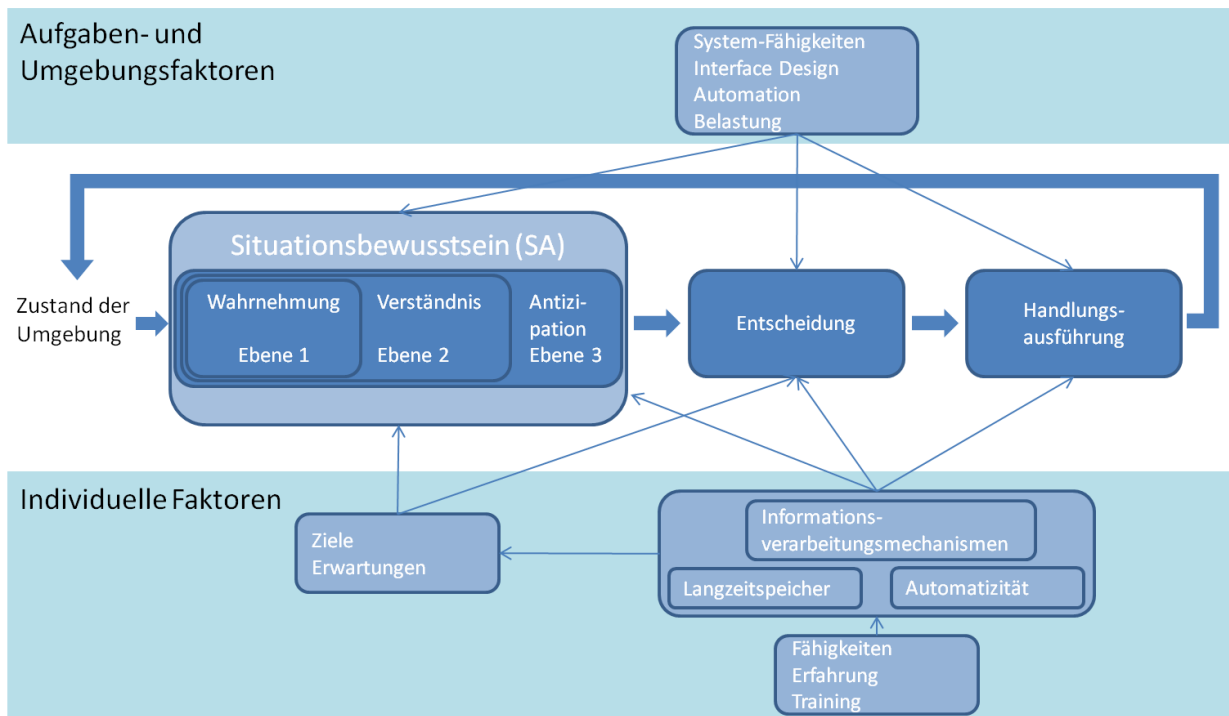


Abbildung 4: Drei Ebenen Modell des Situationsbewusstseins (Endsley, 2000 S.3)

Ebene 1: Informationsaufnahme

Auf Ebene 1, der Bildung von SA werden einzelne physikalische Elemente in der Umwelt wahrgenommen. Die Wahrnehmung von solchen Elementen ist fundamental. Ohne die grundlegende Aufnahme von wichtigen Informationen ist es kaum möglich, sich ein adäquates Bild einer Situation zu machen (Endsley, 2000). In einer Studie von Jones und Endsley(1996) konnte bei 111 untersuchten SA-Fehlern von Piloten in 76% der Fälle auf fehlende Aufnahme von benötigten Informationen geschlossen werden.

Ebene 2 : Situationsbewertung

Auf der zweiten Ebene wird die Aktuelle Gesamtsituation erfasst (Biella & Schäfer, 2002). Dabei werden die einzelnen Elemente, die auf der Ebene 1 wahrgenommen wurden, zusammengesetzt, kombiniert, interpretiert und gespeichert. Auf dieser Ebene wird bereits ermittelt, was die aktuelle Situation für bestimmte Ziele einer Person bedeutet (Endsley, 2000). Jones und Endsley (1996) konnten in ihrer Studie bei 20% der SA-Fehler von Piloten auf eine fehlende oder fehlerhafte Situationsbewertung schliessen.

Ebene 3: Projektion

Auf der dritten Ebene von SA wird aus den aktuell wahrgenommenen und verarbeiteten Informationen der Zustand der Elemente in unmittelbarer Zukunft abgeleitet (Biella und Schäfer, 2002). Die Fähigkeit, aus aktuellen Geschehnissen und Veränderungen zukünftiges Geschehen und dessen Implikationen zu antizipieren, steht für die höchste Ebene von SA(Endsley, 2000).

SA selbst wirkt sich als eine Hauptinputvariable auf Entscheidungsverhalten einer Person aus und vermittelt darüber auch auf Handlungsausführung und Performanz. Gute SA führt aber nicht zwingend zu guten Entscheidungen oder einer guten Performanz. Beispielsweise können trotz guter SA Entscheidungen in Problemsituationen fehlerhaft sein, weil eine unangemessene Strategie zur Problembewältigung ausgewählt wird, oder es fehlt die nötige Erfahrung. Zusätzlich werden Entscheidungen und Performanz auch durch individuelle Persönlichkeitsfaktoren wie Risikobereitschaft oder Impulsivität beeinflusst. Nicht zuletzt können auch trotz fehlender SA gute Entscheidungen getroffen werden, wenn auch nur durch Zufall (Endsley, 2000).

Über Handlungen und Performanz verändert sich jeweils auch der Zustand der Umgebung, also auch die einzelnen Elemente, die auf Ebene 1 von SA wahrgenommen werden.

2.4.2 Das Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock

Das Wahrnehmungszyklus Modell (Abbildung 5) von Smith und Hancock (1995) fokussiert stärker auf SA als Prozess und nicht wie das drei Ebenen Modell auf SA als Resultat. Oberflächlich betrachtet wirken diese Modelle deshalb widersprüchlich, tatsächlich beschreiben jedoch beide Modelle nur unterschiedliche Facetten desselben Phänomens. Nach dem Wahrnehmungszyklus Modell wird die Interaktion eines Akteurs mit der Umwelt durch interne Schemata geleitet. Die Ergebnisse einer solchen Interaktion verändern anschliessend die ursprünglichen Schemata, welche ihrerseits weitere Interaktion mit der Welt lenken. Dieser Prozess der geleiteten Interaktion und Modifikation setzt sich in zyklischer Form fort (Stanton et al., 2005).

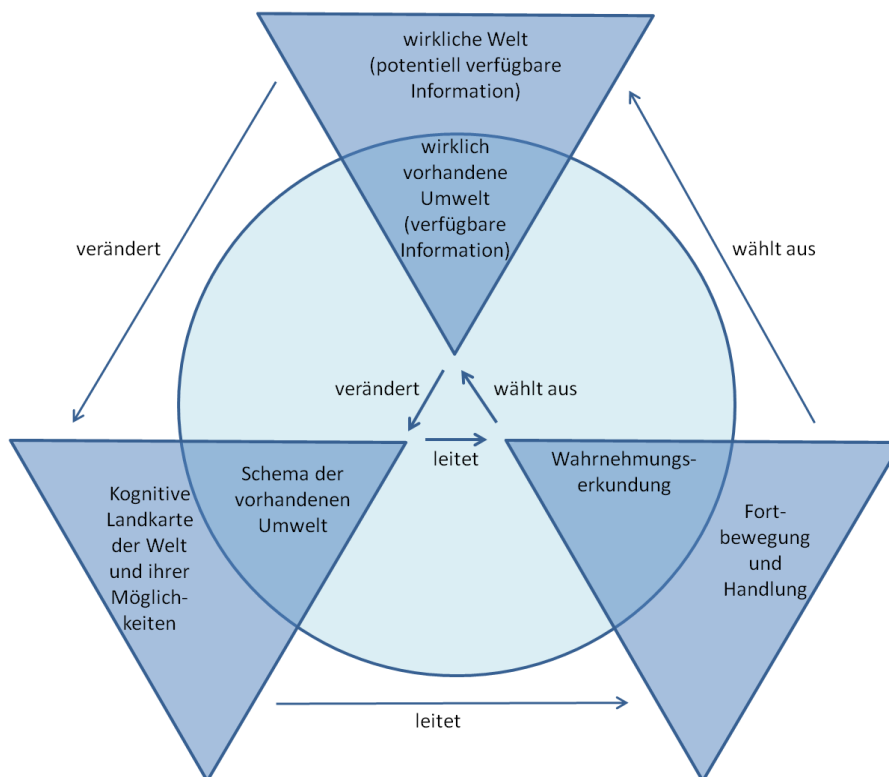


Abbildung 5: Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock (1995, zitiert nach Heuer, 2002 S.65)

Das Wahrnehmungszyklus Modell erklärt, wie SA durch die Interaktion eines Akteurs mit der Umwelt hergestellt und aufrechterhalten wird. Wie im Wahrnehmungszyklus Modell von Neisser (1976), auf

welchem das Modell von Smith und Hancock (1995) basiert, wird beschrieben, wie durch frühere Erfahrungen die Suche nach Informationen in einer aktuellen Situation beeinflusst wird. SA bildet sich demnach um Schemata und mentale Modelle, die ein Akteur von der aktuell vorhandenen Umwelt hat (stammend aus der kognitiven Landkarte der Welt des Akteurs) und die Informationen über die aktuelle Situation enthalten. Diese mentalen Modelle erleichtern die Antizipation von situationsbezogenen Ereignissen, indem sie die Wahrnehmung auf bestimmte Hinweise (cues) in der Umgebung leiten und damit die Informationsselektion sowie auch Fortbewegung und Handlungen des Akteurs steuern. Der Akteur überprüft dann, ob sich die Situation in der wirklich Vorhandenen Umwelt wie erwartet entwickelt. Unerwartete Entwicklungen lösen eine weitere Suche und Exploration aus, durch die das existierende mentale Modell wiederum verändert und modifiziert wird. Durch den Wahrnehmungszyklus werden die mentalen Modelle und Schemata eines Akteurs kontinuierlich angepasst (Stanton et al., 2005). Das Wahrnehmungszyklus Modell erklärt somit den Zusammenhang von Wahrnehmungslenkung, z.B. durch Blickbewegungen, und mentalen Modellen.

2.5 Mentale Modelle

Der Begriff des mentalen Modells wird in der Psychologie auf vielfältige Weise verwendet. Gemeinsam ist allen Konzepten, dass der Mensch in seiner Rolle als Problemlöser und informationsverarbeitendes System betrachtet wird (Heuer, 2002). Der Mensch sucht in seiner Umwelt aktiv nach Informationen, aus denen er mentale Repräsentationen aufbaut, die er anschließend für die Lösung von Problemen nutzen kann. Neue Informationen werden dabei nie losgelöst von anderen Informationen abgespeichert, sondern immer vor dem Hintergrund bereits vorhandenem Wissen interpretiert und eingeordnet (Anderson, 2001). Gespeichertes Wissen stellt dabei kein starres, passives Abbild der Umwelt dar. Es wird vielmehr als interne Repräsentation individuell und aktiv konstruiert (Seel, 1991). Wahrnehmung und Informationssuche werden durch die vorhandenen Repräsentationen der Umwelt gezielt geleitet (vgl. 2.4.2 Wahrnehmungszyklus Modell Smith und Hancock, 1995 auf S.20). Mentale Modelle stellen intern konstruierte und abstrahierte Nachbildungen bestimmter Ausschnitte der Realität dar (Heuer, 2002). Dabei werden jedoch nicht alle Attribute der Realität eins zu eins übertragen dargestellt, sondern nur die Bestandteile, die von dem Konstrukteur eines Modells für relevant erachtet werden.

Menschen bilden mentale Modelle von technischen Systemen, um deren Funktionsweise zu verstehen. Die Eigenschaften des Systems werden dabei so abgebildet, dass ein Erkenntnisgewinn ermöglicht wird. Mentale Modelle haben drei grundsätzliche Funktionen (Heuer, 2002): (1) Sie dienen zur *Vereinfachung* von komplexen Phänomenen, (2) sie *veranschaulichen* Zusammenhänge und ermöglichen so häufig ein erleichtertes Problemlösen und (3) sie dienen dem *analogen Erklären* von beobachteten Phänomenen. Dabei werden diese Phänomene in Analogie zu einem bereits bekannten Sachverhalt gesetzt.

In Verbindung mit mentalen Modellen wird oft auch den Begriff der Schemata verwendet. Obwohl sich bisher keine einheitliche Definition dieses Begriffs durchsetzen konnte, werden Schemata analog zu Heuer (2002) im Folgenden als Unterkategorie von mentalen Modellen betrachtet. Schemata bilden auf Erfahrungen gestützte, typische Zusammenhänge der Realität ab. Sie sind Strukturen, in denen Wissen organisiert wird. Schemata enthalten Leerstellen (Slots), welche die Funktion variabler Bestandteile des Wissens einnehmen. Beispielsweise könnte für einen ZVL das Schema für 'Bahnhof' die Slots 'Anzahl Gleise', 'Bahnhofslänge' und 'Maximalgeschwindigkeit für

durchfahrende Züge´ enthalten. Nach Heuer (2002) verfügen Experten über allgemeinere und abstraktere Schemata, während sich jene von Novizen eher auf einer konkreten Objektebene befinden.

Mentale Modelle als Form der Wissensrepräsentation sind eine zentrale Voraussetzung für eine effiziente Problemlösung (Heuer, 2002). Sie ermöglichen es, Bedienern von komplexen Anlagen (wie z.B. ZVL in einem Stellwerk) ein konsistentes Modell einer Gesamtanlage zu konstruieren. Sie dienen der Repräsentation des Problemraumes und der Veranschaulichung von Zusammenhängen, die das Transformieren eines unerwünschten Zustands in einen erwünschten Zielzustand ermöglichen. Dadurch ermöglichen mentale Modelle gezielte Eingriffe in das System und über eine mentale Simulation auch die Vorhersage von Systemzuständen.

Nach Reason (1990) gehören mentale Modelle zu den wichtigsten Leistungsvoraussetzungen zur Führung und Beherrschung von komplexen technischen Systemen. Allerdings sind diese Modelle auch fehleranfällig. Norman (1983) erstellte eine Liste von Mängeln mentaler Modelle auf. Demnach sind sie bezogen auf die Umwelt, die sie abbilden: (1) Unvollständig, sie bilden Realität nie in all ihren Aspekten ab. (2) Nicht immer einsetzbar, die Fähigkeit mentale Modelle „ablaufen“ zu lassen, um vorhersagen zu treffen, ist stark eingeschränkt. (3) Instabil, Menschen vergessen Bestandteile eines Systems. (4) Unscharf, ähnliche Elemente und Operationen werden oft miteinander Verwechselt. (5) Unwissenschaftlich, sie basieren oft auf falschen, „abergläubischen“ Annahmen. (6) Sparsam, um mentalen Aufwand zu reduzieren, wird eine tiefe Modellkomplexität zusätzlichem physischem Aufwand vorgezogen.

Damit Menschen eine fehlerfreie Leistung zeigen können, ist eine möglichst grosse Übereinstimmung von mentalen Modellen und den Gegebenheiten der realen Welt nötig (Heuer, 2002). Durch akkurate mentale Modelle wird eine genaue und weniger fehleranfällige Passung von Handlungen und den Gegebenheiten in der Umwelt möglich.

2.6 Belastung und Beanspruchung

Neben einer guten SA und den damit verbundenen akkuraten mentalen Modellen sind auch situationsangemessene Bewältigungsstrategien zum Umgang mit Belastung und Beanspruchung eine zentrale Leistungsvoraussetzung für die ZVL Arbeit. Generell kann zwischen physischen und psychischen Belastungen und Beanspruchungen unterschieden werden. Für die vorliegende Arbeit sind dabei in erster Linie die psychischen Belastungen und Beanspruchungen von Interesse, auf sie wird im Folgenden näher eingegangen. Schönpflug (1987) trennt die beiden Konzepte Belastung und Beanspruchung klar voneinander. Belastung bezeichnet dabei ausschliesslich von aussen auf eine Person einwirkenden Bedingungen. Beanspruchung hingegen bezeichnet die Auswirkungen dieser Bedingungen auf eine Person. Das Thema Belastung und Beanspruchung ist in Bezug auf die Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung von ZVL von Bedeutung. Eine Zu hohe Beanspruchung bei Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten führt zu erhöhtem kognitivem Aufwand und kann zu verminderter Leistung der betroffenen Personen führen (Hoyos & Brüggemann, 1985).

2.6.1 Belastung

Belastung wird durch die DIN-Norm Nr. 33405 als „die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die von aussen auf einen Menschen zukommen und auf ihn psychisch einwirken“ (Häcker und Stampf, 2004 S.118) bezeichnet. Belastung ist ein aus der Aufgabe bzw. der Arbeit entstehendes objektives Attribut. Belastungen können kognitiver Natur sein, z.B. wenn für die Bearbeitung einer Aufgabe informationsverarbeitende Prozesse nötig sind. Hoyos und Brüggemann (1985) empfehlen zur Messung von Belastungen durch Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten von den Anforderungen der Arbeitsaufgabe auszugehen. Diese Anforderungen können am einfachsten durch Expertenurteile erfasst werden. Die Arbeit von ZVL ist mit einer Vielzahl an Belastungen verbunden wie z.B. Zeitknappheit, Telefonanrufe, Störungen, Verspätungen von Zügen, Anzahl kontrollierter Elemente (Bahnhöfe, Kreuzungen, Signale, Züge) im Sektor wie auch der maximale Geschwindigkeitsunterschied von Zügen im kontrollierten Sektor (Pickup, Wilson und Lowe, 2010).

Belastungen wirken auf den Menschen ein und führen, abhängig von Leistungsvoraussetzungen und anderen Ressourcen, zu physischen und psychischen Auswirkungen, die als Beanspruchung bezeichnet werden (Hoyos und Brüggemann, 1985).

2.6.2 Beanspruchung

Psychische Beanspruchung bezeichnet die „individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand“ (DIN-Norm Nr.33405 nach Häcker und Stampf, 2004 S.106).

Das psychologische Wörterbuch von Häcker und Stampf (2004 S.105) definiert Beanspruchung ausserdem als „die subjektive Auswirkung einer von aussen einwirkenden Belastung“.

Beanspruchung drückt sich im Individuum durch die Verschlechterung bestimmter Leistungen oder die Vergrösserung der nötigen psychischen Anstrengung aus. Physiologische Auswirkungen von Beanspruchung können z.B. Erhöhung des Blutdrucks sowie Adrenalin- und Cortisolausschüttung im Körper sein. Zusätzlich können sich Emotionen wie Angst, Wut, Ärger, Unzufriedenheit oder Nervosität entwickeln (Zimolong, Elke und Trimpop, 2006). Negative längerfristige Folgen von Beanspruchung können eine erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten, Schlafstörungen und mangelnde Erholungsfähigkeit sein.

Beanspruchung wird als interne Grösse und Resultat aus Informationsaufnahme Prozessen und eigener Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie von Vermittlungsprozessen zwischen äusseren und inneren Gegebenheiten gesehen (Hoyos und Brüggemann, 1985). Verschiedene Menschen sind bei gleicher Belastung immer verschieden beansprucht. Durch gezieltes Verhalten zur Belastungsbewältigung kann die Beanspruchung von Individuen bewusst gesenkt werden. Individuelle Strategien zur Reduktion von Beanspruchung können nach Kaluza (2004) drei Ansatzpunkte verfolgen: (1) Management der Belastungen, z.B. durch Zeitplanung und Setzen von Prioritäten. (2) Veränderung der persönlichen Bewertung einer Situation, z.B. durch Einstellungsänderung oder Sinnggebung. (3) Reaktionsorientierte Bewältigung, z.B. durch Entspannungsübungen, Pausieren oder körperliche Bewegung (Kaluza, 2004).

3 Forschungsfrage

In diesem Kapitel wird zunächst die Forschungsfrage aus den Zielen der Arbeit abgeleitet. Danach werden die Hypothesen, die zur Beantwortung der Frage dienen vorgestellt und mit den zuvor vorgestellten theoretischen Grundlagen begründet.

3.1 Ableitung der Forschungsfrage

Ziel dieser Masterarbeit ist es, festzustellen, wie sich ZVL mit guter Leistung von ZVL mit schlechter Leistung in ihren kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie in ihrer Beanspruchung bei der Arbeit unterscheiden. Mit kognitiven Strategien sind Prozesse gemeint, die der unmittelbaren Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung dienen (Endsley, 1995). Die ebenfalls mit kognitiven Strategien assoziierten Themen Antizipation und Problemlösung werden zu Gunsten einer methodischen Einschränkung und aufgrund von limitierten Ressourcen nicht Teil dieser Arbeit sein.

Die Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit lautet demnach:

Wie unterscheiden sich ZVL mit guter Leistung von ZVL mit schlechter Leistung in ihren kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie in ihrer Beanspruchung bei der Arbeit?

Was bedeutet „gute Leistung“ bei den ZVL? Zunächst einmal wird „gute Leistung“ operationalisiert über die Bewertung der Problemlösung durch einen externen Experten. Hierbei können die ZVL besser oder schlechter bewertet werden (auf einer Schulnotenskala von 1 bis 6 (mit einem Inkrement von 0,5); als „gut“ gilt hier eine Bewertung von 5 bis 6 hat, als „schlecht“ gilt hier eine Bewertung die tiefer oder gleich 4,5 ist. Aber was bedeutet eine „gute Leistung“ auf der psychologischen, insbesondere der kognitiven Ebene? Was ist bei ZVL mit „guter Leistung“ anders und möglicherweise effizienter als bei ZVL mit „schlechter Leistung“? Welche kognitiven Prozesse führen also letztlich zu einer guten Leistung und welche zu einer weniger guten?

Die folgenden Hypothesen dienen zur Untersuchung von kognitiven Prozessen, die mit Leistung auf einer psychologischen Ebene assoziiert sind.

3.2 Hypothesen

Um die weiter oben aufgeführte Hauptfragestellung zu beantworten, werden nachfolgend vier Hypothesen aufgestellt, die in dieser Arbeit zu diesem Zweck wissenschaftlich überprüft werden sollen.

Informationsselektion

ZVL mit guter Leistung erkennen die für die jeweilige Aufgabenbearbeitung wichtigen Informationselemente eher als ZVL mit schlechterer Leistung. Dies sollte sich in einer geringeren Varianz in den kumulativen Verweildauern bei den ZVL mit hoher Leistung verglichen mit den ZVL mit geringerer Leistung zeigen.

Hypothese 1: Die kumulativen Verweildauern in den verschiedenen AOI, als Indikator für wahrgenommene Wichtigkeit der verschiedenen Bereiche für die Aufgabenbearbeitung, weisen bei den ZVL mit guter Leistung eine geringere Varianz auf als bei den ZVL mit schlechter Leistung.

Begründung der Annahme: Heuer (2002) geht davon aus, dass Menschen nur dann gezielt eine fehlerfreie Leistung zeigen können, wenn eine möglichst grosse Übereinstimmung von mentalen Modellen und den Gegebenheiten der realen Welt und der aktuellen Situation besteht. Durch die gute Passung von akkuraten mentalen Modellen mit dem tatsächlichen Geschehen in einer Situation, werden genauere und weniger fehleranfällige Handlungen möglich.

Ein akkurateres mentales Modell der Situation führt bei den ZVL sowohl zu ähnlichen Einschätzungen der Wichtigkeit von verschiedenen Bereichen für die Aufgabenbearbeitung wie auch zu einer höheren Leistung.

Informationsaufnahme

ZVL mit guter Leistung nehmen die für die Aufgabenbearbeitung jeweils relevanten Informationen effizienter auf als ZVL mit schlechterer Leistung. Dies sollte sich in einer geringeren Varianz in den Übergangshäufigkeiten der Blicke zwischen verschiedenen AOIs bei den ZVL mit hoher Leistung verglichen mit den ZVL mit geringerer Leistung zeigen.

Hypothese 2: Die Übergangshäufigkeiten der Blicke zwischen den verschiedenen relevanten Areas of Interest (AOI) weisen bei den ZVL mit höherer Leistung eine geringere Varianz auf als bei den ZVL, die eine geringere Leistung zeigen.

Begründung der Annahme: Durch die gute Passung von akkuraten mentalen Modellen mit dem tatsächlichen Geschehen in einer Situation, werden effizientere Scanning-Strategien möglich.

Ein akkurateres mentales Modell der Situation führt bei den ZVL sowohl zu ähnlichen, optimierten, Scanning-Strategien wie auch zu einer höheren Leistung. Durch ein akkurateres mentales Modell sind die verwendeten Blickpfade der Teilnehmer einheitlicher. Die Varianz in der Wiederholung der verwendeten Blickpfade ist dadurch geringer (Myers & Gray, 2010).

Informationsverarbeitung

ZVL mit guter Leistung verarbeiten Informationen effizienter als ZVL mit schlechterer Leistung. Durch eine effizientere Informationsverarbeitung sind ZVL in der Lage, Situationen schneller einzuschätzen und bei Bedarf darauf zu reagieren. Durch das schnellere Erfassen der Situation bleibt den ZVL mehr Zeit, eine adäquate Vorgehensweise auszuwählen und durchzuführen, als den ZVL mit einer weniger effizienten Informationsverarbeitung. Dies sollte sich in kürzeren durchschnittlichen Verweildauern der ZVL mit guter Leistung auf den einzelnen AOIs zeigen. Zusätzlich sollte sich dies in kürzeren durchschnittlichen Fixationsdauern der ZVL mit guter Leistung zeigen.

Hypothese 3a: Die durchschnittliche Verweildauer von Blicken auf einer AOI als Indikator für eine effiziente Informationsverarbeitung, ist bei ZVL mit guter Leistung kürzer als bei ZVL mit schlechter Leistung.

Hypothese 3b: Die durchschnittliche Fixationsdauer, als Indikator für eine effiziente Informationsaufnahme, ist bei ZVL mit guter Leistung kürzer als bei ZVL mit schlechter Leistung.

Begründung der Annahmen: Die durchschnittliche Verweildauer auf einer AOI ist umso länger, je schwieriger es für einen Teilnehmer ist, Informationen aus ihr zu extrahieren und/oder Informationen daraus zu verarbeiten (Fitts, Jones & Milton, 1950, Jacob & Karn, 2003).

Eine lange durchschnittliche Fixationsdauer bei der Aufgabenbearbeitung weist auf Schwierigkeiten bei der Informationsverarbeitung hin (Jacob & Karn, 2003, Rötting, 1999).

Beanspruchung

Für diejenigen ZVL, die eine gute Leistung zeigen, sind Situationen mit gleicher objektiver Belastung subjektiv weniger beanspruchend als für die ZVL, welche eine schlechtere Leistung zeigen. Dies zeigt sich in der Selbsteinschätzung der subjektiv wahrgenommenen Beanspruchung der ZVL. Zusätzlich kann eine höhere Beanspruchung auch durch eine geringere Lidschlussrate festgestellt werden.

Hypothese 4a: Bei gleicher Belastung ist die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung der ZVL, die eine gute Leistung zeigen geringer als die, der ZVL mit schlechter Leistung.

Hypothese 4b: Bei gleicher Belastung, ist die Lidschlussrate der ZVL, die eine gute Leistung zeigen höher als die, der ZVL mit schlechter Leistung.

Begründung der Annahme: Je effektiver die Bewältigungsstrategien für kognitive Belastungen der Teilnehmer sind, umso geringer wird für sie die subjektive Beanspruchung ausfallen. Teilnehmer mit ineffektiven Bewältigungsstrategien sind durch eine Situation schneller überfordert, was zu verminderter Leistung führt. Eine zu hohe Beanspruchung bei Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten führt zu erhöhtem kognitivem Aufwand und zu verminderter Leistung der betroffenen Personen (Hoyos und Brüggemann, 1985).

Die Lidschlussrate kann als Indikator für Beanspruchung verwendet werden, wobei eine geringe Lidschlussrate eine hohe Beanspruchung anzeigt (Poole & Ball, 2005).

4 Methodisches Vorgehen

Aus der Fragestellung - *Welche Unterschiede können in den kognitiven Strategien zur Aufgabenbearbeitung zwischen Zugverkehrsleitenden der verschiedenen Ausbildungsgruppen betreffend Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und wahrgenommener Beanspruchung festgestellt werden?* – und den aufgestellten Hypothesen leitet sich das methodische Vorgehen ab.

In diesem Kapitel wird die methodische Vorgehensweise dargestellt. Neben dem Untersuchungsdesign, der Untersuchungsstichprobe und der Datenerhebung, werden auch die in der Untersuchung eingesetzten Methoden und Instrumente, beschrieben. Im letzten Teil des Kapitels wird abschliessend auf die Datenaufbereitung und die Datenauswertung eingegangen.

Kognitive Prozesse, die der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung dienen, lassen sich weder deutlich voneinander trennen noch unabhängig voneinander untersuchen (Muthig, 1990). Diese Prozesse werden deshalb gemeinsam mit Hilfe von Blickdatenregistrierung untersucht. Dabei liegt der Fokus in der Auswertung insbesondere auf Fixationsdauern sowie Verweildauern und Übergangshäufigkeiten von Blicken auf AOI, um die kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung erfassen zu können.

Um die wahrgenommene Beanspruchung erheben zu können, wurde bei der Untersuchung eine spezifisch für ZVL entwickelte Skala eingesetzt. Ausserdem wird als zweites Mass für die Bestimmung der Beanspruchung von ZVL die Lidschlussrate verwendet.

Um ein hohes Mass an Standardisierung zu garantieren, wurden alle Daten der Untersuchungen in einer hochmodernen Simulatoranlage und mit dem für alle Teilnehmenden gleichen Szenario erhoben.

4.1 Untersuchungsdesign

Das Design der Untersuchung kann in drei Phasen unterteilt werden (Abbildung 6).

In einer ersten Phase haben die Teilnehmer eine Ausbildung zum ZVL absolviert. Die Ausbildung wurde vier Monate vor der eigentlichen Datenerhebung in der zweiten Phase abgeschlossen.

In der zweiten Phase wurden die Teilnehmenden in einem Simulator mit einem Szenario konfrontiert, dass sie bearbeiten mussten. Für alle Teilnehmenden war das Szenario, das bearbeitet wurde, dasselbe. Während dieser Phase wurden mithilfe eines Blickbewegungsmessgerätes die abhängigen Variablen kumulative Blickdauer per AOI, durchschnittliche Blickdauer per AOI, Übergangshäufigkeiten von Blicken zwischen den verschiedenen AOI, durchschnittliche Fixationsdauer und die Lidschlussrate erfasst. Mithilfe der Integrated Workload Scale (Pickup, Wilson, Norris, Mitchell & Morrisroe, 2005) wurde, als weitere abhängige Variable, an drei vordefinierten Zeitpunkten in der Simulation die wahrgenommene Beanspruchung der Teilnehmenden gemessen.

Die dritte Phase der Untersuchung fand direkt nachdem die Teilnehmenden das Simulatorszenario beendet hatten statt. In dieser Phase haben die zwei bei der Simulation Anwesenden ZVL- Ausbilder in gemeinsamer Abstimmung die Leistung der Teilnehmenden beurteilt. Zur gleichen Zeit füllten die Teilnehmer einen Fragebogen zur Bestimmung der Realitätsnähe des Simulators aus.

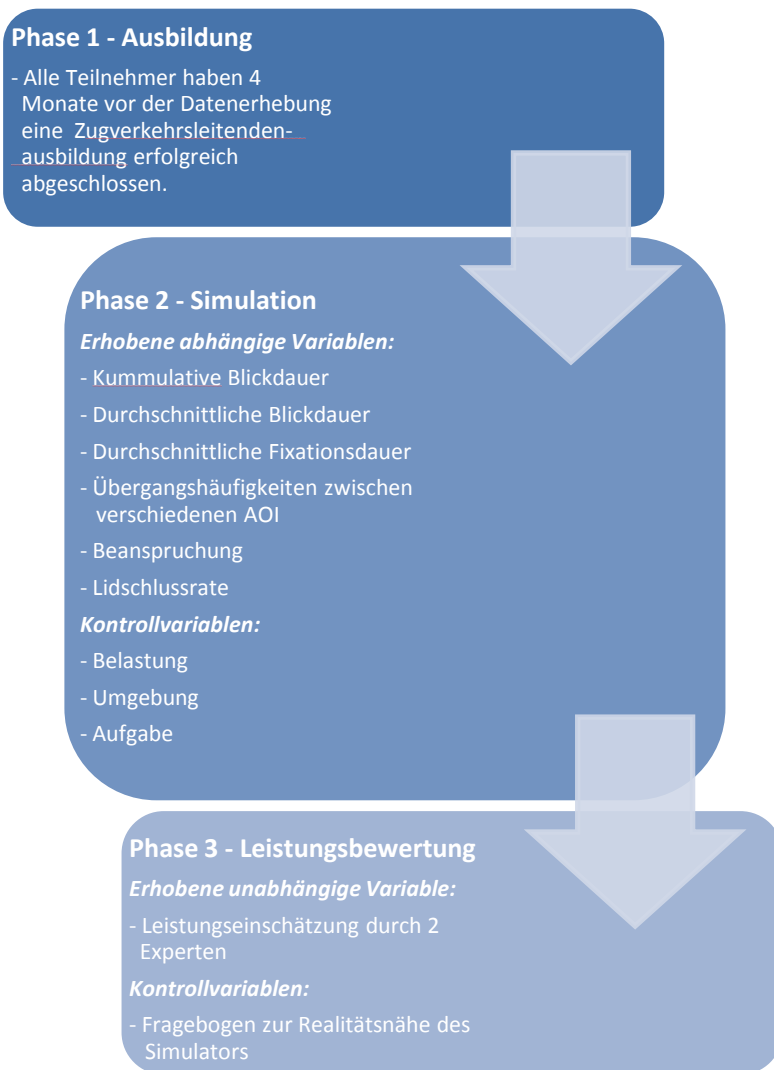


Abbildung 6: Grafische Darstellung des Untersuchungsplans

Für alle Teilnehmenden war das Vorgehen in allen Phasen der Untersuchung gleich strukturiert. Die Datenauswertung fand im Anschluss statt.

4.2 Stichprobe

Bei der für die Untersuchung ausgesuchten Teilnehmenden handelt es sich um eine Gelegenheitsstichprobe. Die Vorauswahl der Teilnehmenden wurde dabei von den Praxispartnern login und SBB durchgeführt, wobei der Zeitpunkt des Ausbildungsabschlusses das Hauptauswahlkriterium darstellte. Der Ausbildungsabschluss war bei allen Teilnehmenden vier Monate vor der Datenerhebung. Zwischen dem Ausbildungsabschluss und der Untersuchung arbeiteten die Teilnehmenden als ZVL oder als Informationsassistenten in einem Stellwerk/BZ der SBB.

An der Untersuchung nahmen insgesamt 11 ausgebildete ZVL Teil. Die Teilnehmenden waren im Alter zwischen 20 und 30 Jahren ($M = 25,36$). Eine Aufteilung der Gruppe nach Teilnehmenden, die eine gute Leistung zeigten ($n = 4$) und nach Teilnehmenden, die eine schlechte Leistung zeigten ($n = 7$) wurde nach der Bearbeitung des Szenarios, aufgrund der dabei gezeigten Leistung vorgenommen. Die Stichprobe bestand aus 7 männlichen und 3 weiblichen ZVL.

4.3 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand im März 2012 an fünf verschiedenen Tagen statt. Während der gesamten Datenerhebung waren zwei ZVL-Ausbildner dabei. Einer der Ausbildner hatte dabei die Aufgabe der Simulatorsteuerung. Dieser stellte sicher, dass das Simulationsszenario für die Teilnehmenden planmässig, entsprechend dem vorgegebenen Szenario (siehe Anhang D : Szenarioablauf) ablief. Der zweite ZVL-Ausbildner diente als Ansprechperson für Funk- und Telefonkontakte, die von den Teilnehmenden während des Szenarios kontaktiert werden mussten.



Abbildung 7: Setting für die Datenerhebung: Links der ZVL-Ausbildner, der als Ansprechperson diente; in der Mitte eine Teilnehmerin mit aufgesetztem Blickbewegungsmessgerät am Simulator; Rechts der Arbeitsplatz zur Überwachung der Blickbewegungsaufnahmen. Nicht zu sehen ist der ZVL-Ausbildner, der von einem weiteren Arbeitsplatz aus den Simulator steuert.

Alle teilnehmenden ZVL wurden im Vorfeld durch ein Schreiben über Ablauf, Zweck und Voraussetzungen der Datenerhebung informiert (siehe Anhang F : Teilnehmerinformation). Zu den Voraussetzungen gehörte, dass alle Teilnehmenden am Tag der Datenerhebung keine Kontaktlinsen sondern ersatzweise eine Brille trugen. Alle Teilnehmenden wurden ausserdem gebeten, während der Datenerhebung keine Wimperntusche zu tragen. Wimperntusche und Kontaktlinsen hätten das Erkennen des Cornea-Reflexes für das Blickbewegungsmessgerät erschwert oder sogar verunmöglicht. Ohne Erkennung des Cornea Reflexes wäre unmöglich gewesen festzustellen, wo ein Teilnehmer hinblickt.

Es folgt eine tabellarische Auflistung des Ablaufs der Datenerhebung für jeden Teilnehmer.

Tabelle 1: Ablauf der Datenerhebung für jeden Teilnehmer

| Nr. | Schritt | Zeit |
|-----|--|------------------------------|
| 1. | - Einrichten des Arbeitsplatzes (Testkalibrierung). | (bevor Teilnehmer erscheint) |
| 2. | - Begrüßung der Teilnehmerin oder des Teilnehmers und kurze Erklärung des Ablaufs und der Geräte. - Zeigen und durchgehen der Integrated Workload Scale, deren Funktion und Einsatz während dem Szenario wird geklärt. | 5 min |
| 3. | - Kalibrierung des Blickbewegungsregistrierungsgerätes. - Wenn nötig, entfernen von Augenmakeup. | 15 min |
| 4. | - Start des Szenarios mit Briefing. - Festhalten der genauen Startzeit auf Frage- und Protokollbogen (Videobildanzeige). | 0 min |
| 5. | - Szenario läuft ab. - Abgeben der Integrated Workload Scale in den Minuten 13, 38 und 52. (jeweils Notieren der Uhrzeit auf einem Blatt) - Ausfüllen des Plans zum Individuellen User Interface mit Hilfe eines Ausbildners oder einer Ausbilderin. - Notieren besonderer Vorkommnisse auf Protokollbogen. | 75 min |
| 6. | - Stoppen der Aufnahme bei Szenarioende. - Speicherung der Aufnahme. - notieren der Zeit auf Protokollbogen | 0 min |
| 7. | - Teilnehmer füllen Fragebogen zum Szenario aus. - Ausbilder beraten sich zur Leistungsbewertung. Festhalten der Beurteilung auf Protokollbogen. | 18 min |
| 8. | - Teilnehmenden zeigen wie die Aufnahme aussieht | 1 min |
| 9. | - Rückmeldung der Ausbilder an den Teilnehmenden | 5 min |
| 10. | - Dank und Verabschiedung des Teilnehmenden | 1 min |
| | | Total: 120 min |

4.4 Simulationsszenario

4.4.1 Aufgabenbeschreibung

Alle Teilnehmenden bearbeiteten dasselbe Szenario. Das Szenario wurde von ZVL-Ausbildnern zum Zweck der Prüfungsvorbereitung in der ZVL-Ausbildung erstellt, keiner der teilnehmenden ZVL kannte das Szenario im Voraus. Die ZVL überwachten und steuerten für das Szenario den Bereich „Rontal“ (mit den Bahnhöfen Ebikon, Gisikon, Meggen, Luzern Verkehrshaus und Küsnacht). Ein ZVL kannte den Bereich aus der praktischen Arbeit im Stellwerk, in dem sich das Szenario abspielte. Der Start des Szenarios war nach Fahrplan um 07:00 Uhr, das Ende um 08.15 Uhr. Während dem 1h 15 min dauernden Szenario mussten die ZVL verschiedene Aufträge bearbeiten und Störungen beheben. Unter anderem mussten Gleise gesperrt, Rangierfahrten gestellt werden und die ZVL mussten trotz

eines defekten Signals den Verkehr durch einen Bahnhof disponieren (siehe Anhang D : Szenarioablauf für eine genaue Beschreibung des Szenarios).

4.4.2 Informationen zum LTS Simulator

LTS steht für Lern- und Trainingssystem. Es handelt sich dabei um ein computergestütztes Simulationssystem auf Basis der Leit- und Stellwerktechnik, der Original-Topografie und des Original-Fahrplans. Das LTS bietet für ZVL eine realitätsnahe Aus-, Weiterbildungs- und Trainingsmöglichkeit. Die Beherrschung der Betriebsprozesse können mit Hilfe des LTS gezielt geschult werden. Die Simulationen können dabei verschiedenste Szenarien, vom störungsfreien Regelbetrieb bis hin zu massiven, kumulierten Störungen im Betriebsablauf, abdecken. (SBB, 2007).



Abbildung 8: Ausbildung von ZVL am LTS in Zürich Kloten (BZ OST)

LTS bildet für die ZVL die im Realbetrieb eingesetzte ILTIS (Integrales Leit- und Informations-System) Leittechnik ab. Neben der Leittechnik, die von den ZVL direkt gesteuert wird, werden auch Stellwerke und Fahrverhalten von Zügen simuliert, die indirekt, mit Hilfe der Leittechnik, gesteuert werden. Topologie-, Rollmaterial-, Fahrplan- und Zuglenkdaten die im LTS benutzt werden, basieren auf realen und aktuellen Vorbildern.

Trotz der hohen Realitätsnähe, die das LTS als Simulator für die ZVL-Ausbildung bietet, werden noch nicht alle von ZVL in der Praxis eingesetzten Systeme abgebildet. So fehlen bisher z.B noch von ZVL häufig verwendete Systeme wie das RCS (Rail Control System), das den ZVL Möglichkeiten der Vorausplanung der Gleisbelegung gibt oder das KIB (Kundeninformationssystem auf den Bahnhöfen).

Die Räumlichkeiten in denen der LTS Simulator steht, der in der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde, entsprechen denen, die im BZ Ost im Realbetrieb benutzt werden. Der Simulator ist so eingerichtet, dass er im Falle eines Notfalles in einem Stellwerk oder einem BZ auch als Rückfallebene genutzt werden kann.

4.4.3 Validität von Simulatoruntersuchungen

Da in der vorliegenden Arbeit bei der Datenerhebung mit einem Simulator gearbeitet wurde, stellt sich die Frage nach der Gültigkeit der Resultate. Feinstein und Cannon (2001) gehen davon aus, dass die Gültigkeitsüberprüfung von Resultaten aus Simulatoruntersuchungen durch zwei Prozesse sichergestellt werden können. (1) Einerseits ist dies der Prozess der Verifikation eines Simulators. Bei der Verifikation geht es darum sicherzustellen, dass ein Simulator so funktioniert wie beabsichtigt. Zur Verifikation gehört vor allem der Prozess der Fehlerbeseitigung. Der in der Untersuchung verwendete LTS Simulator wurde seit in Betriebsame, 8 Monate vor der Datenerhebung, von allen Benutzern konstant auf Fehler überprüft und gefundene Fehler wurden vom Hersteller des Simulators beseitigt. Obwohl der LTS Simulator nicht als komplett fehlerfrei gilt, kann davon ausgegangen werden, dass der Simulator weitgehend funktioniert wie beabsichtigt. (2) Andererseits wird von Feinstein und Cannon (2001) der Prozess der Validierung als wichtig erachtet. Validierung bedeutet dabei, dass die Verhaltensweisen, die in einer Simulation gezeigt werden, den im realen System gezeigten möglichst ähnlich sind (Riener, 2010). Es wird angenommen, dass die Validität eines Simulators mit seiner Realitätsnähe (fidelity) zusammenhängt. Unterstützt wird diese Annahme auch durch den *ecological approach* (Proctor & Vu, 2010). Dieser Ansatz der Human Factors Forschung geht davon aus, dass Wahrnehmung und Handlung stark miteinander zusammenhängen. Je realer eine simulierte Umgebung von einer Person wahrgenommen wird, desto eher entsprechen ihre Handlungen denen, die sie auch in einer realen Situation zeigt.

Natürlich kann ein Simulator nie alle Aspekte einer realen Situation wiedergeben (absolute Validität). Zum Beispiel wird eine Fehlhandlung im Simulator für keinen Fahrgast zur Gefahr, in einer Realsituation aber möglicherweise schon. Mit dem Wissen darum, dass es sich um eine Simulation handelt, kann also höchstens eine relative Validität (Riener, 2010) erreicht werden. Relative Validität bedeutet, dass die Handlungen im Simulator lediglich vergleichbar, jedoch nicht identisch sind mit denen in einer Realsituation.

Um die Realitätsnähe des verwendeten Simulators zu überprüfen, wurden alle Teilnehmenden nach der Bearbeitung des Szenarios zu ihrer Einschätzung der Realitätsnähe des LTS befragt. Die Simulation wurde von den Teilnehmenden ZVL bezüglich visueller Darstellung, Bedienung und Auswirkung der Bedienungen als realistisch eingeschätzt (siehe 5.1.1 Teilnehmendeneinschätzungen zur Augenscheinvalidität des Simulators auf S. 40). Aufgrund dieser Teilnehmereinschätzungen kann, für die während der Simulation erhobenen Daten, eine relative Validität angenommen werden.

4.5 Blickbewegungsregistrierung

In diesem Abschnitt wird genauer auf die eingesetzte Datenerhebungsmethode der Blickbewegungsregistrierung eingegangen.

4.5.1 Anwendungsgebiete

Für die Methode der Blickbewegungsregistrierung gibt es mittlerweile viele Anwendungsgebiete. Um die vielfältige Einsetzbarkeit der Blickbewegungsregistrierung darzustellen und die Verwendung der Methode in diesem Projekt einordnen zu können, wird im Folgenden ein kurzer Überblick über die verschiedenen Anwendungsgebiete der Methode gegeben.

In den Neurowissenschaften und der psychologischen Grundlagenforschung werden verschiedenste Themen mit Hilfe der Blickbewegungsregistrierung bearbeitet. Dazu gehören Lesen, Suchstrategien, Wahrnehmung von Umgebung und Gesichtern, Film und Kunst, Untersuchen der Auswirkungen von Gehirnläsionen sowie Schlafforschung und viele mehr.

In Marketing und Werbung wird die Methode eingesetzt um festzustellen, wie Werbung im Fernsehen oder im Internet am besten gestaltet und positioniert werden muss, um von potentiellen Kunden wahrgenommen zu werden. Neben der Werbung für Produkte stehen aber auch die Produkte selbst im Fokus. So wird auch untersucht, wo in einem Laden Produkte stehen müssen, um am ehesten von Kunden salient zu werden.

In den Computerwissenschaften wird Blickbewegungsregistrierung zur Untersuchung und Verbesserung der Usability (Benutzbarkeit) von Software eingesetzt, wobei z.B. die Suchmuster in Menüs oder die Salienz von Elementen von Interesse sind. Eine spezielle Anwendung findet die Blickregistrierung bei Menschen mit schweren körperlichen Behinderungen (z.B. Quadriplegiker). Speziell für sie wurden Systeme entwickelt, bei denen das Auge als Eingabegerät für einen Computer dienen kann (z.B. ITU GazeGroup, 2008). Dabei dient der Blickpunkt, ganz ähnlich wie bei einer Maus, als Cursor. Über eine Tastatur auf dem Bildschirm kann sogar geschrieben werden.

In der Technikgestaltung und der Human Factors Forschung wird Blickbewegungsregistrierung eingesetzt, weil sie einzigartige Hinweise zur Aufmerksamkeit von Menschen liefert. So können Arbeitsumgebungen evaluiert werden. Insbesondere in Umgebungen, in denen Menschen sicherheitskritische Tätigkeiten verrichten, wird mithilfe dieser Methode und dabei oft in simulierten Umgebungen untersucht, wie schnell und wie gut diese Tätigkeiten verrichtet werden. Ziel ist es dabei, die technische Umgebung oder das Training der Arbeitsverrichtenden zu optimieren. Bis jetzt wird Blickbewegungsregistrierung in diesem Anwendungsgebiet vor allem in der Luftfahrt (Piloten, Fluglotsen), bei Fahrtätigkeiten (Autofahrer, Lockführer) und bei Inspektionstätigkeiten eingesetzt. Erst seit kurzem werden, wie in der vorliegenden Arbeit, auch andere Tätigkeitsbereiche wie die von ZVL betreffend, Technikgestaltung und Human Factors untersucht.

Eine gute und noch detailliertere Übersicht zu den Anwendungsgebieten der Blickbewegungsregistrierung kann in Duchowski (2002) gefunden werden.

4.5.2 Verfahren und technische Mittel

Generell können die Techniken zur Blickbewegungsregistrierung in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe misst nur die Bewegungen des Auges relativ zum Kopf. Zu dieser Gruppe gehören direkte Beobachtung, Elektrookulogramm und Kontaktlinsenmethoden. Die zweite Gruppe misst die Blickachse (Point of Regard). Das heisst, es wird gemessen, wo der Proband hinschaut. Zu den Point of Regard Techniken gehören die doppelte Purkinje-Bild-Technik und die verschiedenen Videookulografieverfahren. Die in diesem Projekt verwendete Cornea-Reflex-Methode gehört zu den Videookulografieverfahren.

Videookulografie (VOG) beinhaltet ein breites Spektrum von Verfahren, bei denen das Auge gefilmt wird. Zur Bestimmung der Bewegung wird entweder der Limbus (Grenze zwischen Iris und Sklera) oder der Pupillenmittelpunkt verfolgt (Duchowski, 2007). Die Auswertung der Augenbewegungen findet aufgrund eines aufgezeichneten Videobildes statt und ist deshalb zweidimensional. Verfahren,

die videobasiert sind, erfreuen sich grosser Beliebtheit. Dies vor allem, seit die Datenverarbeitung digital vorgenommen werden kann. Das Verfolgen von Limbus oder Pupille wird mit Hilfe von Bildbearbeitungsverfahren wie Merkmalsselektion oder Texturanalyse vorgenommen. Dass die technischen Geräte für VOG im Vergleich zu anderen Methoden relativ günstig sind und eine akzeptable Genauigkeit haben, dürfte ebenfalls dazu beigetragen haben, dass diese Technik heute immer mehr eingesetzt wird (Schneider und Kurt, 2000).

Die heutzutage am häufigsten angewendete Methode zur Registrierung von Augenbewegungen ist die Cornea-Reflex-Methode (Keseling, 2006). Dieses Verfahren macht sich zu Nutze, dass zwischen der Spiegelung einer Lichtquelle, die an der Hornhaut entsteht (erster Purkinje-Reflex) und der Blickrichtung ein direkter Zusammenhang besteht. Neben dem ersten Purkinje-Reflex muss auch die Lage der Pupille bestimmt werden. Das Verwenden einer Infrarotlicht-Quelle, im Sinne eines Dark Pupil Systems, hilft bei diesem Verfahren zusätzlich, um den ersten Purkinje-Reflex zu erzeugen.

Einschränkungen hat das System durch den relativ kleinen örtlichen Messbereich, der aufgenommen werden kann. Es wird davon ausgegangen, dass die Hornhaut eine exzentrisch zum Augapfel liegende Kugelform hat. Wenn der Reflex den Hornhautrand überschreitet, kann er nicht mehr ausgewertet werden. Es soll an dieser Stelle aber noch darauf hingewiesen werden, dass die Annahme, die Hornhaut sei kugelförmig, nicht korrekt ist. Die Form der Hornhaut ist bei Menschen individuell verschieden (Duchowski, 2007). Die Annahme einer Kugelform ist aber für die Berechnungen von Kamera-Kopf-Verschiebungen ausreichend.

Bei helmbasierten Systemen, wie hier eingesetzt, trägt der Proband die gesamten Aufnahmegeräte auf dem Kopf.

Helmbasierte Systeme haben normalerweise eine Kamera, die (umgelenkt über einen halbdurchlässigen Spiegel) die Augenbewegungen des Probanden aufnimmt. Eine zweite Kamera nimmt die Umgebung auf, die von diesem gesehen wird. Der Untersuchende sieht als Ausgabe des Systems das Bild der Umgebungskamera mit einem Cursor, der die Blickrichtung des Probanden anzeigt. Der grosse Vorteil von helmbasierten Systemen ist, dass der Testperson eine freie Bewegung ermöglicht wird. Es kann nicht nur der Kopf, sondern auch der ganze Körper frei bewegt werden. Nachteilig könnte sich allerdings der direkte Kontakt des Systems zum Probanden auswirken. Das zusätzliche Gewicht auf dem Kopf und die Kabel zum Computer könnten Testergebnisse unerwünscht beeinflussen.

Wenn mit einer Methode festgestellt werden soll, wo ein Proband hinschaut (Point of Regard), dann muss das verwendete System zuerst kalibriert werden. Bisher gibt es für VOG Verfahren noch keine Möglichkeit einer objektiven Kalibrierung. Der Untersucher ist auf subjektive Daten des Probanden angewiesen. Bei der Kalibrierung eines Systems muss der Proband einige bekannte, normalerweise vom Untersucher vorgegebenen Ziele mit den Augen fixieren. Je mehr Punkte zur Kalibrierung verwendet werden, desto genauer ist diese. Eine grössere Genauigkeit als $\pm 1^\circ$ kann jedoch von keinem System, das auf der Basis von Fixationen kalibriert wird, erreicht werden. Der Grund dafür ist, dass sich die Standardabweichung der Augenpositionen über mehrere Fixationen des gleichen Blickziels in der Grössenordnung von 1° - 2° befindet (Duchowski, 2007). In der vorliegenden Untersuchung wurde bei allen Teilnehmenden eine Kalibrierung mit 5 Punkten durchgeführt.

4.5.3 Codierung nach Areas of Interest (AOI)

Die Blickbewegungsvideos aller ZVL wurden mithilfe eines eigens für diese Erhebung kreierten Codierschemas aufbereitet. Das Codierschema beinhaltet alle für die Untersuchung relevanten AOI, welche die Teilnehmenden während der Dauer des Simulationsszenarios betrachteten. AOI sind inhaltlich zusammengehörige Bereiche innerhalb des Blickfelds, sie werden vom Untersucher nach Bedarf zweckmässig festgelegt (Poole & Ball, 2005). Im Vergleich zu bisherigen, vergleichbaren Blickbewegungsuntersuchungen, bei denen AOI genutzt wurden, kann das verwendete Codierschema (Abbildung 9) mit 14 Kategorien als detailliert bezeichnet werden. So verwendeten Luke, Brook-Carter, Smith, Rogers und Flint (2005) bei ihren Untersuchungen von Zugfahrzeugführern nur 6 AOI, Willems (1999) nutzte 5 AOI um Visuelles Scannen bei Fluglotsen zu untersuchen und Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood, und Crundall (2003) untersuchten visuelle Strategien von Autofahrern mit 11 AOI.

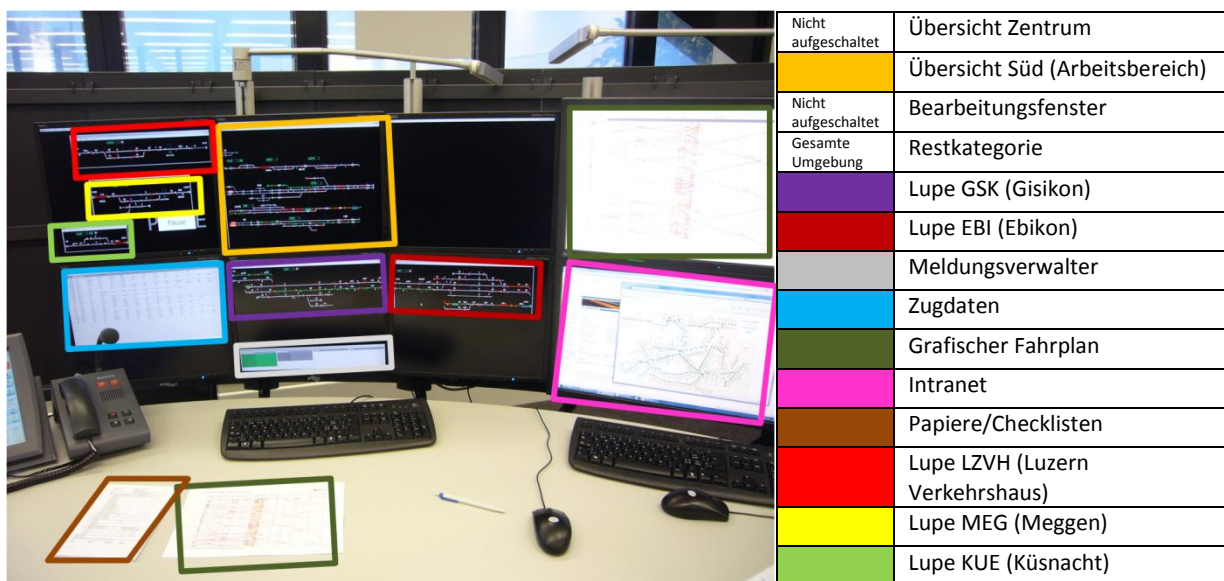


Abbildung 9: Eingerichtete Bildschirme eines Teilnehmenden mit grafisch hervorgehobenem Codierschema

Von jedem ZVL wurden drei Sequenzen von jeweils 5 Minuten mit dem erstellten Codierschema aufbereitet. Wobei darauf geachtet wurde, dass die jeweiligen Sequenzen im bearbeiteten Szenario dem gleichen Zeitpunkt entsprachen, damit sichergestellt werden konnte, dass die Bearbeitung der gleichen Situation erfasst wurde. Die Aufbereitung und Auswertung der Daten bezog sich auf die Zeiten im Szenario von Minute 13 – 18, 38 – 43 und 52 – 57, immer direkt nach der Einschätzung der aktuellen Beanspruchung der Teilnehmer. Die Reliabilität des Codierschemas wurde nach Cohens Kappa mit einem höchst signifikanten Resultat auf einen hohen Wert von $\kappa = 0.868$ (Intrarater-Reliabilität) bestimmt (genauerer dazu unter 5.1.2 Reliabilität S.40)

Zu den einzelnen AOI:

- Die beiden Übersichten (*Übersicht Zentrum* und *Übersicht Süd*) zeigen jeweils einen ganzen Bereich des Sektors Luzern. Auf der *Übersicht Süd* sind alle Bahnhöfe zu sehen, die vom ZVL für das bearbeitete Szenario überwacht und gesteuert werden mussten. Auf der *Übersicht Zentrum* sind angrenzende Bahnhöfe an den gesteuerten Bereich zu finden.
- Die Lupenansichten (*Lupe GSK* (Gisikon), *Lupe EBI* (Ebikon), *Lupe LZVH* (Luzern Verkehrshaus), *Lupe MEG* (Meggen) und *Lupe KUE* (Küsnacht)) zeigen die Bahnhöfe, die auch auf den

Übersichten zu sehen sind, im Detail. Die Lupenansichten enthalten detailliertere Informationen und erlauben mehr Bedienungen als die Übersichten.

- Die *Bearbeitungsfenster*, sind Drop-down und Pop-up-Fenster, die bei vielen verschiedenen Bedingungen auf den Bildschirmen auftauchen.
- Im *Meldungsverwalter* werden verschiedene automatisch generierte Meldungen betreffend Bedienungsaufforderungen, Betriebsmeldungen, Störungen und Systemzustand angezeigt.
- Das *Zugdatenfenster* zeigt dem ZVL alle auf seinem Bereich fahrenden Züge (bzw. Zugnummern) inklusive verschiedener zugehöriger Informationen an, z.B. der programmierte Fahrweg oder wann ein Zug aus welchem Grund auf einer Strecke halten wird.
- Das *Intranet* dient den ZVL als Quelle für Informationen wie z.B. die genaue Kilometrierung von Streckenabschnitten oder maßstabsgetreuen Streckenbildern. Im bearbeiteten Szenario musste zur Lösung eines Problems ein solches Streckenbild herangezogen werden, um ein Gleis korrekt zu sichern.
- Im *grafischen Fahrplan* werden die Fahrplaninformationen aller geplanten Züge während eines bestimmten Zeitabschnittes in einem Bereich grafisch dargestellt. Den ZVL lag der für das Szenario relevante grafische Fahrplan sowohl als PDF Datei wie auch in ausgedruckter Form vor.
- Als *Papiere und Checklisten* wurden alle Blicke codiert, die mit dem Betrachten, Lesen und Schreiben von in Papierform vorliegenden Dokumenten beschrieben werden können. Einzige Ausnahme stellte dabei der ausgedruckte grafische Fahrplan dar. Es handelte sich dabei vor allem um das Notieren von Informationen auf einem Schreibblock sowie um das Lesen und Ausfüllen von Checklisten.
- In der *Restkategorie* wurden alle Blicke codiert, die nicht in eine andere Kategorie passten, wie z.B. das Betrachten der Umgebung oder von anderen Personen im Raum.

Im *Anhang B : AOI Bilder* sind für jede AOI, ausser der Restkategorie, noch detaillierte Bilder angefügt.

4.6 Expertenrating der Leistung

Die Beurteilung der Leistung der teilnehmenden ZVL, d.h. wie gut die verschiedenen Anforderungen des simulierten Szenarios bearbeitet wurden, wurde von zwei ZVL-Ausbildnern durchgeführt. Direkt im Anschluss an das Szenario zogen sich die Ausbilder zurück, um die gezeigte Leistung zu besprechen und sie zu beurteilen. Sie konnten sich dabei auf zwei Dokumente (Anhang G : Leistungsbewertung) stützen, die auch zur Bewertung von praktischen Prüfungen bei der ZVL-Ausbildung zum Einsatz kommen: (1) Auf dem Dokument „Bewertung Prüfungsfälle“ sind die häufigsten Fehler von ZVL aufgelistet, ausserdem wird angegeben, welche Fehler als schwer/sicherheitsrelevant, mittelschwer und leicht beurteilt werden müssen. Es bietet ausserdem noch Platz für positive und negative Kommentare. (2) Das Dokument „Bewertungskriterien Prüfungsfälle“ beschreibt, welche Leistungen wie auf der Schulnotenskala zu beurteilen sind. So wird mit der Höchstnote (6/sehr gut) nur beurteilt, wer eine „über der Norm liegende Leistung, praktisch

fehlerfreie Arbeit, ausgezeichnete Kenntnisse der Stellwerkfunktionen, sehr sichere Bedienung, fehlerfreie Anwendung der FDV (Fahrdienst Vorschriften) und AB FDV- Prozesse und eine sehr gute, dauernde Übersicht“ zeigt.

Für die Ergebnisse wurden Noten von 4,5 und tiefer als schlecht bewertet, obwohl eine solche Bewertung in einer Prüfung noch als genügend angesehen würde. Die Erklärung dafür liegt in der Bewertungsskala, so kann eine Note von 4,5 auch noch bei z.B. inkonstantem Leistungsverlauf und bei reduzierter Übersicht des ZVL erreicht werden. Für die vorliegende Arbeit und die statistischen Berechnungen wurden deshalb nur Leistungsbewertungen mit der Note 5 und mehr als gut betrachtet.

4.7 Beanspruchungsmessung

Während dem Simulationsszenario wurde an insgesamt drei Zeitpunkten die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung der Teilnehmenden gemessen. Wobei darauf geachtet wurde, dass sich die jeweiligen Zeitpunkte im bearbeiteten Szenario über alle Teilnehmenden entsprachen, damit die Bearbeitung der gleichen Situation und somit die Messung der Beanspruchung unter der jeweils gleichen Belastungssituation erfasst wurde. Die Messzeitpunkte waren in den Minuten 13, 38 und 52 des Szenarios. Zur Messung wurde eine auf Deutsch übersetzte Version der Integrated Workload Scale (IWS) von Pickup et al. (2005) verwendet. Die Übersetzung wurde eigens für die vorliegende Thesis angefertigt. Um sicher zu stellen, dass die deutsche Version von ZVL gut verstanden wird, wurde ähnlich wie bei der Erstellung der original englischen Version bei der Übersetzung die Hilfe von ZVL Experten mit einer ZVL-Ausbildung beigezogen.

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
|  | nicht anspruchsvoll | Die Arbeit ist überhaupt nicht anspruchsvoll |
|  | minimaler Aufwand | Minimaler Aufwand benötigt, um den Überblick über die Situation zu behalten |
|  | einige freie Zeit | aktiv mit etwas Zeit, um weniger wichtige Aufgaben zu erledigen |
|  | mässiger Aufwand | Arbeit ist anspruchsvoll aber beherrschbar mit mässigem Aufwand |
|  | mässiger Druck | Mässiger Druck, Arbeit beherrschbar |
|  | sehr beschäftigt | Sehr beschäftigt aber immer noch fähig, die Arbeit zu erledigen |
|  | extreme Anstrengungen | Extreme Anstrengung und Konzentration nötig, um sicherzustellen, dass alles erledigt wird |
|  | kämpfen um Schritt zu halten | Sehr hohes Niveau an Anstrengung und Anforderung, ich kämpfe, um die Übersicht zu behalten |
|  | Arbeit zu anspruchsvoll | Arbeit zu anspruchsvoll – Komplex oder mehrere Probleme gleichzeitig. Sogar mit hohem oder sehr hohem Aufwand nicht mehr beherrschbar |

Abbildung 10: Deutsche Übersetzung der Integrated Workload Scale (Pickup et al. 2005)

Die IWS wurde dazu konzipiert, die ZVL während dem Ausfüllen und somit während der Arbeit möglichst nicht zusätzlich zu belasten oder abzulenken. Es handelt sich um eine unidimensionale Skala mit Wertausprägungen von eins bis neun. Jeder Wert der Skala ist in einigen Worten beschrieben. Um die Orientierung zu erhöhen wurden aussagekräftige Stichworte neben der Beschreibung abgehoben und grösser dargestellt. Zusätzlich wurde jedem Wert eine Farbe zugeordnet, beginnend bei Blau für eine tiefe Beanspruchung über Grün für eine mittlere Beanspruchung bis zu Rot für eine von den ZVL als zu stark wahrgenommene Beanspruchung.

Andere, aus der Literatur bekannte Instrumente zur Messung der subjektiven Beanspruchung wie z.B. der *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) (Hart & Staveland, 1988) oder der *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) (Reid, Potter & Bressler, 1989) wurden zur Verwendung in Betracht gezogen. Da andere Instrumente aber mit einer grösseren Störung der Teilnehmenden verbunden sind und die Methoden auch nicht spezifisch für ZVL gestaltet sind, wurden sie in dieser Untersuchung zu Gunsten der IWS nicht verwendet.

4.8 Datenaufbereitung und statistische Auswertung

Im folgenden Abschnitt werden das Vorgehen bei der Datenaufbereitung und -auswertung beschrieben. Neben den verwendeten Software Programmen werden auch die aufbereiteten Variablen und ihre Skalierung angegeben.

4.8.1 Datenaufbereitung

Zur Codierung der Blickbewegungen nach dem weiter oben beschriebenen Codierschema wurde die Auswertungssoftware *The Observer XT 10.5* von Noldus (2011) verwendet. Es wurden insgesamt 150 Minuten (10 ZVL x 3 Zeitpunkte à 5 Minuten) Blickbewegungsvideo aufbereitet. Die Aufbereitung der Daten der einzelnen Fixationsdauern und der Anzahl der Lidschläge pro Minute wurde mithilfe der SMI (Sensumotoric Instruments) Software *Event Detector* aus *iTools* (SMI, 2011) durchgeführt. Dank der automatischen Auswertung konnten insgesamt mehr als 13h Aufnahmedauer (783 min.) mit ca. 78'000 Fixationen und 12875 Lidschlägen registriert werden.

Bei den Blickbewegungsaufnahmen eines ZVL gab es Probleme mit der verwendeten Software, dabei gingen die Videoaufnahmen dieses Teilnehmenden verloren. Daten betreffend Fixationen und Lidschlag konnten erhalten werden, da diese von dem Programm in einer anderen Datei gespeichert werden. Diese und alle anderen Daten des Teilnehmenden, die nicht aus den Videoaufnahmen stammten, konnten deshalb problemlos für die Auswertungen genutzt werden.

Die Daten aus dem Fragebogen zur Simulatorvalidität, der Beanspruchungsmessung und aus dem Expertenrating der Leistung wurden in *Microsoft Office Excel 2007* aufbereitet.

Die weitere Aufbereitung der Daten getrennt nach Teilnehmenden wurde mithilfe von *Microsoft Office Excel 2007* durchgeführt. Für alle ZVL wurden dabei die untenstehenden Variablen festgehalten. In Klammer sind die jeweiligen Skalierungen angegeben:

- Spezifische Identifikationsnummer (nominal)
- Leistung als Schulnote (ordinal)
- Leistungsgruppe (nominal dichotom)

- kumulative Verweildauern für jede AOI (metrisch)
- durchschnittliche Verweildauern für jede AOI (metrisch)
- durchschnittliche Fixationsdauer (metrisch)
- subjektiv wahrgenommene Beanspruchung nach IWS (ordinal)
- Lidschlussrate (metrisch)
- Blickübergangshäufigkeiten für alle einfachen AOI Kombinationen in einer einstufigen Übergangsmatrix (metrisch)

Für die Berechnungen der durchschnittlichen Verweildauern wurde ein Wert von Null, d.h. wenn eine AOI von einem ZVL gar nicht betrachtet wurde, nicht in der Auswertung berücksichtigt, um die Ergebnisse nicht zu verzerren.

Zusätzlich wurden getrennt nach Leistungsgruppen bzw. nach „guter“ und „schlechter“ Leistung weitere Variablen festgehalten:

- Varianz in den kumulativen Verweildauern für jede AOI (metrisch)
- Varianz in den Blickübergangshäufigkeiten für alle einfachen AOI Kombinationen in einer einstufigen Übergangsmatrix (metrisch)

In den Berechnungen der kumulativen Verweildauern (Hypothese 1) wurden keine Verweildauern der AOI verwendet, die während der ausgewerteten Aufnahmedauer von allen Teilnehmenden betrachtet wurden. Der Grund für den Ausschluss dieser AOI besteht darin, dass die Datenbasis für die Berechnung von Varianzen ansonsten zu gering geworden wäre (bei $n < 3$). (Miteinbezogen wurden die AOI: *Bearbeitungsfenster, Grafischer Fahrplan, Intranet, Lupe EBI, Lupe GSK, Meldungsverwalter, Papiere/CL, Übersicht Süd, Zugdaten*)

Für die Berechnungen der Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten wurden die relativen Übergangshäufigkeiten der Blicke zwischen den verschiedenen AOI für alle ZVL anstatt der absoluten Übergangshäufigkeiten verwendet. Damit sollte sichergestellt werden, dass bei den Berechnungen nicht Teilnehmende mit mehr Blickübergängen auch mehr Gewicht erhalten als solche, mit weniger Blickübergängen.

4.8.2 Statistische Auswertung

Die statistische Datenauswertung wurde mit Hilfe der Statistik- und Analysesoftware *SPSS Statistics 19* durchgeführt. Ausnahmen sind dabei die Berechnung der Konfidenzintervalle (CI), diese wurden mit Hilfe von *Microsoft Office Excel 2007* berechnet wurden.

Die Berechnungen zur Interrater-Reliabilität des verwendeten Codierschemas wurden direkt mit *The Observer XT 10.5* (Noldus, 2011) durchgeführt, mit dem auch die Videos codiert wurden.

Die F-Tests zur Überprüfung von Varianzunterschieden für die Hypothese 1 wurden mithilfe einer Internetseite der Universität Köln (Andress, 2003) online durchgeführt.

5 Ergebnisse und Interpretation

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchung und deren Interpretation vorgestellt. Als erstes werden die Ergebnisse zu den Gütekriterien Reliabilität und Validität dargestellt. Als zweites wird auf die Ergebnisse der vier zu Beginn formulierten Hypothesen, jeweils getrennt voneinander, eingegangen. Danach folgt die Interpretation, wo die Ergebnisse in Bezug auf die Hypothesen gedeutet werden.

5.1 Ergebnisse

5.1.1 Teilnehmendeneinschätzungen zur Augenscheinvalidität des Simulators

Um die Augenscheinvalidität des verwendeten Simulators aus Sicht der Teilnehmenden zu überprüfen, wurden alle Teilnehmenden nach der Bearbeitung des Szenarios zu ihrer Einschätzung der Realitätsnähe des LTS Simulators befragt. Zusätzlich wurde gefragt, als wie störend das Blickbewegungsregistrierungsgerät während der Simulation empfunden wurde.

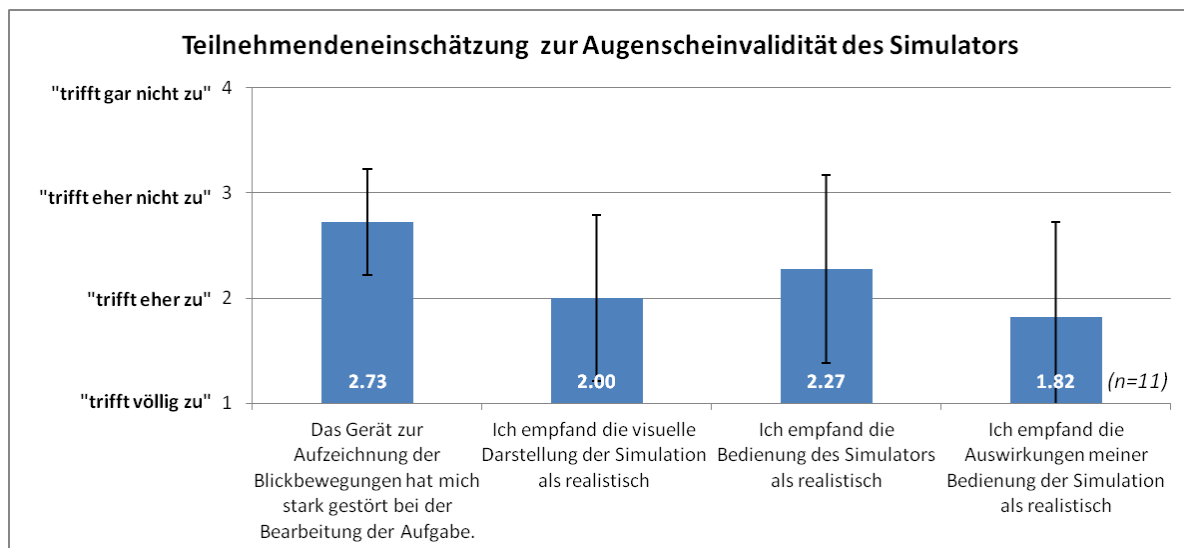


Abbildung 11: Teilnehmendeneinschätzungen zur Augenscheinvalidität des Simulators

Das Blickbewegungsregistrierungsgerät wurde im Durchschnitt als eher nicht störend ($M = 2.73, SD = 0.79$) wahrgenommen. Die visuelle Darstellung der Simulation wurde als realistisch eingestuft ($M = 2, SD = 0.89$). Die Bedienung des Simulators wurde als eher realistisch wahrgenommen ($M = 2.27, SD = 0.90$). Ebenso wurden die Auswirkungen der getätigten Bedienungen während der Simulation als realistisch eingestuft ($M = 1.82, SD = 0.87$).

5.1.2 Reliabilität

Zur Berechnung der Masse zur Intrarater-Reliabilität wurde eine 5 minütige Sequenz eines Blickbewegungsvideos in einem Abstand von 4 Wochen zweimal codiert. Zur Feststellung der Übereinstimmungen wurde die Software *The Observer XT 10.5* eingesetzt. Bei insgesamt 120 vergebenen Codes wurden 106 Übereinstimmungen bei 14 Unstimmigkeiten gefunden.

Für das Codierschema, das bei der Analyse der Blickbewegungsvideos verwendet wurde, um die mit den verwendeten AOI verbundenen Masse zu erhalten, wurde eine Intrarater-Reliabilität (Cohens Kappa) von $\kappa = 0.868$, $p < .001$ berechnet.

Die Stärke des Zusammenhangs (Pearson's Rho) der für die Intrarater-Reliabilität verwendeten Codierungen ist höchst signifikant und sehr gross $r = -.991$, $p < .001$.

5.1.3 Leistung

Damit die teilnehmenden ZVL für die Auswertungen in die verschiedenen Leistungsgruppen nach „guter“ und nach „schlechter“ Leistung eingeteilt werden konnten, wurde ihre während der Erhebung gezeigte Leistung von zwei Experten auf einer 6-stufigen Schulnotenskala beurteilt.

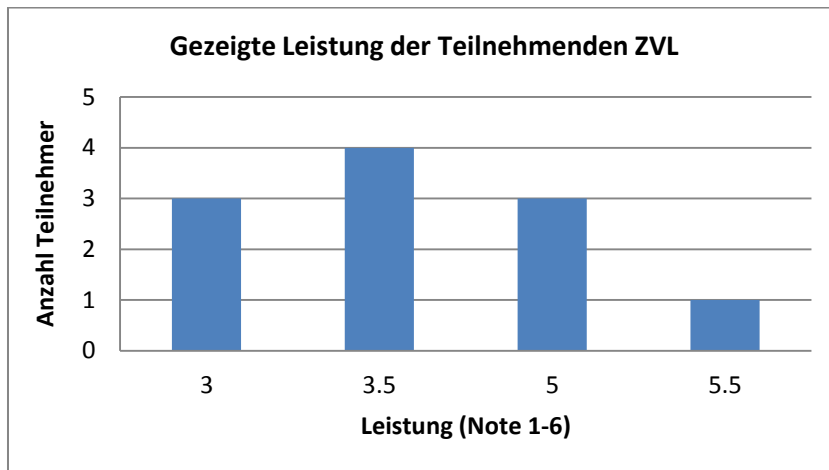


Abbildung 12: Gezeigte Leistung der Teilnehmenden ZVL

Von den 11 teilnehmenden ZVL wurden insgesamt 4 als „gut“ und 7 als „schlecht“ bei einem Mittelwert von $M = 3.95$ ($SD = 0.96$) beurteilt.

5.1.4 Hypothese 1

Die Hypothese 1 ging davon aus, dass die Varianz der kumulativen Verweildauern in den AOI bei der Gruppe von ZVL, die eine gute Leistung zeigt signifikant geringer ist als jene der Gruppe von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigt.

Insgesamt betrug die Verweildauer aller ausgewerteten Blicke auf allen AOI 2.5 Stunden (900 Sekunden pro ZVL). Von beiden Leistungsgruppen am längsten wurde die *Lupenansicht Ebikon* betrachtet (Abbildung 13), von ZVL mit guter Leistung mit $M = 342$ ($SD = 87.48$) Sekunden und von jenen mit schlechter Leistung mit $M = 245$ ($SD = 67.03$) Sekunden, wobei der Unterschied mit $t(8) = -1.80$, $p = .109$ nicht signifikant ausfällt.

Die *Übersicht Süd* wurden von den ZVL mit schlechter Leistung ($M = 150.27$, $SD = 112.70$) deutlich länger betrachtet als von den ZVL mit guter Leistung ($M = 54.05$, $SD = 97.73$), wobei der Unterschied mit $t(8) = 1.39$, $p = .202$ ebenfalls nicht signifikant ausfällt

Im Gegensatz dazu, wurde die *Lupe GSK* von den ZVL mit guter Leistung mehr als doppelt so lange betrachtet ($M = 117.81, SD = 71.53$) als von den ZVL mit schlechter Leistung ($M = 49.02, SD = 19.62$) wobei der T-Test mit $t(8) = -2.29, p = .051$ einen marginal signifikanten unterschied anzeigt. Die *Lupenansichten KUE, LZVH* und *MEG* sowie die *Übersicht Zentrum* wurden von beiden Leistungsgruppen insgesamt nur für eine kurze Dauer betrachtet.

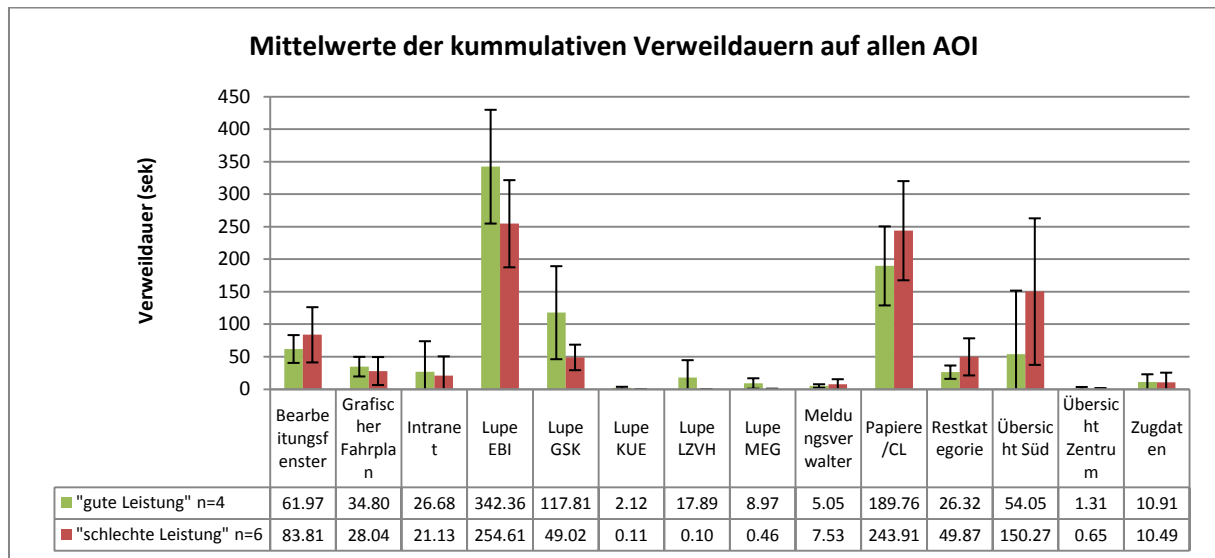


Abbildung 13: Mittelwerte der kumulativen Verweildauern auf allen AOI

Wie in Abbildung 14 zu sehen, variieren die Varianzen in den kumulativen Verweildauern zwischen $s^2 = 7.44$ (Meldungsverwalter) und $s^2 = 9551.97$ (Übersicht Süd) bei den ZVL mit guter Leistung und zwischen $s^2 = 63.61$ (Meldungsverwalter) und $s^2 = 12701.04$ (Übersicht Süd). Der Höchstwert und der Tiefstwert liegen in beiden Gruppen also sehr weit auseinander.

In den Signifikanzberechnungen zu Hypothese 1 wurden nur AOI verwendet, die während der ausgewerteten Aufnahmedauer von allen Teilnehmern betrachtet wurden. Der Grund für den Ausschluss der anderen AOI besteht darin, dass die Datenbasis für die Berechnung von Varianzen sonst zu gering gewesen wäre. Mit Einbezogen wurden die AOI: Bearbeitungsfenster, Grafischer Fahrplan, Intranet, Lupe EBI, Lupe GSK, Meldungsverwalter, Papiere/CL, Übersicht Süd, Zugdaten.

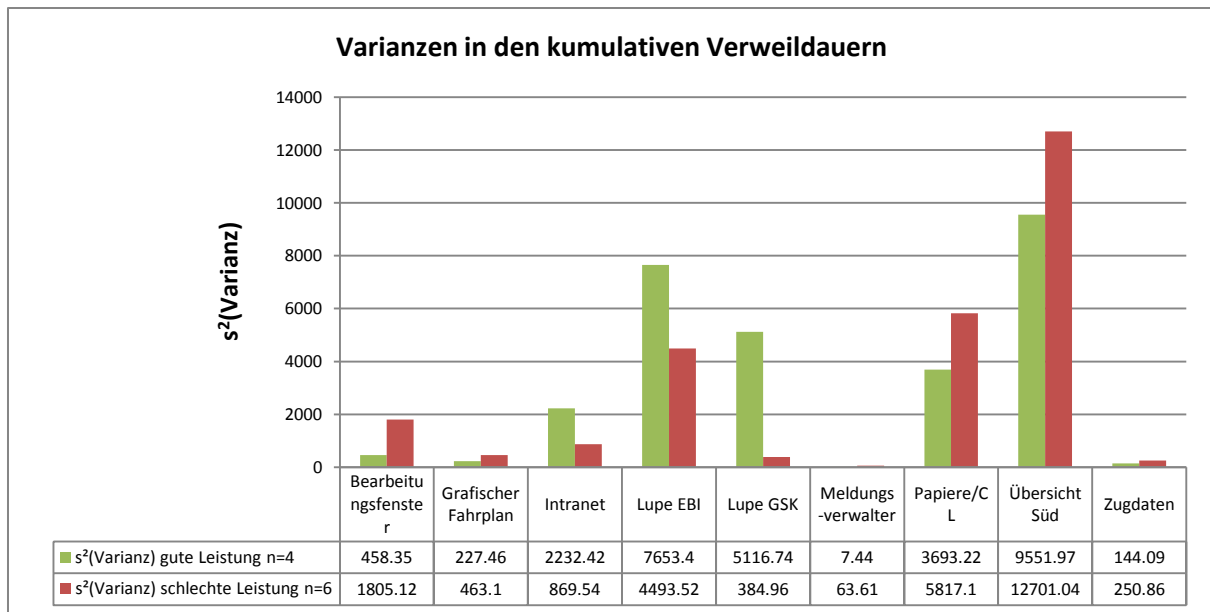


Abbildung 14: Varianzen in den kumulativen Verweildauern

Um Hypothese 1 bestätigen zu können, müssten die Varianzen der kumulativen Verweildauern in den AOI bei der Gruppe von ZVL, die eine gute Leistung zeigt signifikant geringer sein als von der Gruppe ZVL, die eine schlechte Leistung zeigt.

Die Überprüfungen für die einzelnen AOI mit dem F-Test ergab (siehe Abbildung 14 für die Werte der Varianzen) folgende Resultate:

Für die *Bearbeitungsfenster* zeigt der F-Test keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(6,4)} = 3.94, p = .144$).

Für den *Grafischen Fahrplan* zeigt der F-Test keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(6,4)} = 2.04, p = .269$).

Für das *Intranet* zeigt der F-Test keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(4,6)} = 2.57, p = .168$).

Für die *Lupe EBI* zeigt der F-Test keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(4,6)} = 1.70, p = .281$).

Für die *Lupe GSK* zeigt der F-Test entgegen der Annahme von Hypothese 1 einen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(4,6)} = 13.22, p = .008$).

Für den *Meldungsverwalter* zeigt der F-Test einen marginal signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(6,4)} = 8.54, p = .054$).

Für die *Papiere/CL* zeigt der F-Test keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(6,4)} = 1.58, p = .376$).

Für die *Übersicht Süd* zeigt der F-Test keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(6,4)} = 1.33, p = .433$).

Für die *Zugdaten* zeigt der F-Test zeigt keinen signifikanten Unterschied in der Varianz der kumulativen Verweildauern ($F_{(6,4)} = 1.52, p = .387$).

Die Hypothese 1 muss somit verworfen werden.

5.1.5 Hypothese 2

Die Hypothese 2 ging davon aus, dass sich die Varianz der Blickübergangshäufigkeiten zwischen den verschiedenen AOI bei der Gruppe von ZVL, die eine gute Leistung zeigt signifikant geringer ist als bei der Gruppe von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigt.

Für die Analyse der Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten wurden insgesamt 3028 Blicke auf die verschiedenen AOI verwendet. Die Lupenansicht von Ebikon, die auch zentral war für die Bearbeitung der gestellten Aufgaben im Simulator, war in beiden Leistungsgruppen die am häufigsten betrachtete AOI mit $M = 117$ ($SD = 30.25$) Blicken von den ZVL mit guter Leistung und $M = 77.67$ ($SD = 17.92$) Blicken von ZVL mit schlechter Leistung (Abbildung 15). Die Übersicht Zentrum, die für die Aufgabenbearbeitung nicht direkt benötigt und auch nur von vier ZVL am Arbeitsplatz aufgeschaltet wurde, wurde mit $M = 0.75$ ($SD = 0.96$) Blicken bei ZVL mit guter bzw. $M = 0.83$ ($SD = 1.33$) Blicken bei ZVL mit schlechter Leistung nur sehr selten betrachtet.

Die ZVL, die eine gute Leistung zeigten blickten mit insgesamt $M = 216.75$ ($SD = 82.66$) deutlich häufiger auf die Lupenansichten als die ZVL mit schlechter Leistung mit $M = 110.00$ ($SD = 33.11$). Die Unterschiede in der Anzahl Blicke auf allen Lupenansichten waren signifikant:

Tabelle 2: T-Tests zu der Anzahl Blicke auf die Lupenansichten

| Variable | t-wert | Sig. (2-seitig) | Gute Leistung | | | Schlechte Leistung | | |
|-----------|--------|-----------------|---------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | | N | M | SD | N | M | SD |
| Lupe_EBI | -2.61 | .031 | 4 | 117 | 30.25 | 6 | 77.67 | 17.99 |
| Lupe_GSK | -2.37 | .045 | 4 | 69 | 36.54 | 6 | 30.5 | 14.49 |
| Lupe_KUE | -2.95 | .018 | 4 | 4.5 | 3.42 | 6 | 0.33 | 0.82 |
| Lupe_LZVH | -2.70 | .027 | 4 | 12.5 | 11.36 | 6 | 0.33 | 0.82 |
| Lupe_MEG | -2.62 | .031 | 4 | 13.75 | 12.04 | 6 | 1.17 | 1.33 |

Im Gegensatz dazu blickten die ZVL der schlechten Leistungsgruppe mit $M = 42.5$ ($SD = 29.42$) Blicken fast viermal so häufig auf die Übersicht Süd wie die ZVL der guten Leistungsgruppe mit $M = 11.75$ ($SD = 14.27$) Blicken, wobei mit dem T-Test kein signifikanter Unterschied festgestellt wurde ($t(8) = 1.917, p = .091$).

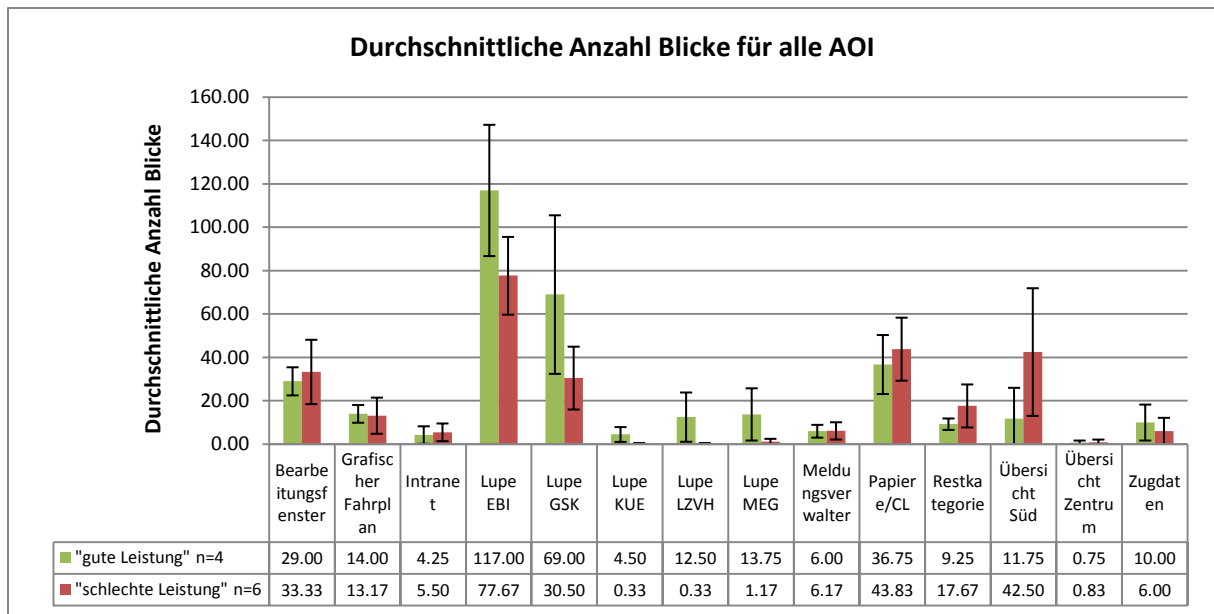


Abbildung 15: Durchschnittliche Anzahl Blicke für alle AOI

Die Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten für alle möglichen Übergangskombinationen sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellt. Wobei die einzelnen Werte zwischen 0 und 28.84 (Tabelle 3; Lupe GSK → Lupe EBI) variieren. Wie schon im Abschnitt 4.8.1 (S.38) Datenaufbereitung erwähnt, wurden für die Berechnungen der Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten die Übergangshäufigkeiten der Blicke zwischen den verschiedenen AOI für alle teilnehmenden ZVL in relative Werte transformiert.

Tabelle 3: Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten bei ZVL mit guter Leistung für alle AOI Kombinationen

| AOI | Übersicht Zentrum | Übersicht Süd | Bearbeitungsfenster | Restkategorie | Lupe GSK | Lupe EBI | Meldungsverwalter | Zugdaten | Grafischer Fahrplan | Intranet | Papier/CL | Lupe LZVH | Lupe MEG | Lupe KUE |
|---------------------|-------------------|---------------|---------------------|---------------|----------|----------|-------------------|----------|---------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Übersicht Zentrum | | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Übersicht Süd | 0.000 | | 0.870 | 0.035 | 0.005 | 6.997 | 0.021 | 0.313 | 0.035 | 0.035 | 0.000 | 0.035 | 0.124 | 0.139 |
| Bearbeitungsfenster | 0.000 | 0.870 | | 0.000 | 0.904 | 4.650 | 0.000 | 0.045 | 0.000 | 0.000 | 0.621 | 0.014 | 0.014 | 0.000 |
| Restkategorie | 0.035 | 0.283 | 0.000 | | 0.130 | 0.064 | 0.000 | 0.000 | 0.056 | 0.000 | 0.581 | 0.000 | 0.055 | 0.000 |
| Lupe GSK | 0.000 | 0.035 | 1.410 | 0.244 | | 28.84 | 0.383 | 0.018 | 0.009 | 0.033 | 3.802 | 0.014 | 0.795 | 0.018 |
| Lupe EBI | 0.000 | 7.585 | 3.474 | 0.966 | 28.02 | | 0.176 | 1.277 | 0.384 | 0.239 | 5.827 | 0.504 | 0.320 | 0.035 |
| Meldungsverwalter | 0.000 | 0.024 | 0.000 | 0.014 | 0.346 | 0.221 | | 0.313 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.035 | 0.000 | 0.000 |
| Zugdaten | 0.000 | 0.000 | 0.045 | 0.124 | 0.100 | 1.577 | 0.127 | | 0.401 | 0.000 | 0.033 | 0.035 | 0.000 | 0.035 |
| Grafischer Fahrplan | 0.000 | 0.557 | 0.000 | 0.025 | 0.257 | 0.414 | 0.000 | 0.899 | | 0.090 | 0.121 | 0.043 | 0.035 | 0.000 |
| Intranet | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.131 | 0.239 | 0.035 | 0.035 | 0.125 | | 0.117 | 0.014 | 0.000 | 0.000 |
| Papier/CL | 0.018 | 0.139 | 0.014 | 0.493 | 2.910 | 14.25 | 0.000 | 0.131 | 0.095 | 0.032 | | 0.014 | 0.018 | 0.000 |
| Lupe LZVH | 0.000 | 0.036 | 0.125 | 0.032 | 0.052 | 0.365 | 0.014 | 0.000 | 0.544 | 0.014 | 0.014 | | 1.002 | 0.000 |
| Lupe MEG | 0.000 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.057 | 0.211 | 0.000 | 0.000 | 0.035 | 0.014 | 0.014 | 2.035 | | 0.600 |
| Lupe KUE | 0.000 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.052 | 0.035 | 0.018 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.014 | 0.052 | 0.243 | |

Tabelle 4: Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten bei ZVL mit schlechter Leistung für alle AOI Kombinationen

| AOI | Über- sicht Zentru m | Über- sicht Süd | Bearbe- itungs- fenster | Restkat- egorie | Lupe GSK | Lupe EBI | Meldu- ngsver- walter | Zug- daten | Grafisc- her Fahrpla- n | Intra- net | Papier- e/CL | Lupe LZVH | Lupe MEG | Lupe KUE |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| Übersicht Zentrum | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.024 | 0.088 | 0.000 | 0.000 | 0.024 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Übersicht Süd | 0.035 | 10.32 | 1.390 | 1.365 | 6.844 | 0.094 | 0.396 | 1.651 | 0.293 | 7.335 | 0.000 | 0.076 | 0.019 | |
| Bearbeitungsfenster | 0.000 | 12.28 | 0.189 | 2.526 | 17.46 | 0.000 | 0.033 | 0.041 | 0.020 | 0.357 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Restkategorie | 0.000 | 2.269 | 0.121 | 0.389 | 0.759 | 0.045 | 0.000 | 0.513 | 0.035 | 1.853 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Lupe GSK | 0.000 | 1.648 | 1.185 | 0.148 | 18.81 | 0.034 | 0.365 | 0.167 | 0.313 | 0.187 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | |
| Lupe EBI | 0.024 | 6.845 | 18.07 | 1.415 | 17.48 | 2.165 | 1.163 | 2.348 | 0.965 | 13.31 | 0.000 | 0.084 | 0.000 | |
| Meldungsverwalter | 0.024 | 0.123 | 0.095 | 0.039 | 0.032 | 2.278 | 0.024 | 0.076 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Zugdaten | 0.000 | 0.377 | 0.534 | 0.035 | 0.365 | 0.547 | 0.097 | 0.000 | 0.024 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Grafischer Fahrplan | 0.000 | 1.369 | 0.035 | 0.684 | 0.169 | 2.572 | 0.000 | 0.134 | 0.115 | 1.278 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Intranet | 0.000 | 0.314 | 0.000 | 0.020 | 0.098 | 0.407 | 0.019 | 0.024 | 0.079 | 0.167 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Papiere/CL | 0.020 | 10.22 | 0.081 | 1.061 | 0.968 | 11.44 | 0.018 | 0.035 | 2.074 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Lupe LZVH | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.019 | 0.019 | |
| Lupe MEG | 0.000 | 0.030 | 0.000 | 0.072 | 0.020 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.019 | 0.000 | |
| Lupe KVE | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |

Es kann festgestellt werden, dass die meisten der in beiden Tabellen aufgelisteten Varianzen sehr gering (<1) oder sogar gleich null sind. Hohe Varianzen (>5) zeigen sich vor allem bei Übergängen zwischen AOI, die insgesamt auch häufig betrachtet wurden (siehe Abbildung 15). Dies zeigt sich z.B. zwischen den beiden Lupenansichten von Ebikon und Gisikon mit Werten von 17,48 bis 28,84.

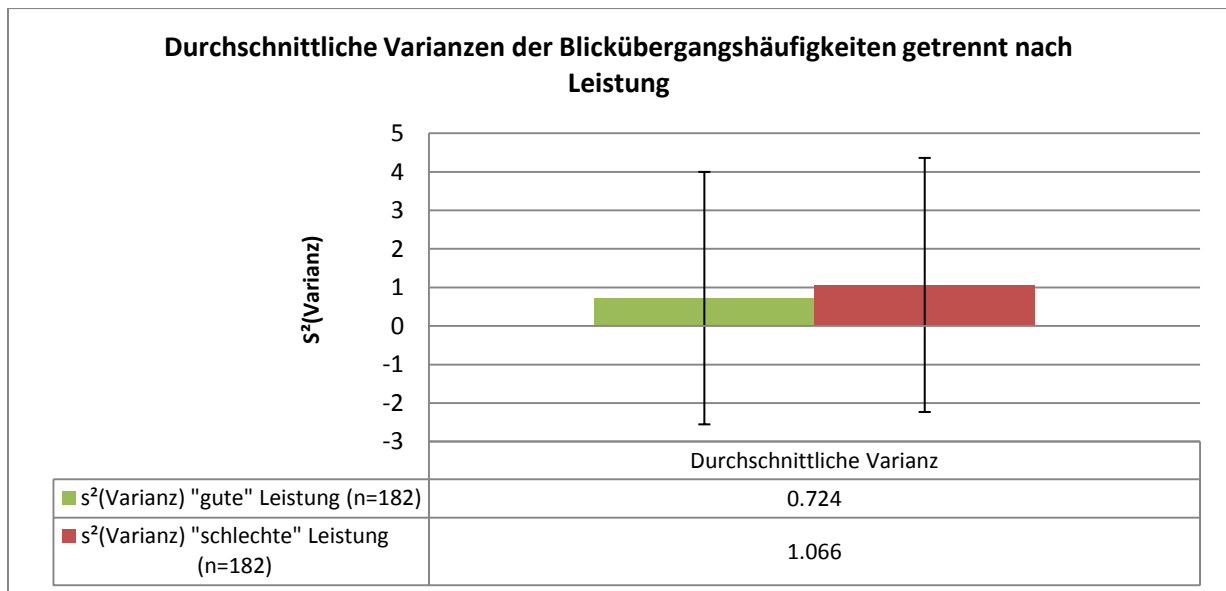


Abbildung 16: Durchschnittliche Varianzen der Blickübergangshäufigkeiten getrennt nach Leistung

Um Hypothese 2 bestätigen zu können, müsste die Varianz der Blickübergangshäufigkeiten zwischen den verschiedenen AOI bei der Gruppe von ZVL, die eine gute Leistung zeigt signifikant geringer sein als bei der Gruppe von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigt. Der U-Test zeigt eine 1-seitige Signifikanz von $z = -0.476$, $p = .317$. Der Mittelwert der Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten

der Gruppe von ZVL, die eine gute Leistung gezeigt haben beträgt $M = 0.72$ ($SD = 3.27 / CI_{95\%} 0.25 < \mu < 1.20$) und in der Gruppe von ZVL, die eine schlechte Leistung gezeigt haben $M = 1.07$ ($SD = 3.29 / CI_{95\%} 0.59 < \mu < 1.54$). Die Hypothese 2 muss somit verworfen werden.

5.1.6 Hypothese 3a

Die Hypothese 3a ging davon aus, dass sich die durchschnittliche Verweildauer von Blicken auf einer AOI bei ZVL mit guter Leistung signifikant kürzer ist als von ZVL mit schlechter Leistung.

In Abbildung 17 sind die durchschnittlichen Verweildauern für die einzelnen AOI, nach den beiden Leistungsgruppen sortiert, aufgelistet. Das Intranet mit $M = 5.87$ ($SD = 8.97$) Sekunden bei den ZVL mit guter Leistung und Papiere/CL mit $M = 5.84$ ($SD = 1.86$) Sekunden bei den ZVL mit schlechter Leistung haben die längsten durchschnittlichen Verweildauern in den jeweiligen Leistungsgruppen.

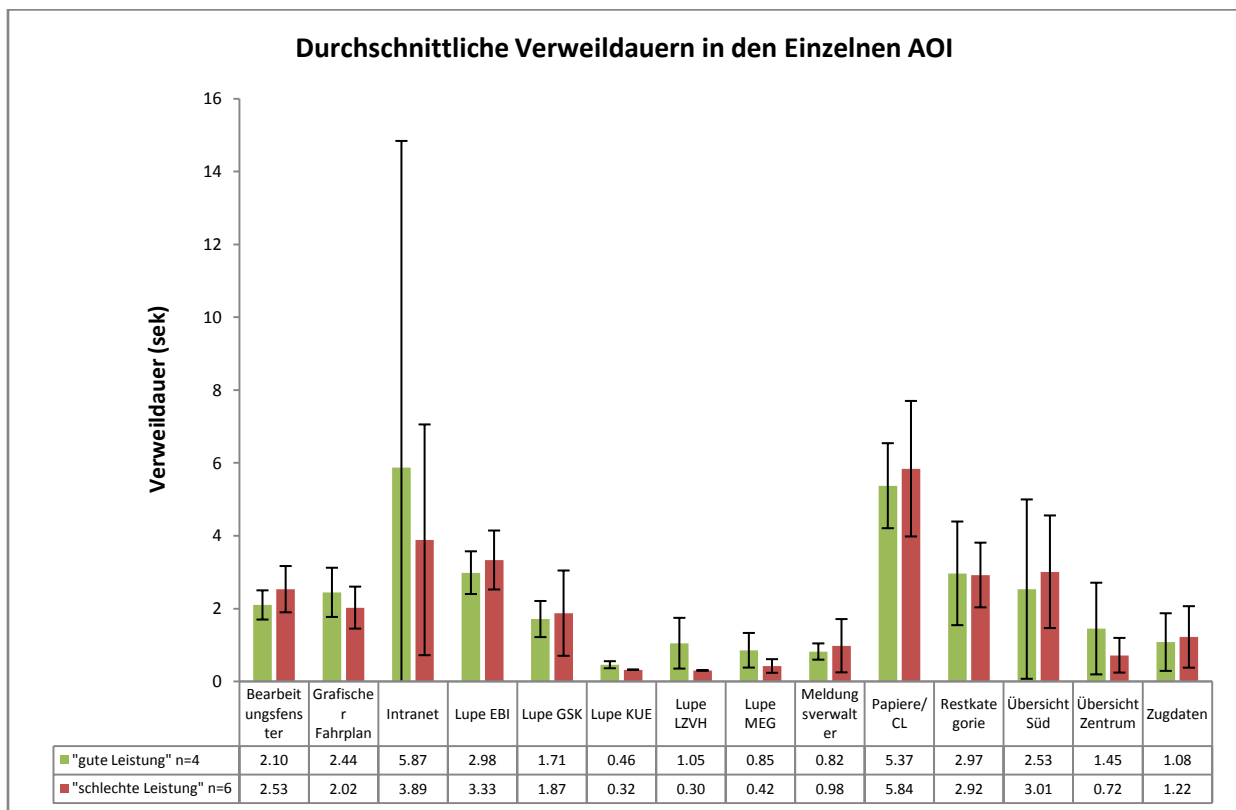


Abbildung 17: Durchschnittliche Verweildauern in den Einzelnen AOI

Wenn eine AOI von einem ZVL gar nicht betrachtet wurde (Verweildauer = 0), wurde dieser Wert, um die Ergebnisse nicht zu verzerren, in der Auswertung nicht berücksichtigt.

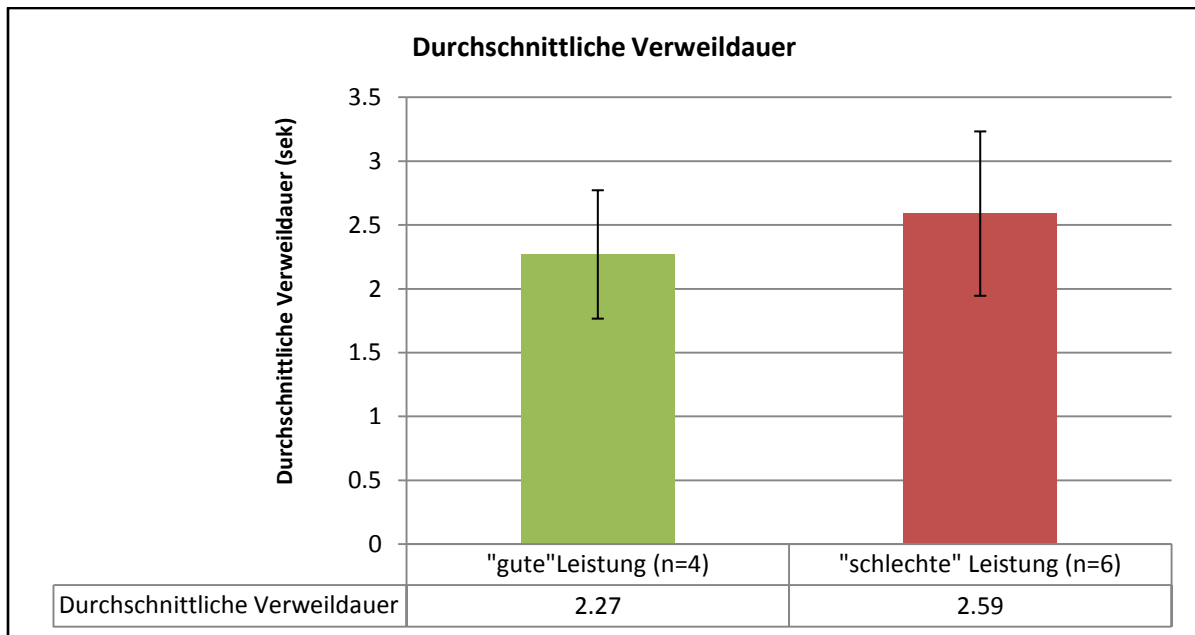


Abbildung 18: Durchschnittliche Verweildauer

Um die Hypothese 3a bestätigen zu können, müsste die durchschnittliche Verweildauer von Blicken auf einer AOI bei ZVL, die eine gute Leistung zeigen signifikant kürzer sein als von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigen. Der T-Test zeigt eine 1-seitige Signifikanz von $t(8) = -0.844$, $p = .212$. Der Mittelwert der durchschnittlichen Verweildauern der ZVL mit guter Leistung beträgt $M = 2.27$ ($SD = 0.502$ / $CI_{95\%} 1.78 < \mu < 2.77$) und bei den ZVL mit schlechter Leistung $M = 2.59$ ($SD = 0.644$ / $CI_{95\%} 1.97 < \mu < 3.23$). Die Hypothese 3a muss somit verworfen werden.

Die Korrelation nach Spearman (ρ) der durchschnittlichen Verweildauer von Blicken auf einer AOI mit Leistung (Schulnotenskala) ist gering und nicht signifikant ($r(8) = -.258$, $p = .472$).

5.1.7 Hypothese 3b

Die Hypothese 3b erwartete, dass sich die durchschnittliche Fixationsdauer von Blicken auf einer AOI bei ZVL, die eine gute Leistung zeigen signifikant kürzer ist als von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigen.

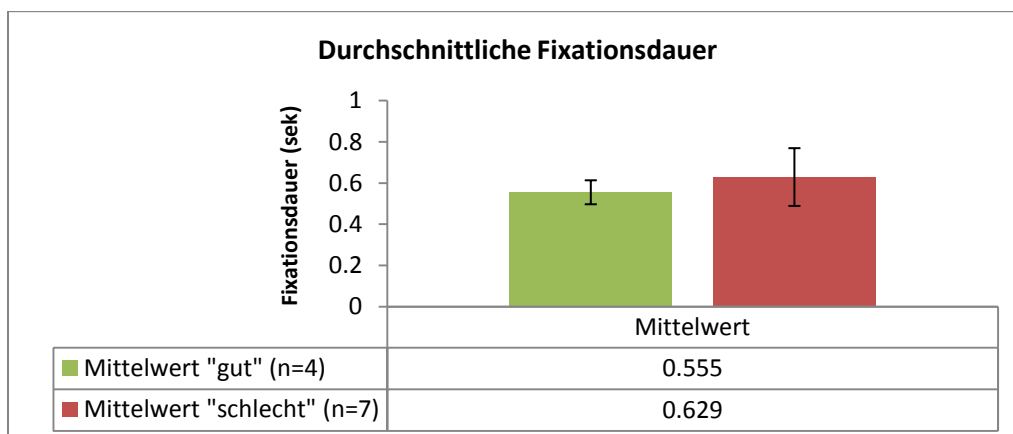


Abbildung 19: Durchschnittliche Fixationsdauer

Der T-Test zeigt eine 1-seitige Signifikanz von $t(9) = -1.001$, $p = .172$. Der Mittelwert der durchschnittlichen Fixationsdauern der ZVL, die eine gute Leistung zeigten beträgt $M = 0.555$ ($SD = 0.058 / CI_{95\%} 0.498 < \mu < 0.612$) und bei den ZVL, die eine schlechte Leistung zeigten $M = 0.629$ ($SD = 0.140 / CI_{95\%} 0.491 < \mu < 0.767$). Die Hypothese 3b muss somit verworfen werden.

Die Korrelation nach Spearman (ρ) der durchschnittlichen Fixationsdauer von Blicken auf einer AOI mit Leistung (Schulnotenskala) ist gering und nicht signifikant ($r(9) = -.337$, $p = .311$).

5.1.8 Hypothese 4a

Die Hypothese 4a erwartete, dass sich die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung bei ZVL mit guter Leistung signifikant tiefer ist als von ZVL mit schlechter Leistung.

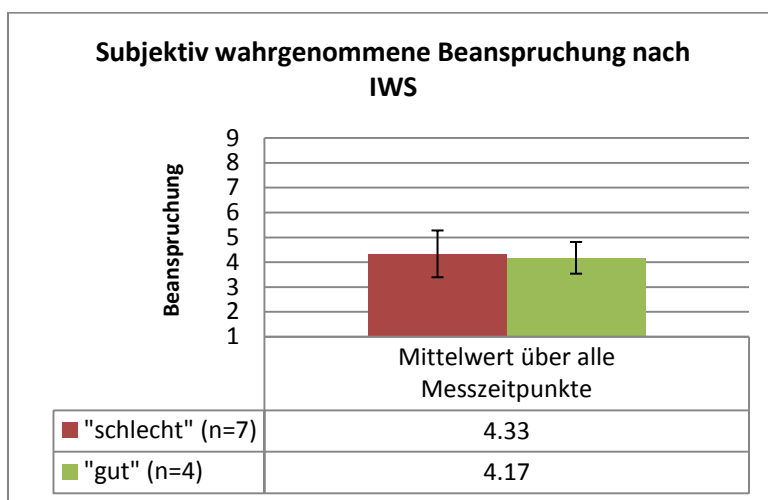


Abbildung 20: Subjektiv wahrgenommene Beanspruchung nach IWS

Der T-Test zeigt eine 1-seitige Signifikanz von $t(9) = 0.312$, $p = .382$. Der Mittelwert der subjektiv wahrgenommenen Beanspruchung der ZVL, die eine gute Leistung zeigten beträgt $M = 4.17$ ($SD = 0.64 / CI_{95\%} 3.54 < \mu < 4.80$) und bei den ZVL, die eine schlechte Leistung gezeigt haben $M = 4.33$ ($SD = 0.94 / CI_{95\%} 3.63 < \mu < 5.02$). Die Hypothese 4a muss somit verworfen werden.

Die Korrelation nach Spearman (ρ) der subjektiv wahrgenommenen Beanspruchung mit Leistung (Schulnotenskala) ist sehr gering und nicht signifikant ($r(9) = -.070$, $p = .838$).

5.1.9 Hypothese 4b

Die Hypothese 4b ging davon aus, dass sich die Lidschlussrate bei ZVL, die eine gute Leistung zeigen signifikant höher ist als die von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigen.

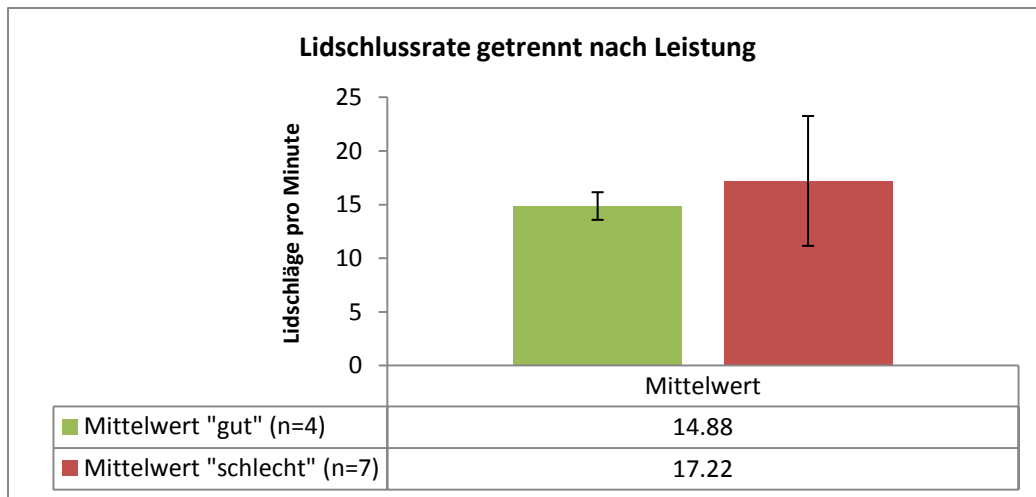


Abbildung 21: Lidschlussrate getrennt nach Leistung

Der T-Test zeigt eine 1-seitige Signifikanz von $t(6.904) = 0.985$, $p = .179$. Der Mittelwert der Lidschlussrate der ZVL, die eine gute Leistung zeigten beträgt $M = 14.88$ ($SD = 1.29 / CI_{95\%} 13.93 < \mu < 15.83$) und bei den ZVL, die eine schlechte Leistung zeigten $M = 17.22$ ($SD = 6.05 / CI_{95\%} 12.73 < \mu < 21.70$). Die Hypothese 4b muss somit verworfen werden.

Die Korrelation nach Spearman (ρ) der Lidschlussrate mit Leistung (Schulnotenskala) ist sehr gering und nicht signifikant ($r(9) = .147$, $p = .666$).

5.1.10 Sonstige Ergebnisse

Masse der Informationsverarbeitungseffizienz (aus Hypothese 3a und 3b)

Die Korrelation nach Pearson der durchschnittlichen Fixationsdauer mit der durchschnittlichen Verweildauer über alle AOI ist von mittlerer Stärke und signifikant $r(8) = .740$, $p = .014$.

Beanspruchungsmasse (aus Hypothese 4a und 4b)

Die Korrelation nach Spearman (ρ) der Lidschlussrate mit subjektiv wahrgenommener Beanspruchung (IWS Skala) ist von mittlerer Stärke jedoch knapp nicht signifikant $r(9) = .485$, $p = .130$.

5.2 Interpretation

5.2.1 Augenscheinvalidität des Simulators, Reliabilität des Codierschemas

Die Ergebnisse in Bezug auf Simulatorvalidität und Störung durch das Blickbewegungsaufnahmegerät sind für die Untersuchung positiv ausgefallen. So wurde das Tragen des Aufnahmeegerätes insgesamt als eher nicht störend beurteilt. Sowohl die visuelle Darstellung, die Bedienung und die Auswirkungen der Bedienung wurden von den ZVL als eher realistisch beurteilt. Diese Beurteilung der Augenscheinvalidität des Simulators durch die Teilnehmenden ist eine Grundvoraussetzung für die Beurteilung der Validität der Daten die im Simulator erhoben wurden (Feinstein & Cannon, 2001;

Riener, 2010). Für die Erhebungen im Simulator wird aufgrund dieser Ergebnisse eine relative Validität angenommen.

Zur Überprüfung der Reliabilität der Codierungen und des Codierschemas wurde die Intrarater-Reliabilität der Codierungen überprüft. Die Ergebnisse zeigen eine sehr hohe Intrarater-Reliabilität. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Zuverlässigkeit der Messungen mit dem Codierschema entsprechend hoch ist.

5.2.2 Leistung

Die gezeigte Leistung der Teilnehmenden war insgesamt sehr unterschiedlich und lässt, im Hinblick auf die geprüften Hypothesen, eine einfache Trennung in die Leistungsgruppen mit guter und mit schlechter Leistung als unabhängige Variable zu. Im Voraus wurde bestimmt, dass eine Leistung mit der Bewertung 4,5 (Schulnote) oder tiefer in Bezug auf die Auswertungen als schlechte Leistung eingestuft wird. Tatsächlich gab es aber keine Teilnehmenden mit den Bewertungen zu den mittleren Werten 4,5 und 4,0. Die Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen sind demnach deutlicher ausgefallen als im Voraus angenommen werden konnte. Insgesamt ist es erstaunlich, dass die Leistung von sieben ZVL von den beurteilenden Experten als ungenügend (< 4) eingestuft wurde, da alle Teilnehmenden vier Monate zuvor in einer Abschlussprüfung ähnliche Aufgaben erfolgreich (≥ 4) bewältigt haben. Bei allen Teilnehmenden, die eine ungenügende Leistung zeigten, wurde von den Experten ein sicherheitsrelevanter Fehler als Grund für die ungenügende Bewertung angegeben. Da im bearbeiteten Szenario nicht eine unrealistische Arbeitssituation abgebildet wurde, weist dieses Ergebnis für sich auf einen weiteren Trainingsbedarf hin.

5.2.3 Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die Hypothesen

Generell stehen die Ergebnisse dieser Studie im Widerspruch zu den angestellten Ableitungen aus der Theorie, da keine der vier formulierten Hypothesen bestätigt werden konnte. Bei näherer Betrachtung lässt sich dieses Urteil jedoch relativieren. So darf aus den Ergebnissen nicht der Schluss gezogen werden, dass die kognitiven Prozesse bei der Informationsselektion, Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie Beanspruchung keinen Einfluss auf Leistung haben. Vielmehr können Aussagen darüber getroffen werden, wie diese kognitiven Prozesse mit dem Leistungskriterium verknüpft sind.

5.2.4 Hypothesen zu Informationsselektion und Informationsaufnahme (1 und 2)

Mit der Hypothese 1 sollte überprüft werden, ob für die ZVL mit guter Leistung aufgrund eines mentalen Modells, das die Realität akkurater darstellt, auch die wahrgenommene Wichtigkeit der verschiedenen Informationselemente ähnlicher ist als für ZVL mit schlechter Leistung. Akkurate mentale Modelle ermöglichen nach Heuer (2002) genauere und weniger fehleranfällige Handlungen durch ihre gute Passung mit aktuellen, realen Situationen. Durch den Vergleich der Varianzen in den kumulativen Verweildauern musste diese Hypothese für das untersuchte Setting verworfen werden. Zwar stimmen bei sechs der neun überprüften AOI die Ergebnisse in der Tendenz mit der Hypothese 1 überein, bei den von beiden Gruppen besonders lange betrachteten Lupenansichten EBI und GSK wie auch beim Intranet jedoch nicht.

Mit der Hypothese 2 wurde überprüft, ob die Informationsaufnahme der ZVL, die eine gute Leistung zeigten effizienter ist als jene von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigten. Wenn die mentalen Modelle der ZVL mit guter Leistung die Realität akkurater abbilden als die mentalen Modelle der ZVL mit schlechter Leistung, dann sollte sich dies in einem besseren Situationsbewusstsein (Endsley, 1995) und einer geringeren Varianz in den Blickübergangshäufigkeiten zeigen.

In den Ergebnissen zeigt sich eine Tendenz, dass die ZVL mit guter Leistung untereinander insgesamt eine geringere Varianz in den Blickübergangshäufigkeiten zeigten als die ZVL, die eine schlechte Leistung zeigten. Die Hypothese wurde jedoch verworfen, weil dieses Ergebnis nicht signifikant ist. Die Abweichungen in den gemessenen Übergangshäufigkeiten innerhalb der Leistungsgruppen sind zu gross, um ein signifikantes Ergebnis bei einem so geringen Unterschied zu erzeugen. Trotzdem weisen die Ergebnisse in der Tendenz darauf hin, dass die Blickpfade der ZVL mit guter Leistung auf eine ähnliche Weise auf die betrachtete Umgebung adaptiert sind. Dieses Ergebnis deutet auf eine effizientere Informationsaufnahme der ZVL mit guter Leistung hin, da eine solche Adaption der Blickpfade nach Pool und Ball (2005) die gelernte Fähigkeit Informationen effizienter aufzunehmen zeigt.

Ausserdem konnten Unterschiede in den beiden Leistungsgruppen festgestellt werden, was die Blickhäufigkeiten auf den einzelnen AOI betrifft (Abbildung 15). ZVL mit guter Leistung blickten signifikant häufiger auf die Lupenansichten (*Lupe EBI*, *Lupe GSK*, *Lupe KUE*, *Lupe LZVH* und *Lupe MEG*) als ZVL mit schlechter Leistung. Im Gegensatz dazu schienen die ZVL mit schlechter Leistung über das *Übersichtsbild Süd*, in dem viele Informationen, die in den Lupenansichten ebenfalls dargestellt werden, Informationen aufzunehmen. Da in den Lupenansichten jeweils mehr bzw. detailliertere Informationen zu finden sind als auf den Übersichtsbildern, ist es möglich, dass die ZVL mit guter Leistung durch dieses Vorgehen besser informiert sind über die aktuelle Situation, als ZVL die eine schlechte Leistung zeigten. Durch die Selektion und Aufnahme von Informationen aus den Lupenansichten könnte somit ein besseres SA bei den ZVL erzeugt worden sein, als durch das betrachten eines Übersichtsbilds. Ein so erzeugtes besseres SA könnte die beobachteten Leistungsunterschiede der ZVL zumindest teilweise erklären.

Die Unterschiede in der Betrachtungshäufigkeit der verschiedenen AOI könnten ebenfalls ein Hinweis auf unterschiedliche mentale Modelle in den Leistungsgruppen sein. Das häufigere Verwenden der Lupenansichten bei den ZVL mit guter Leistung deutet darauf hin, dass mehr Informationen mit deren mentalen Modellen abgeglichen und aktualisiert werden, als dies bei den ZVL die eine schlechte Leistung zeigten der Fall ist. Die mentalen Modelle der ZVL mit guter Leistung sind durch dieses mehr an Informationen vermutlich vollständiger und dadurch weniger fehleranfällig (vgl. Norman, 1983) als die mentalen Modelle der ZVL die eine schlechte Leistung zeigten.

Nicht überraschend zeigte sich auch, dass die AOI, auf die ZVL bei der Aufgabenbearbeitung blicken, stark von der Aufgabe selbst abhängig sind. So wurden z.B. die Lupenansichten für Ebikon und Gisikon, in denen die alle vom Simulationsszenario gestellten Probleme auftauchten, von allen teilnehmenden ZVL häufiger (Abbildung 15) und auch insgesamt länger (Abbildung 13) betrachtet als die anderen Lupenansichten (KUE, LZVH, MEG). Dasselbe gilt für die Übersicht Süd, mit dem vom ZVL überwachten Bereich und der Übersicht Zentrum, auf der nur angrenzende Bahnhöfe zu sehen waren.

Eine Erklärung dafür, warum die Hypothesen zu Informationsselektion und Informationsaufnahme (1 und 2) nicht bestätigt werden konnten, liegt möglicherweise darin, dass es nicht wie angenommen nur ein korrektes (akkurates) mentales Modell gibt, das bei allen ZVL mit guter Leistung übereinstimmt. Es wäre durchaus möglich, dass es auch unter den ZVL mit guter Leistung verschiedene mentale Modelle gibt, die eine gute Passung von Handlungen auf aktuelle Gegebenheiten in der Umwelt ermöglichen. Der Prozess zur Bildung von SA (siehe 2.4.2 Das Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock S.20), durch den Abgleich von mentalem Modell, Handlungen und wirklich vorhandener Umwelt könnte dann auf unterschiedlichen Wegen, aber mit dem gleichen Ergebnis im Bezug auf die Leistung stattfinden.

Eine andere Erklärung dafür, weshalb die Hypothesen 1 und 2 nicht bestätigt werden konnten, liegt vielleicht darin, dass die meisten teilnehmenden ZVL die gleiche Ausbildung absolviert haben. Es ist gut möglich, dass sich ihre mentalen Modelle dadurch sehr ähnlich entwickelt haben. Vier Monate zwischen Ausbildungsende und Datenerhebung sind daher möglicherweise zu wenig, um bei kleinen Stichproben messbare Unterschiede in diesen Modellen festzustellen. Bei dieser Erklärung müssten die Leistungsunterschiede allerdings durch nicht in der Untersuchung erfasste Faktoren erklärt werden.

5.2.5 Hypothesen zur Informationsverarbeitung (3a und 3b)

Mit den Hypothesen 3a und 3b wurde überprüft, ob ZVL, die eine gute Leistung zeigen Informationen effizienter aufnehmen als ZVL, die eine schlechte Leistung zeigen. Sowohl die durchschnittlichen Verweildauern, wie auch die durchschnittliche Fixationsdauern der Teilnehmenden weisen in ihrer Tendenz in die in der Hypothese erwartete Richtung. Allerdings können beide Hypothesen wegen mangelnder Signifikanz nicht bestätigt werden. Da die beiden Masse, durchschnittliche Verweildauer und durchschnittliche Fixationsdauer, die zur Bestimmung der Informationsverarbeitungseffizienz verwendet wurden, eine mittelstarke Korrelation aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass sowohl die Messungen wie auch die Ergebnisse zur Hypothese 3a und 3b reliabel sind.

Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung bei den ZVL nicht ausschlaggebend für deren gezeigte Leistung ist. Im Folgenden soll versucht werden, diese Schlussfolgerung zu erklären:

Bei der Informationsverarbeitung werden aufgenommene Informationen zusammengefügt, kombiniert, interpretiert und gespeichert. Diese Schritte sind notwendig, um eine für das SA notwendige Situationsbewertung (Endsley, 1995) vorzunehmen. Sie finden teilweise bewusst und teilweise unbewusst statt (Rasmussen 1986). In der bisherigen Literatur wird davon ausgegangen, dass eine effiziente/schnelle Informationsverarbeitung zu einem besseren Abgleich der mentalen Modelle mit der Realität führen und diese Modelle dadurch akkurater werden (Muthig, 1990). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie legen nahe, dass es möglicherweise Sinn macht, zwischen quantitativ hochwertiger (möglichst schneller) und qualitativ hochwertiger Informationsverarbeitung zu unterscheiden. Mit qualitativ hochwertiger Informationsverarbeitung ist eine möglichst tiefe kognitive Verarbeitung (vgl. Dornhöfer et al., 2003) gemeint. Das würde bedeuten, dass ein adäquates Situationsbewusstsein auch für ZVL mit einer geringeren Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit erreichbar ist. Der Zeitgewinn einer effizienten Informationsaufnahme bietet demnach, entgegen den aus der Theorie abgeleiteten Vermutungen,

keinen entscheidenden Vorteil. Da es sich bei den Aufgaben von ZVL nicht um solche handelt, bei denen es um Reaktionsgeschwindigkeiten im Sekundenbereich geht, ist die Wichtigkeit der Geschwindigkeit von Informationsverarbeitung möglicherweise geringer als vermutet. Eine qualitativ hochwertige Verarbeitung der vorhandenen Informationen, unabhängig von der Verarbeitungsgeschwindigkeit, könnte demnach entscheidender für eine gute Leistung von ZVL sein.

5.2.6 Hypothesen zur Beanspruchung (4a und 4b)

Mit den Hypothesen 4a und 4b wurde der Einfluss von Beanspruchung von ZVL auf deren Leistung untersucht. Weder die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung (4a) noch das physiologisch gemessene Beanspruchungsmass der Lidschlussrate (4b) zeigten dabei eine signifikante Interaktion mit der gemessenen Leistung. Die Lidschlussrate zeigte in der Tendenz gegen die Erwartung eine geringere Beanspruchung der ZVL mit schlechter Leistung. Die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung der ZVL war über alle Teilnehmenden und Messzeitpunkte hinweg eher tief und zeigte kaum Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen. Dies ist überraschend, da beim Ausschuchen des Szenarios und der Messzeitpunkte darauf geachtet wurde, Phasen, in denen eine mittlere bis hohe Belastung für die ZVL herrschte, zu erfassen. Diese Tatsache lässt vermuten, dass sich zumindest die teilnehmenden ZVL, die eine schlechte Leistung zeigten während der Szenariobearbeitung nicht allen Anforderungen und Belastungen bewusst waren, mit denen sie konfrontiert wurden. Möglicherweise ist dieses Ignorieren von Belastungen eine unbewusste und unangebrachte bzw. SA beeinträchtigende Bewältigungsstrategie, um mit hohen Belastungen umzugehen. Durch eine solche Bewältigungsstrategie des Ignorierens würden eine Überforderung und der dadurch folgende erhöhte kognitive Aufwand zur Bewältigung von Aufgaben zwar verhindert, jedoch wird durch das Ignorieren von Belastungen und Anforderungen das Situationsbewusstsein stark eingeschränkt und die eigenen Fähigkeiten überschätzt. Ein adäquates SA kann von einem ZVL nur dann aufgebaut werden, wenn alle für eine Situation relevanten Informationen auch wahrgenommen und verarbeitet werden. Als Folge des schlechten SA resultiert eine schlechte Leistung, der sich die ZVL nicht bewusst werden. Es könnte sich dabei um eine durch die Bewältigungsstrategie vermittelte Form des *Dunning-Kruger-Effektes* handeln. Der *Dunning-Kruger-Effekt* beschreibt „poor performers' inability to recognize the deficient nature of their own performance relative to others and top performers“ (Ehrlinger, Johnson, Banner, Dunning & Kruger, 2008 S.113).

6 Diskussion

Der Hintergrund der vorliegenden Thesis bildet sich aus den grossen Veränderungen in Organisation, Infrastruktur und Technik, mit denen ZVL in den letzten Jahren und auch in naher Zukunft konfrontiert sein werden. Durch diese Veränderungen rückt die ZVL Tätigkeit und was bei dieser Tätigkeit eine gute Leistung ausmacht in den Vordergrund. Nur mit dem Wissen, was die Leistung der ZVL ausmacht, können diese Veränderungen so gesteuert und kontrolliert werden, dass sie sich nicht negativ auf die Leistung der ZVL auswirken.

Es wurde untersucht, wie sich die kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung von ZVL, die eine gute Leistung zeigten von denen, die eine schlechte Leistung zeigten, unterscheiden. Dazu wurden die kognitiven Strategien mithilfe von verschiedenen Blickbewegungsparametern sowie einer Selbsteinschätzung operationalisiert. Die Datenerhebung selbst fand unterstützt von ZVL-Ausbildnern in einem Simulator und mit einem Blickbewegungsregistrierungsgerät unter kontrollierten Bedingungen statt. Bezogen auf die mit den vier Hypothesen untersuchten Strategien konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Es konnten aber Tendenzen aufgezeigt werden, dass die kognitiven Strategien zur effizienten Informationsselektion, Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung sowie die Beanspruchung von ZVL eine Auswirkung auf die gezeigte Leistung von ZVL haben. Es wird auch deutlich, dass die Leistung von ZVL nicht einzig von den untersuchten kognitiven Strategien abhängig ist.

Im Hinblick auf die Informationsselektion wurde deutlich, dass sich die Leistungsgruppen betreffend Ähnlichkeit der wahrgenommenen Wichtigkeit der unterschiedlichen AOI zwar unterscheiden, aber nicht die ZVL, die eine gute Leistung zeigten generell eine geringere Varianz in den entsprechenden Parametern aufwiesen.

Um die kognitiven Strategien zur Informationsaufnahme zu untersuchen, wurden die Blickübergänge zwischen den AOI untersucht. In der Tendenz weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Gruppe der ZVL, die eine gute Leistung zeigten untereinander ein ähnlicheres, akkurateres mentales Modell zur Bearbeitung der gestellten Aufgabe aufweisen als die Gruppe von ZVL, die eine schlechte Leistung zeigten.

In den gemessenen Parametern zur Informationsverarbeitungseffizienz gab es zwischen den Leistungsgruppen nur geringe Unterschiede. Daraus wurde geschlossen, dass für ZVL eine schnelle Informationsverarbeitung nicht eine zwingende Voraussetzung für ein gutes SA und eine gute Leistung ist. Diese Schlussfolgerung wird damit begründet, dass es bei der ZVL Tätigkeit nicht auf Reaktionen in Sekundenbruchteilen ankommt.

In Bezug auf die Beanspruchung von ZVL zeigten sich in der subjektiven Wahrnehmung der ZVL sowie in einem objektiv gemessenen physiologischen Mass, nur kleine Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen. In beiden Gruppen wurde die Beanspruchung von den ZVL als eher tief eingeschätzt. Es wird angenommen, dass diese tiefen Einschätzungen der Beanspruchung, zumindest bei den ZVL die, eine schlechte Leistung zeigten, mit dysfunktionalen Bewältigungsstrategien in Verbindung stehen.

Insgesamt vergrössern die Ergebnisse und ihre Interpretation das Wissen um die Arbeit und die kognitiven Strategien von ZVL. Die ZVL stellen in der Human Factors Forschung eine, zu Unrecht,

bisher kaum beachtete Berufsgruppe dar. Die Thesis bereichert die Human Factors Forschung mit neuen Erkenntnissen über kognitive Strategien und ihren Zusammenhang mit externen Leistungskriterien bei ZVL.

6.1 Implikation für die Praxis

Die Ergebnisse und die Interpretation zu den kognitiven Strategien der Informationsselektion und Informationsaufnahme weisen in Übereinstimmung mit den theoretischen Grundlagen auf die Wichtigkeit von akkuraten mentalen Modellen bei ZVL hin. Der Aufbau solcher Modelle sollte deshalb in Zukunft in der ZVL-Ausbildung und in Trainings konkret angeleitet und unterstützt werden. Das Verwenden von Simulatoren, wie sie auch in der Untersuchung bei der Datenerhebung eingesetzt wurden, könnte dabei eine entscheidende Rolle spielen. Beispielsweise können durch das Bearbeiten von Störungssituationen im Simulator die nötigen Abläufe bereits als Prozesswissen in mentalen Modellen der ZVL gespeichert werden. Des Weiteren gilt es auch in der zukünftigen weiteren Automatisierung der ZVL Tätigkeit zu beachten, dass der Aufbau und Erhalt von akkuraten mentalen Modellen für ZVL möglich bleibt. Insbesondere die von Bainbridge (1983) genannten *Ironien der Automatisierung* gilt es dabei zu verhindern.

In Bezug auf die Informationsverarbeitungseffizienz leiten sich aus den Ergebnissen keine direkten praktischen Massnahmen ab. Allenfalls könnte in der Ausbildung und in der technischen Entwicklung berücksichtigt werden, dass es für die ZVL weniger wichtig ist, Informationen möglichst schnell zu verarbeiten und auf Situationen zu reagieren. Vielmehr geht es um die Ermöglichung qualitativ hochwertiger und reflektierter Reaktionen auf Störungen. Indirekt kann abgeleitet werden, dass nicht alle Ergebnisse und Empfehlungen, die in der Human Factors Forschung zu Überwachungstätigkeiten gemacht werden, auch für die ZVL Tätigkeit eins zu eins übersetzt werden können und gültig sind. Viele der Empfehlungen für Überwachungstätigkeiten stammen aus der Forschung mit Fluglotsen, welche zwar ähnliche Aufgaben wie ZVL erledigen, sich aber auch in einigen Aspekten, wie z.B. in der Notwendigkeit schnell reagieren zu müssen, unterscheiden.

Betreffend den Umgang mit hohen Belastungen und der daraus resultierenden Beanspruchung für ZVL, müssen nicht nur effiziente sondern auch situationsangemessene Bewältigungsstrategien in der Ausbildung wie auch in regelmässigen Trainings mit den ZVL thematisiert und ausgearbeitet werden. Dazu finden sich z.B. bei Kaluza (2004) drei mögliche Ansatzpunkte (1) Management von Belastungen, (2) Veränderung der Persönlichen Bewertung einer Situation und (3) Reaktionsorientierte Bewältigung.

6.2 Grenzen der Untersuchung

Das hypothesengeleitete Forschungsdesign ermöglichte die Untersuchung von spezifischen Fragen zu kognitiven Strategien der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung von ZVL. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die untersuchten Parameter die kognitiven Strategien der ZVL umfassend erklären oder abdecken können. Es handelt sich dabei lediglich um in der Forschung akzeptierte Indikatoren, die Teilaspekte der gefragten kognitiven Strategien abdecken. Nichtsdestotrotz bieten die ausgewählten Blickbewegungsparameter und die subjektive Einschätzung der Beanspruchung eine gute Basis für aussagekräftige Ergebnisse. Der Einsatz von

Varianzparametern in Blickbewegungsstudien, wie in den Hypothesen 1 und 2 genutzt, wurde zwar in der Literatur und explorativen Studien angedacht aber bisher nie in dieser Form umgesetzt. Wie bereits im Interpretationsteil angedeutet ist es ausserdem nicht sicher, dass es nur ein korrektes mentales Modell gibt, das bei allen ZVL mit guter Leistung übereinstimmt. In dieser Hinsicht wären durch andere Studien fundierte Parameter zum Vergleich von Informationsselektions- und Informationsaufnahme-strategien, wie sie für die Hypothesen 1 und 2 verwendet wurden, wünschenswert.

Das Verwenden von jeweils zwei Parametern zur Bestimmung der Informationsverarbeitungseffizienz und der Beanspruchung der ZVL hat sich bewährt. Durch die Korrelationen der jeweiligen Variablen konnte gezeigt werden, dass mit diesen die jeweils gleichen Konstrukte gemessen wurden.

Die Anzahl der teilnehmenden ZVL war mit 11 Personen gering für die statistische Untersuchung von Hypothesen. Mit einer grösseren Stichprobe könnten für die verwendeten Hypothesen eher signifikante Ergebnisse erzielt werden. Der Aufwand für das Durchführen der Datenerhebungen in einem Simulator, wie auch das Auswerten von Blickbewegungsdaten für jeden Teilnehmenden sind jedoch sehr hoch. Durch die limitierten personellen wie zeitlichen Ressourcen im Rahmen der Masterthesis wäre eine grössere Anzahl Untersuchungsteilnehmer ohne weitere Einschränkungen kaum bearbeitbar gewesen.

Die Durchführung der Untersuchungen in einem Simulator an Stelle eines realen Arbeitsplatzes bot insgesamt mehr Vor- als Nachteile. Dennoch konnte keine hundertprozentig realistische Situation für die ZVL erzeugt werden. Ob oder inwiefern die Verwendung des Simulators die Ergebnisse beeinflusst hat, kann an dieser Stelle nicht abschliessend beantwortet werden. Möglicherweise wurde die Situation im Simulator als weniger beanspruchend wahrgenommen als dies an einem realen Arbeitsplatz der Fall gewesen wäre. In diesem Falle müssten besonders die Ergebnisse zu den Hypothesen 4a und 4b mit Vorsicht betrachtet werden. Die Ergebnisse aus der Befragung zur Validität des Simulators lassen vermuten, dass solch ein Einfluss eher gering ausgefallen wäre.

Vor dem Einsatz der übersetzten „Integrated Workload Scale“ (Pickup et al., 2005) wurde diese zwar wie auch das englische original von einem erfahrenen ZVL überprüft, um die Wortwahl möglichst passend zu halten. Für die Überprüfung der Gütekriterien des Erhebungsinstruments konnte jedoch nicht der gleiche Aufwand betrieben werden wie er in der Entwicklung der original englischen Skala betrieben wurde. Dieser Umstand könnte die Ergebnisse betreffend Beanspruchung der ZVL beeinflusst haben.

Insgesamt wurde bei dem Untersuchungsdesign ein hohes Gewicht auf reliable, valide und objektiv erhobene Ergebnisse gelegt. So wurde betreffend der Objektivität auf ein stark standardisiertes Vorgehen bei der Datenerhebung bei jedem einzelnen Teilnehmenden Wert gelegt. Durch die ausführliche Dokumentation des Vorgehens und der verwendeten Materialien, bis hin zum verwendeten Fahrplan, wird eine Reproduktion der Situation für weitere Teilnehmende in zukünftigen Untersuchungen möglich sein. Die Reliabilität wurde neben der Bestimmung der Interraterreliabilität des Codierschemas auch durch die Verwendung von mehreren Parametern zur Messung des gleichen Konstrukts bei den Hypothesen 3 und 4 sichergestellt. Die Validität wurde einerseits durch die Verwendung von bekannten Variablen aus der Human Factors Forschung und andererseits durch das Erheben der Realitätsnähe des verwendeten Simulators mittels Befragung gewährleistet.

7 Ausblick

Da ZVL in der Human Factors Forschung bisher eher selten Aufmerksamkeit fanden, vor allem im Vergleich zu anderen Überwachungstätigkeiten wie z.B. die von Fluglotsen oder Kernkraftwerk-Kontrollraum-Crews gibt es natürlich noch viele ungeklärte Fragen, die in dieser Domäne zukünftig beforscht werden könnten. Für die wissenschaftliche Forschung von Interesse sind dabei vor allem zwei Gebiete: (1) Das Erforschen weiterer kognitiver Strategien von ZVL zum vertieften Verständnis dieser Tätigkeit. Dies kann sowohl mit den in dieser Arbeit verwendeten Methoden wie Blickbewegungsregistrierung, Simulatoren und subjektiven Einschätzungen der Beanspruchung, als auch mit weiteren etablierten und neuen Methoden unternommen werden. Besonders die Themen Antizipation und Problemlösung, die nicht Bestandteil dieser Arbeit waren, fanden bisher nur wenig Beachtung. (2) Der Vergleich der ZVL Tätigkeit mit andern ähnlichen Überwachungstätigkeiten. Durch solche Vergleiche können einerseits die individuellen Unterschiede zwischen verschiedenen Überwachungstätigkeiten, andererseits auch die Ableitung allgemeingültiger Prinzipien für solche Tätigkeiten erwartet werden.

In nächster Zukunft sind voraussichtlich vor allem zwei Themenbereiche, was ZVL betrifft, für die Praxis von Interesse. Zum Einen sicherlich der Einfluss der weiterhin anhaltenden Automatisierung auf die Tätigkeit von ZVL, wobei besonders die sogenannten *Ironien der Automatisierung* (Bainbridge, 1983) und wie diese verhindert werden können von Interesse sind. Zum Anderen ist aber auch die Weiterentwicklung der ZVL-Ausbildung von Interesse. Zu diesem Thema wäre sicherlich ein Vergleich von verschiedenen Ausbildungsgängen bezüglich kognitiver Strategien und verschiedenen Leistungskriterien von Interesse. Dies könnten sowohl Vergleiche von verschiedenen ZVL-Ausbildungsgängen innerhalb des gleichen Unternehmens, als auch Vergleiche zwischen verschiedenen Bahnbetrieben wie z.B. SBB AG, BLS AG oder der Deutschen Bahn sein.

Da die Leistungsbeurteilung der ZVL in dieser Untersuchung aufgrund der Performanz im Simulatorzenario erfolgte, könnte auch eine Reanalyse der Daten mit anderen, möglicherweise stabileren Leistungskriterien wie z.B. die Beurteilung eines Vorgesetzten, die sich auf einen längeren Zeitraum bezieht weitere interessante Ergebnisse liefern.

Die eingesetzte Methode der Blickbewegungsregistrierung hat sich zwar in den letzten Jahren für viele Forschungsgebiete als grosse Bereicherung herausgestellt und fest etabliert, ist aber weiterhin entwicklungsfähig. Neben immer neuer technischer Möglichkeiten, welche die Aufzeichnungsgeräte immer einfacher und für Probanden weniger störend einsetzbar machen, gibt es auch Entwicklungsbedarf bei den gemessenen Parametern. So ist beispielsweise die Entwicklung weiterer Möglichkeiten zum Vergleich von Blickpfaden zwischen verschiedenen Personen und Personengruppen wünschenswert.

8 Literaturverzeichnis

- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie* (3. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Andress, H. -J. (2003). *F-Test für Varianzunterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben*. Universität Köln. Verfügbar unter: <http://eswf.uni-koeln.de/lehre/stathome/statcalc/v2703.htm> [01.06.2012]
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), 775-779. Elsevier.
- Bezzola, J., Brüngger, J., Meyenberg, I., Steiner, E. & Widmer, D. (2008). *Blickdatenregistrierung bei Zugverkehrsleitenden*. Unveröffentlichter Projektbericht, Fachhochschule Nordwestschweiz.
- Biella, M., Schäfer, H. (2002). Situationsbewusstsein: Definitionen und messtheoretischer Zugang. 44. *Fachausschusssitzung Anthropotechnik "Situation Awareness in der Fahrzeug- und Prozessführung"*; Langen, 22.-23.10.2002, Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Fachausschuss T5.4 Anthropotechnik, Situation Awareness in der Fahrzeug- und Prozessführung, S. 251-273.
- Brüngger, J., Fischer, K., Bezzola, J., Meyenberg, I., Widmer, D., Steiner, E., Gärtner, K. & Ritz, F. (2011). Was macht einen Zugverkehrsleitenden zum Experten?. *Signal+ Draht*, 103(11), 6-7.
- Dornhöfer, S. M., Pannasch, S. & Unema, P. J. A. (2003). *Augenbewegungen und deren Registrierungsmethoden*. Verfügbar unter: <http://files.kraiz.de/uni/SS09/Psychologie/less%20important/angewandte%20kognitionsforschung/sakkaden/augenbewegungen.pdf> [28.05.2012].
- Duchowski, A. T. (2002). A breadth-first survey of eye-tracking applications. *Behavior research methods instruments computers a journal of the Psychonomic Society Inc*, 34(4), 455-470.
- Duchowski, A. T. (2007). *Eye Tracking Methodology. Theory and Practice* (2nd ed.). London: Springer-Verlag.
- Ehrlinger, J., Johnson, K., Banner, M., Dunning, D., & Kruger, J. (2008). Why the Unskilled Are Unaware: Further Explorations of (Absent) Self-Insight Among the Incompetent. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 105(1), 98-121.
- Elhelw, M., Nicolaou, M., Chung, A., Yang, G.-Z., & Atkins, M. S. (2008). A gaze-based study for investigating the perception of visual realism in simulated scenes. *ACM Transactions on Applied Perception*, 5(1), 1-20.
- Endsley, M. R. (1995). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 65-84. Human Factors and Ergonomics Society.
- Endsley, M. R. (2000). Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review. In Mica R Endsley & D. J. Garland (Eds.), *Situation Awareness Analysis and Measurement* (Vol. pp, pp. 3-32). Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M. R., Bolté, B., & Jones, D. G. (2003). *Designing for Situation Awareness*. (Taylor, Eds.) *Design* (Vol. 35, pp. 30-34).

- ITU GazeGroup (2008). *The StarGazer* [Computer Software]. Verfügbar unter:
<http://www.gazegroup.org/research/14> [08.06.2012]
- Feinstein, A. H., & Cannon, H. M. (2001). FIDELITY , VERIFIABILITY , AND VALIDITY OF SIMULATION : CONSTRUCTS FOR EVALUATION. *Developments in Business Simulation and Experiential Learning*, 28, 57-67.
- Fischer, K. (2008). *Kompetenzentwicklung und kognitive Modellierung in der Betriebsführung der SBB*. Unveröffentlichter KTI Projektbericht, Fachhochschule Nordwestschweiz.
- Fitts, P. M., Jones, R. E., & Milton, J. L. (1950). Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. *Aeronautical Engineering Review*, 9(2), 24-29.
- Goldberg, J. H., & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24(6), 631-645. Elsevier.
- Häcker, H. O., Stapf, K.-H. (2004). *Dorsch Psychologisches Wörterbuch*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock and N. Meshkati (Eds.) *Human Mental Workload*. Amsterdam: North Holland Press.
- Heuer, J. (2002). *Mentale Modelle komplexer Prozesse*. Dissertation, Universität Kassel.
- Hoyos, C. G., Brüggemann, R. (1985) Belastung und Beanspruchung bei Überwachungs- und Steuertätigkeiten: Untersuchungen über die Veränderungen informationsverarbeitender Prozesse. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 32(3), 445-470.
- Jacob, R., & Karn, K. (2003). Comentary on Section 4: Eye tracking in human-computer interaction and usability research: ready to deliver the promises. In J. Hyönä, R. Radach & H. Deubel (Hrsg.) *In the minds eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research* (S. 573–605). Amsterdam: Elsevier Science.
- Jones, D. G., & Endsley, M. R. (1996). Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation space and environmental medicine*, 67(6), 507-512.
- Joos, M., Rötting, M., & Velichkovsky, B. M. (2003). Die Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden, innovative Anwendungen. In T. Herrmann, S. Deutsch & G. Rickheit (Eds.), *Handbuch der Psycholinguistik* (pp. 142-168). Berlin/NY: De Greyter.
- Josephson, S., & Holmes, M. E. (2002, März). *Visual attention to repeated internet images*. Proceedings of the symposium on Eye tracking research applications ETRA 02, 43, New Orleans, Louisiana.
- Kaluza, G. (2004). *Stressbewältigung: Trainingsmanual zur psychologischen Gesundheitsförderung. Musik Tanz und Kunsttherapie* (2. Auflage). Berlin: Springer.
- Keseling, S. (2006). *Alternative Softwarekonzepte zur Aufmerksamkeitsanalyse bei Usability-Tests* (Diplomarbeit). Hamburg: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg.

- Login (n.d.).login – der Ausbildungsverbund in der Welt des Verkehrs. Verfügbar unter:
<http://www.login.org/de/metanavigation/ueber-uns/firmenportraet/> [28.05.2012]
- Luke, T., Brook-Carter, N., Smith, R., Rogers, A. & Flint, A. (2005). *Train driver visual strategies*. Rail Safety and Standards Board. Verfügbar unter:
http://www.rssb.co.uk/RESEARCH/Lists/DispForm_Custom.aspx?ID=228 [28.05.2012]
- Moore, K. S. (2009). *comparison of eye movement data to direct measures of situation awareness for development of a novel measurement technique in dynamic, uncontrolled test environments*. PhD thesis, Clemson University.
- Muthig, K.-P. (1990): Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung. In: Hoyos, C. Graf & B. Zimolong (Hrsg.): *Ingenieurpsychologie. Enzyklopädie der Psychologie* (S. 92-120). Göttingen: Hogrefe.
- Myers, C. W., & Gray, W. D. (2010). Visual scan adaptation during repeated visual search. *Journal of Vision*, 10(8), 1-14.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Noldus (2011). The Observer XT (Version 10.5)[Computer Software]. Verfügbar unter:
<http://www.noldus.com/> [01.05.2012]
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (Vol. 7, S. 7-14). Lawrence Erlbaum Associates.
- Noton, D., & Stark, L. (1971). Scanpaths in eye movements during pattern perception. *Science*, 171(968), 308-311.
- Poole, A., & Ball, L. J. (2005). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research : Current Status and Future Prospects. *Psychology*, 10(5), 211–219. Citeseer.
- Pickup, L., Wilson, J., & Lowe, E. (2010). The Operational Demand Evaluation Checklist (ODEC) of workload for railway signalling. *Applied Ergonomics*, 41(3), 393-402. Elsevier Ltd.
- Pickup, L., Wilson, J. R., Norris, B. J., Mitchell, L., & Morrisroe, G. (2005). The Integrated Workload Scale (IWS): a new self-report tool to assess railway signaller workload. *Applied Ergonomics*, 36(6), 681-693.
- Proctor, R. W., & Vu, K.-P. L. (2010). Cumulative knowledge and progress in human factors. *Annual Review of Psychology*, 61(June 2009), 623-651.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction: an approach to cognitive engineering*. New York, North-Holland.
- Rasmussen, J. (2003). The role of error in organizing behaviour. *Quality and Safety in Health Care*, 12(5), 377-383. Taylor & Francis.
- Reader, T. W., Flin, R., Mearns, K., & Cuthbertson, B. H. (2011). Team situation awareness and the anticipation of patient progress during ICU rounds. *BMJ quality safety*, 20(June), 1035-42.

- Reason, J. (1990). *Human Error*. New York: Cambridge University Press.
- Reid, G. B., Potter, S. S., & Bressler, J. R. (1989). *Subjective Workload Assessment Technique (SWAT): A User's Guide*. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory. Verfügbar unter: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a215405.pdf> [17.05.2012]
- Riener, A. (2010). Assessment of Simulator Fidelity and Validity in Simulator and On-the-road Studies. *International Journal*, 3(3), 110-124.
- Rötting, M. (1999). Typen und Parameter von Augenbewegungen. In M. Rötting & K. Seifert (Hrsg.). *Blickbewegungen in der Mensch-Maschine-Systemtechnik* (ZMMS Spektrum Band 8, S. 1-18). Sinzheim: Pro Universitate Verlag.
- Schönpflug, W. (1987). Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit - Konzepte und Theorien. In U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.), *Arbeitspsychologie* (S. 130-184). Göttingen: Hogrefe.
- Schneider, G. & Kurt, J. (2000). *Technische Prinzipien zur Messung der Blickrichtung und der Augenbewegungen*. Verfügbar unter: http://www2.hu-berlin.de/reha/eye/Technische%20Prinzipien_Eye.pdf. [28.05.2012]
- SBB.(n.d.a). *Betriebszentralen*. Verfügbar unter: <http://www.sbb.ch/sbb-konzern/ueber-die-sbb/projekte/betriebszentralen.html> [28.05.2012]
- SBB. (n.d.b). *Über die SBB*. Verfügbar unter: <http://www.sbb.ch/sbb-konzern/ueber-die-sbb.html> [28.05.2012]
- SBB. (2007). *Lern- und Trainingssystem LTS Teil III: Lastenheft*. Unveröffentlichtes Dokument, SBB.
- Seel, N. M. (1991). *Weltwissen und mentale Modelle. Weltwissen und mentale Modelle*. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- SMI. (2011). iTools (Version 2.4.4) [Computer Software]. Verfügbar unter: <http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/support/software-download.html> [28.05.2012]
- Smith, K., & Hancock, P. A. (1995). Situation Awareness Is Adaptive, Externally Directed Consciousness. *Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 137-148.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., Baber, C. & Jenkins, D. P (2005) *Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design*. Ashgate: Aldershot.
- Ulich, E. (1994). *Arbeitspsychologie* (3.Auflage). Zürich: vdf Hochschulverlag. Stuttgart: Schäffer Poeschel.
- Ulich, E. & Wülser, M. (2009). *Gesundheitsmanagement in Unternehmen. Arbeitspsychologische Perspektiven* (3. Auflage). Wiesbaden: Gabler.
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J. & Crundall, D.(2003). "Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers", *Ergonomics*, 46, 629-646.

- Vidulich, M. (2003). Mental Workload and Situation Awareness: Essential Concepts for Aviation Psychology Practice. In P. Tsang & M. Vidulich (Hrsg.), *Principles and Practice of Aviation Psychology* (S. 115-146). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Volpert, W. (1987). Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Mental regulation of working activities. In U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Eds.), *Arbeitspsychologie Enzyklopaedie der Psychologie Themenbereich D Praxisgebiete Serie III Wirtschafts Organisations und Arbeitspsychologie Band 1* (pp. 2-42). Hogrefe.
- Wickens, C. D., & Alexander, A. L. (2009). Attentional Tunneling and Task Management in Synthetic Vision Displays. *International Journal of Aviation Psychology*, 19(2), 182-199.
- Willems, B. (1999). *Air Traffic Control Specialist Visual Scanning II: Task Load, Visual Noise, and Intrusions Into Controlled Airspace* <http://hf.tc.faa.gov/technotes/dot-faa-ct-tn99-23.pdf> [27.4.2012]
- Zimolong, B., Elke, G., & Trimpop, R. (2006). Gesundheitsmanagement. In B. Zimolong & U. Konradt (Eds.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D Praxisgebiete, Serie III Wirtschafts- Organisations- und Arbeitspsychologie, Band 2 Ingenieurpsychologie* (S. 633-668). Göttingen: Hogrefe.

9 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Ablauf der Datenerhebung für jeden Teilnehmer | 30 |
| Tabelle 2: T-Tests zu der Anzahl Blicke auf die Lupenansichten | 44 |
| Tabelle 3: Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten bei ZVL mit guter Leistung für alle AOI Kombinationen | 45 |
| Tabelle 4: Varianzen in den Blickübergangshäufigkeiten bei ZVL mit schlechter Leistung für alle AOI Kombinationen | 46 |
| Tabelle 5: Kolmogorow-Smirnow Tests auf Normalverteilung zu Hypothese 1 | 73 |
| Tabelle 6: F-Tests zu Hypothese 1 | 74 |
| Tabelle 7: T-test zu Hypothese 1 | 74 |
| Tabelle 8: Kolmogorow-Smirnow Test auf Normalverteilung zu Hypothese 2 | 75 |
| Tabelle 9: U-Test zu Hypothese 2 | 75 |
| Tabelle 10: T-Tests zu Hypothese 2 | 75 |
| Tabelle 11 : Kolmogorow-Smirnow Tests auf Normalverteilung zu Hypothese 3a und 3b | 76 |
| Tabelle 12: T-Tests zu Hypothese 3a und 3b | 76 |
| Tabelle 13: Korrelationen zu Hypothese 3a und 3b | 76 |
| Tabelle 14: Kolmogorow-Smirnow Tests auf Normalverteilung zu Hypothese 4a und 4b | 77 |
| Tabelle 15: T-Tests zu Hypothese 4a und 4b | 77 |
| Tabelle 16: Korrelationen zu Hypothese 4a und 4b | 77 |
| Tabelle 17: Korrelationen Sonstige Berechnungen | 78 |

10 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Rahmenmodell Menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1986) (zitiert nach Muthig, 1990 S.96) | 11 |
| Abbildung 2: Aspekte und Grundfunktionen menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung nach Rasmussen (1986) (zitiert nach Muthig, 1990 S.97) | 12 |
| Abbildung 3: Renitales Abbild (Dornhöfer, Pannasch & Unema, 2003 S.4) | 14 |
| Abbildung 4: Drei Ebenen Modell des Situationsbewusstseins (Endsley, 2000 S.3) | 19 |
| Abbildung 5: Wahrnehmungszyklus Modell von Smith und Hancock (1995, zitiert nach Heuer, 2002 S.65) | 20 |
| Abbildung 6: Grafische Darstellung des Untersuchungsplans | 28 |
| Abbildung 7: Setting für die Datenerhebung: Links der ZVL-Ausbildner, der als Ansprechperson diente; in der Mitte eine Teilnehmerin mit aufgesetztem Blickbewegungsmessgerät am Simulator; Rechts der Arbeitsplatz zur Überwachung der Blickbewegungsaufnahmen. Nicht zu sehen ist der ZVL-Ausbildner, der von einem weiteren Arbeitsplatz aus den Simulator steuert | 29 |
| Abbildung 8: Ausbildung von ZVL am LTS in Zürich Kloten (BZ OST) | 31 |
| Abbildung 9: Eingerichtete Bildschirme eines Teilnehmenden mit grafisch hervorgehobenem Codierschema | 35 |
| Abbildung 10: Deutsche Übersetzung der Integrated Workload Scale (Pickup et al. 2005) | 37 |
| Abbildung 11: Teilnehmendeneinschätzungen zur Augenscheinvalidität des Simulators | 40 |
| Abbildung 12: Gezeigte Leistung der Teilnehmenden ZVL | 41 |
| Abbildung 13: Mittelwerte der kumulativen Verweildauern auf allen AOI | 42 |
| Abbildung 14: Varianzen in den kumulativen Verweildauern | 43 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 15: Durchschnittliche Anzahl Blicke für alle AOI..... | 45 |
| Abbildung 16: Durchschnittliche Varianzen der Blickübergangshäufigkeiten getrennt nach Leistung | 46 |
| Abbildung 17: Durchschnittliche Verweildauern in den Einzelnen AOI | 47 |
| Abbildung 18: Durchschnittliche Verweildauer | 48 |
| Abbildung 19: Durchschnittliche Fixationsdauer | 48 |
| Abbildung 20: Subjektiv wahrgenommene Beanspruchung nach IWS..... | 49 |
| Abbildung 21: Lidschlussrate getrennt nach Leistung..... | 50 |

11 Anhang

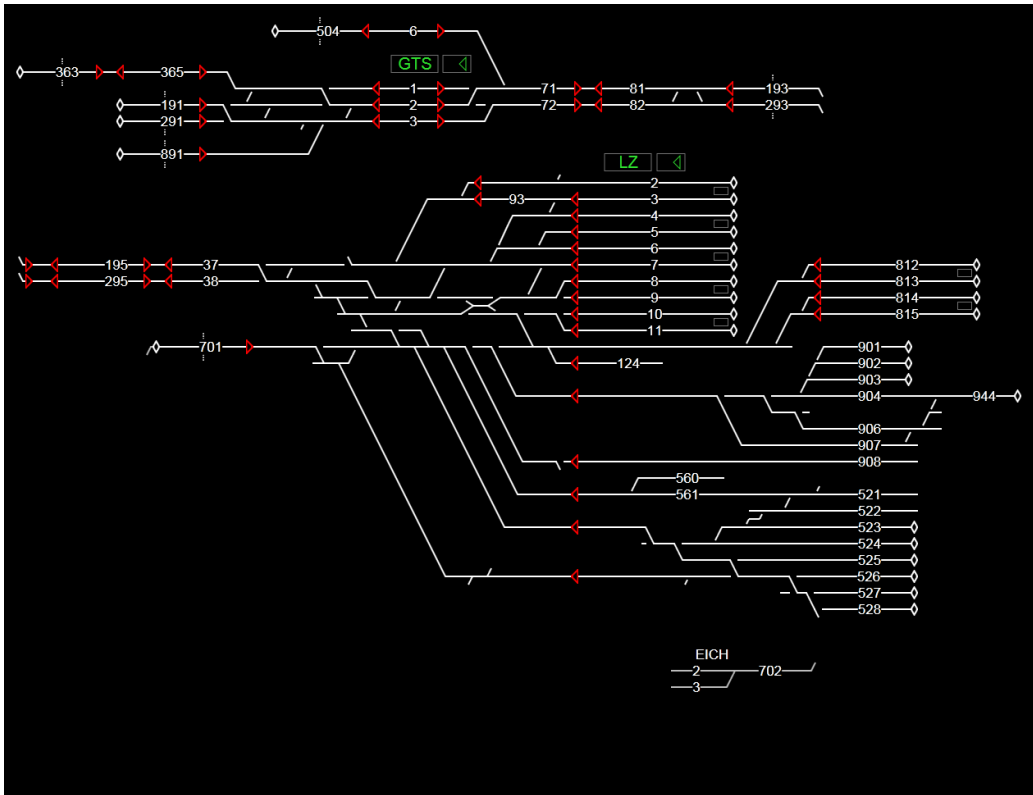
Anhang A : Abkürzungen

| | |
|----------|--|
| AOI | Areas of Interest |
| BLS | Bern–Lötschberg–Simplon (Bahngesellschaft) |
| BZ | Betriebszentrale |
| CI | Konfidenz Intervall |
| CL | Checkliste |
| DIN | Deutsche Institut für Normung |
| EBI | Ebikon |
| GSK | Gisikon |
| FDV | Fahrdienst Vorschriften |
| ILTIS | Integrales Leit- und Informations-System |
| IPO | Input-Process-Output |
| IWS | Integrated Workload Scale |
| LZVH | Luzern Verkehrshaus |
| KTI | Kommission für Technologie und Innovation |
| KUE | Küsnacht |
| LTS | Lern- und Trainingssystem |
| M | Mittelwert |
| MEG | Meggen |
| NASA-TLX | NASA Task Load Index |
| RCS | Rail Control System |
| SA | Situationsbewusstsein |
| SBB | Schweizerische Bundesbahnen |
| SD | Standardabweichung |
| SWAT | Subjective Workload Assessment Technique |

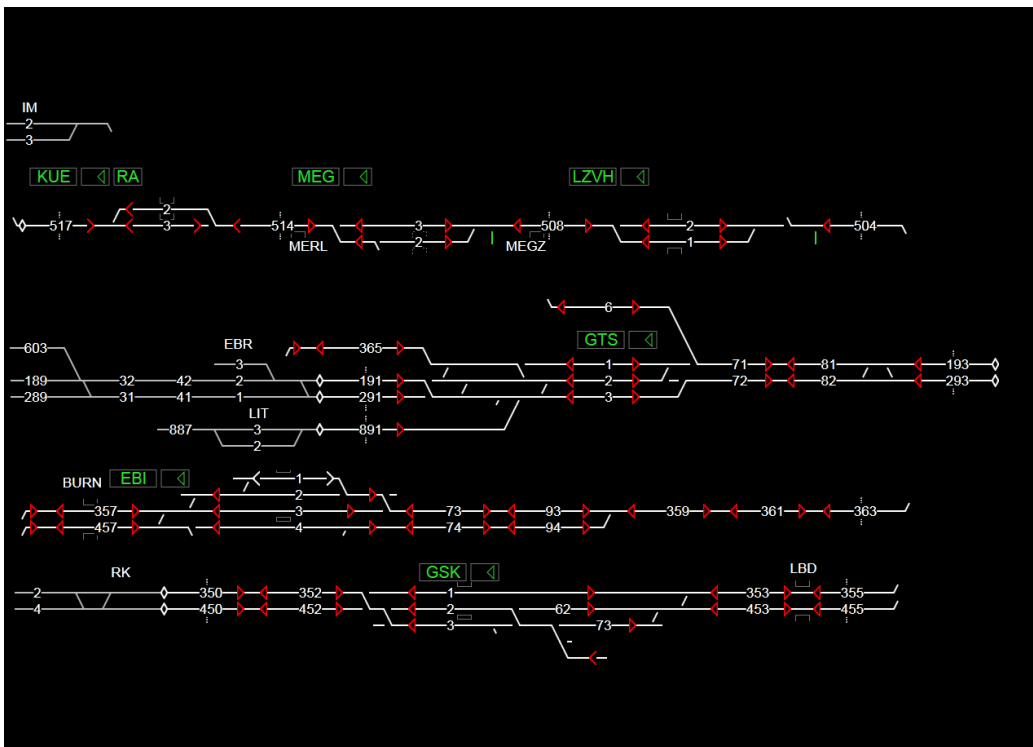
| | |
|-----|---------------------|
| VOG | Videookulografie |
| ZVL | Zugverkehrsleitende |

Anhang B : AOI Bilder

Übersicht Zentrum



Übersicht Süd (Arbeitsbereich)

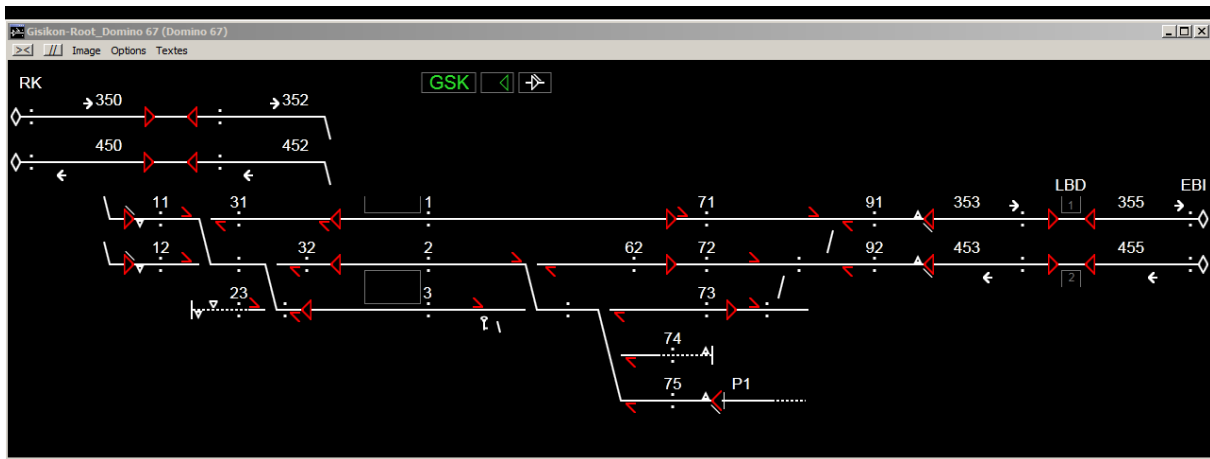


Bearbeitungsfenster (Beispiel)

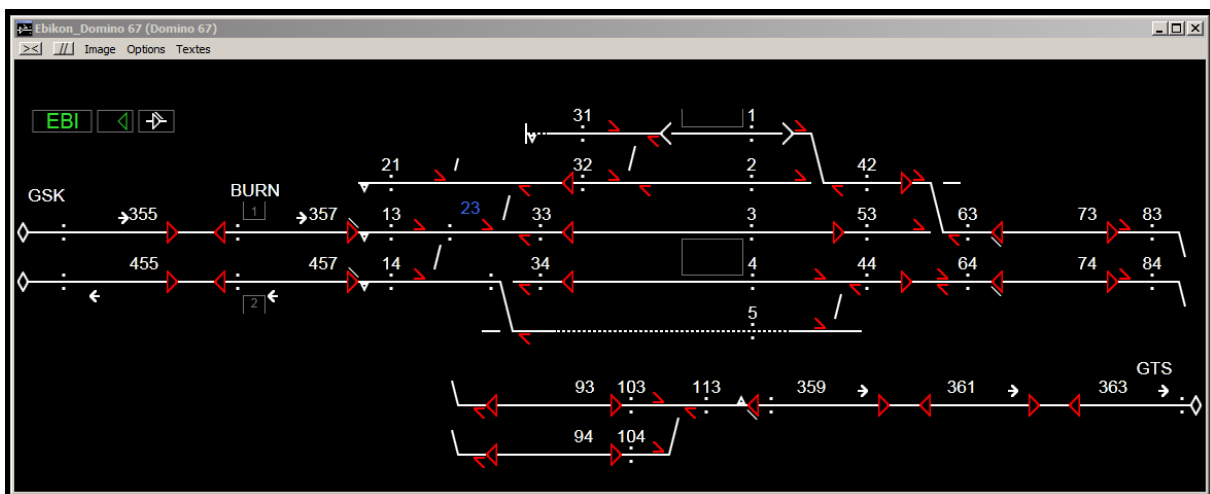
| ZN | R-ID | Bahnhof | Gleis | Nach | Abfahrt | Bedingungen der Generierung |
|-------|------|---------|-------|------|---------|-----------------------------|
| 21331 | | LZVH | 1 | MEGZ | 08:13 | erfüllt |
| 22431 | | EICH | 2 | LZ | 08:15 | nicht erfüllt |
| 21529 | | EICH | 2 | LZ | 08:18 | nicht erfüllt |
| 21815 | | 55 | 2 | LZ | 08:18 | nicht erfüllt |

- Gen. mit ZN
- Gen. ohne ZN
- Gen. rückgängig
- Verwerfen
- Später
- Fenster schließen

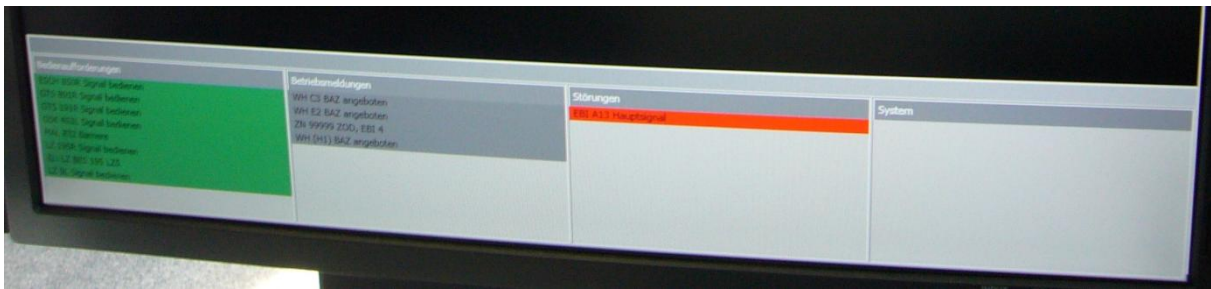
Lupe GSK (Gisikon)



Lupe EBI (Ebikon)



Meldungsverwalter

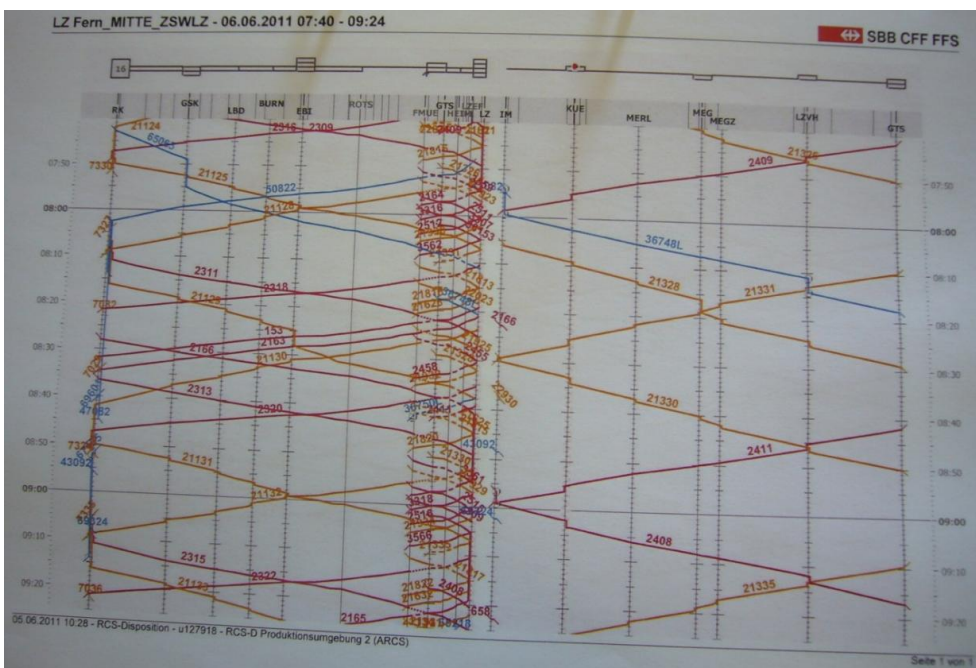


Zugdaten

The application window displays a table of train data with columns for 'Zug' (Train) and 'Fahrweg' (Route). The table lists various train numbers and their corresponding routes across different stations.

| Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg | Zug | Fahrweg |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|-----|---------|
| 2455 | RB672 | 187 | 189 K | EBR32 | EBR42 | EBR2 | 191 K | GTS3 K | GTS72 | 293 | 295 | L28 W | | | | | |
| 21338 | MES2 B% | 508 | LZH2 V | GTS5 K | GTS71 K | 193 | L25 | | | | | | | | | | |
| 3336 | WH3 B | 872 | DOPP2 | 868 | ENT3 | 862 V | SCH13 BV | 856 V | ESCH2 V | 850 | WIG3 | 845 | TSCH2 | | | | |
| 3318 | LZ4HK | LZ38 | 295 | 293 B | GTS82 | GTS3 B | 891 | LIT3 | 887 | MAL3 | 881 V | SCHA2 | 878 | | | | |
| 21930 | 293 | GTS82 | GTS3 | 291 | EBR1 | EBR41 | EBR31 | 603 | 605 | WAB1 | | | | | | | |
| 3309 | TSCH3 B | 845 | WIG3 | 850 | ESCH2 | 856 V | SCH12 BV | 862 | ENT3 | 868 | DOPP2 | 872 | WH13 | | | | |
| 3562 | L29 | LZ38 | 295 | 293 | GTS82 | GTS3 | 291 | EBR1 | EBR41 | EBR31 | 289 | 287 | RB671 | | | | |
| 3638 | LZ814B | 701 | 702 | EICH3 | | | | | | | | | | | | | |
| 21125 | 195 | L25 W | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21129 | GGK1 | 353 | 355 | 357 | EBI3 | EBI73 | EBI93 K | 359 | 361 | 363 | 365 | GTS1 B | GTS71 K | | | | |
| 21530 | LZ813 K | 701 | 702 | EICH3 | | | | | | | | | | | | | |
| 2318 | L26 K | LZ37 | 195 | 193 | GTS81 | GTS1 B | 365 | 363 | 361 | 359 | EBI94 | EBI74 | EBI4 | | | | |
| 21430 | LZ815 K | 701 | 702 | EICH3 | | | | | | | | | | | | | |
| 22725 | WH2H | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22825 | 850 | ESCH2 V | 856 V | SCH12 V | 862 V | ENT3 | 868 | DOPP2 | 872 | WH13 | WH2 N | | | | | | |
| 21727 | WH1 K | 524 | MAU2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 21638 | LZ11HK | LZ38 | 295 | 293 | GTS82 | GTS3 B | 891 | LIT2 | 887 | MAL2 KV | 881 V | SCHA2 V | 878 | | | | |
| 22023 | 891 K | GTS2 K | GTS71 | 193 | 195 | L23 | | | | | | | | | | | |
| 21923 | WAR2 BV | 603 | EBR32 | EBR42 | EBR2 | 191 KV | GTS1 | GTS71 | 193 | 195 | L27 W | | | | | | |
| 2458 | LZ3 K | L293 | LZ37 | 195 | 193 K | GTS82 | GTS3 | 291 | EBR1 | EBR41 | EBR31 | 289 | 287 | | | | |
| 2411 | LZ5 K | LZ37 | 195 | 193 K | GTS81 | GTS6 | 504 | LZH1 B | 508 | MEG3 | 514 | KLE3 | 517 | | | | |
| 22624 | ESCH2 V | 850 | WIG3 | 845 | TSCH2 | | | | | | | | | | | | |
| 21813 | 191 B | GTS2 K | GTS72 | 293 | 295 | L29 W | | | | | | | | | | | |
| 2207 | EICH2 B | 701 | LZ812 W | | | | | | | | | | | | | | |
| 62063 | EBI1 D | EBI73 | EBI93 | 359 | 361 | 363 | 365 | GTS2 K | GTS72 | 293 | 295 K | LZ525 | | | | | |

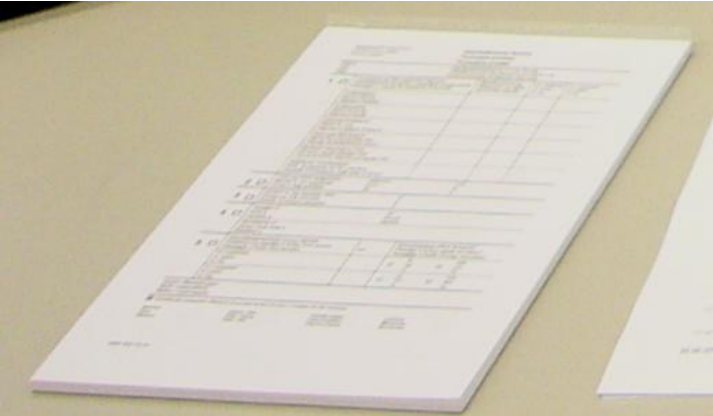
Grafischer Fahrplan



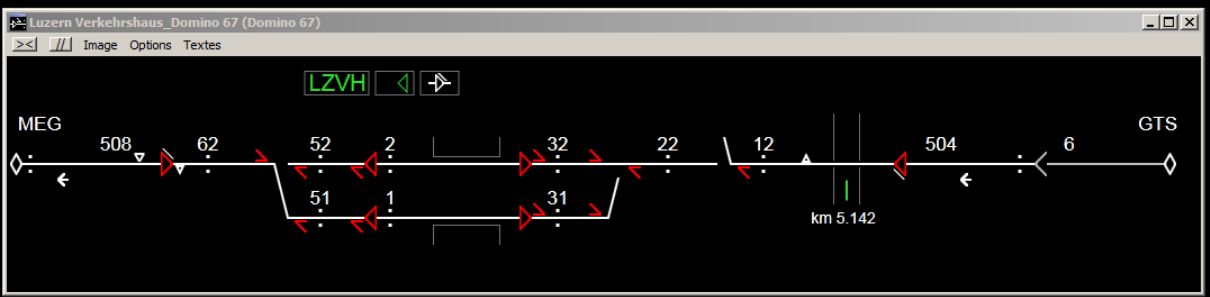
Intranet (Beispiel)



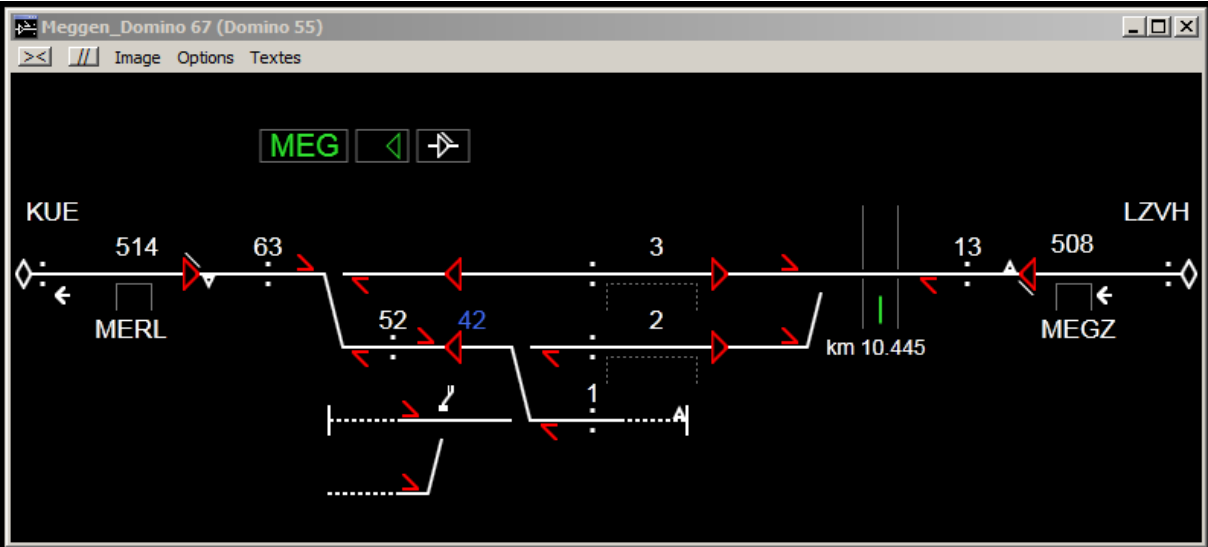
Papiere/Checklisten (Beispiel)



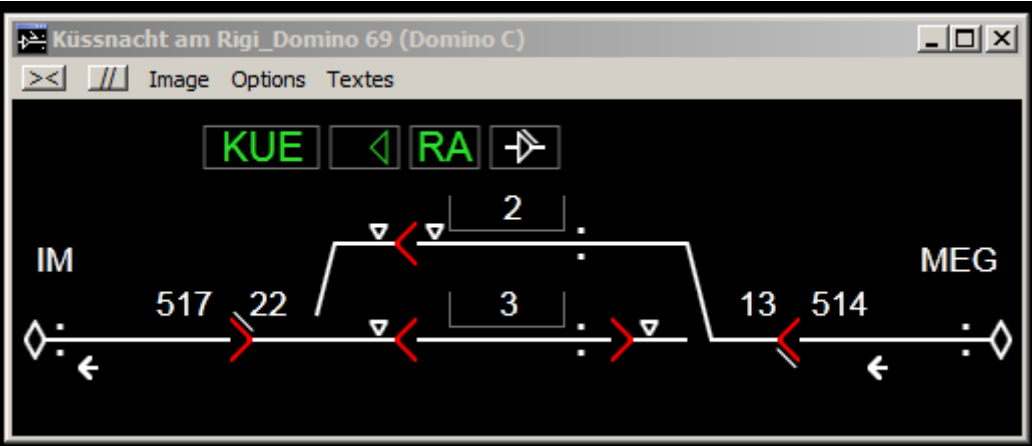
Lupe LZVH (Luzern Verkehrshaus)



Lupe MEG (Meggen)



Lupe KUE (Küsnacht)



Anhang C : Statistische Berechnungen

Tabelle 5: Kolmogorow-Smirnow Tests auf Normalverteilung zu Hypothese 1

| | N | Mean | Std. Deviation | Kolmogorov-Smirnov Z | Asymp. Sig. (2-tailed) |
|----------------------------|----------|-------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Bearbeitungsfenster | 10 | 75.08 | 35.817 | 0.482 | .975 |
| Grafischer_FP | 10 | 30.74 | 18.582 | 0.589 | .879 |
| Intranet | 10 | 23.35 | 35.149 | 1.17 | .13 |
| Lupe_EBI | 10 | 289.71 | 84.266 | 0.618 | .839 |
| Lupe_GSK | 10 | 76.54 | 56.403 | 0.782 | .574 |
| Meldungsverwalter | 10 | 6.54 | 6.282 | 0.808 | .531 |
| Papiere_CL | 10 | 222.25 | 72.421 | 0.716 | .684 |
| Übersicht_Süd | 10 | 111.78 | 112.733 | 0.986 | .285 |
| Zugdaten | 10 | 10.66 | 13.261 | 0.873 | .431 |
| KVd_Varianz | 18 | 3147.7273 | 3755.57899 | 0.936 | .346 |

Tabelle 6: F-Tests zu Hypothese 1

| | s_1 | n_1 | s_2 | n_2 | s^2_1 | s^2_2 | α_0 | f_{crit}^u | f_{crit}^o | f | p |
|--------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|---------|------------|--------------|--------------|---------|------|
| Bearbeitungs- fenster | 42.49 | 6 | 21.41 | 4 | 1805.12 | 458.35 | .05 | 0.067 | 14.886 | 3.9386 | .144 |
| Grafischer Fahrplan | 21.52 | 6 | 15.08 | 4 | 463.10 | 227.46 | .05 | 0.067 | 14.886 | 2.0365 | .296 |
| Intranet | 47.25 | 4 | 29.49 | 6 | 2232.42 | 869.54 | .05 | 0.123 | 7.763 | 2.5672 | .168 |
| Lupe EBI | 87.48 | 4 | 67.03 | 6 | 7653.40 | 4493.52 | .05 | 0.123 | 7.763 | 1.7033 | .281 |
| Lupe GSK | 71.35 | 4 | 19.62 | 6 | 5116.74 | 384.96 | .05 | 0.123 | 7.763 | 13.2248 | .008 |
| Meldungs- verwalter | 7.98 | 6 | 2.73 | 4 | 63.61 | 7.44 | .05 | 0.067 | 14.886 | 8.5444 | .054 |
| Papiere/CL | 76.27 | 6 | 60.77 | 4 | 5817.10 | 3693.22 | .05 | 0.067 | 14.886 | 1.5752 | .376 |
| Übersicht Süd | 112.70 | 6 | 97.73 | 4 | 12701.04 | 9551.97 | .05 | 0.067 | 14.886 | 1.3298 | .433 |
| Zugdaten | 15.07 | 6 | 12.21 | 4 | 250.86 | 144.09 | .05 | 0.067 | 14.886 | 1.5233 | .387 |

Tabelle 7: T-test zu Hypothese 1

| Variable | t-wert | Sig. (2-seitig) | Gute Leistung | | | Schlechte Leistung | | |
|---------------|--------|-----------------|---------------|--------|--------|--------------------|--------|---------|
| | | | N | M | SD | N | M | SD |
| Lupe EBI | 1.804 | .109 | 4 | 342.36 | 87.484 | 6 | 254.61 | 67.034 |
| Übersicht Süd | 1.389 | .202 | 4 | 54.05 | 97.743 | 6 | 150.27 | 112.699 |
| Lupe GSK | -2.293 | .051 | 4 | 117.81 | 71.531 | 6 | 49.02 | 19.62 |

Tabelle 8: Kolmogorow-Smirnow Test auf Normalverteilung zu Hypothese 2

| | N | Mean | Std. Deviation | Kolmogorov-Smirnov Z | Asymp. Sig. (2-tailed) |
|-------------------------|-----|------------|----------------|----------------------|------------------------|
| V_Übergangshäufigkeiten | 364 | 0.89485955 | 3.28652627 | 7.492 | .000 |

Tabelle 9: U-Test zu Hypothese 2

| Variable | z-wert | Sig. (2-seitig) | Gute Leistung | | | | Schlechte Leistung | | | | | |
|----------|--------|-----------------|---------------|------|-------|----------|--------------------|-----|-------|-------|----------|---------|
| | | | N | M | SD | CI unten | CI oben | N | M | SD | CI unten | CI oben |
| V_Übg | -0.476 | .634 | 182 | 0.72 | 3.276 | 0.248 | 1.199 | 182 | 1.066 | 3.297 | 0.587 | 1.545 |

Tabelle 10: T-Tests zu Hypothese 2

| Variable | t-wert | Sig. (2-seitig) | Gute Leistung | | | Schlechte Leistung | | |
|---------------|--------|-----------------|---------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | | | N | M | SD | N | M | SD |
| Lupe_EBI | -2.61 | .031 | 4 | 117 | 30.25 | 6 | 77.67 | 17.99 |
| Lupe_GSK | -2.37 | .045 | 4 | 69 | 36.54 | 6 | 30.5 | 14.49 |
| Lupe_KUE | -2.95 | .018 | 4 | 4.5 | 3.42 | 6 | 0.33 | 0.82 |
| Lupe_LZVH | -2.70 | .027 | 4 | 12.5 | 11.36 | 6 | 0.33 | 0.82 |
| Lupe_MEG | -2.62 | .031 | 4 | 13.75 | 12.04 | 6 | 1.17 | 1.33 |
| Übersicht Süd | 1.917 | .091 | 4 | 42.5 | 29.42 | 6 | 11.75 | 14.27 |

Tabelle 11 : Kolmogorow-Smirnow Tests auf Normalverteilung zu Hypothese 3a und 3b

| | N | Mean | Std. Deviation | Kolmogorov-Smirnov Z | Asymp. Sig. (2-tailed) |
|---|----|--------|----------------|----------------------|------------------------|
| DVd_alle_AOI | 10 | 2.4686 | 0.58538 | 0.512 | .955 |
| Durschnittliche_Fixationsdauer_sekunden | 11 | 0.6023 | 0.1194 | 0.978 | .294 |

Tabelle 12: T-Tests zu Hypothese 3a und 3b

| Variable | t-wert | Sig. (2-seitig) | Gute Leistung | | | | Schlechte Leistung | | | | | |
|------------------|--------|-----------------|---------------|--------|---------|----------|--------------------|---|--------|---------|----------|---------|
| | | | N | M | SD | CI unten | CI oben | N | M | SD | CI unten | CI oben |
| DVd | -0.844 | .423 | 4 | 2.2741 | 0.50286 | 1.78131 | 2.76690 | 6 | 2.5982 | 0.64395 | 1.96713 | 3.22926 |
| D_Fixationsdauer | 1.001 | .343 | 4 | 0.5547 | 0.05812 | 0.49658 | 0.61282 | 7 | 0.6296 | 0.14032 | 0.48928 | 0.76992 |

Tabelle 13: Korrelationen zu Hypothese 3a und 3b

| Variablen | N | Korrelation nach Spearman | Sig. (2-seitig) |
|---------------------------------------|----|---------------------------|-----------------|
| Note / DVd_alle AOI | 10 | -.258 | .472 |
| Note / Durschnittliche_Fixationsdauer | 11 | -.337 | .311 |

Tabelle 14: Kolmogorow-Smirnow Tests auf Normalverteilung zu Hypothese 4a und 4b

| | N | Mean | Std. Deviation | Kolmogorov-Smirnov Z | Asymp. Sig. (2-tailed) |
|-----------------------|----|----------|----------------|----------------------|------------------------|
| Beanspruchung IWS | 11 | 4.2727 | 0.81402 | 0.655 | .784 |
| Lidschläge_pro_Minute | 11 | 16.37252 | 4.885201 | 0.811 | .527 |

Tabelle 15: T-Tests zu Hypothese 4a und 4b

| Variable | t-wert | Sig. (2-seitig) | Gute Leistung | | | | Schlechte Leistung | | | | | |
|---------------------|--------|-----------------|---------------|----------|----------|-----------|--------------------|---|----------|----------|-----------|-----------|
| | | | N | M | SD | CI unten | CI oben | N | M | SD | CI unten | CI oben |
| Beanspruchung IWS | 0.312 | 0.762 | 4 | 4.1667 | 0.63828 | 3.52842 | 4.80498 | 7 | 4.3333 | 0.94281 | 3.39049 | 5.27611 |
| Lidschläge pro Min. | 0.985 | 0.358 | 4 | 14.88258 | 1.288943 | 13.593637 | 16.171523 | 7 | 17.22391 | 6.051363 | 11.172547 | 23.275273 |

Tabelle 16: Korrelationen zu Hypothese 4a und 4b

| Variablen | N | Korrelation nach Spearman | Sig. (2-seitig) |
|----------------------------|----|---------------------------|-----------------|
| Note / Beanspruchung IWS | 11 | .07 | .838 |
| Note / Lidschläge pro Min. | 11 | .147 | .666 |

Tabelle 17: Korrelationen Sonstige Berechnungen

| Variablen | N | Korrelation nach Spearman | Sig. (2-seitig) |
|---|----|---------------------------|-----------------|
| Beanspruchung IWS / Lidschläge pro Min. | 11 | .485 | .13 |
| DVd alle AOI / Durchschnittliche Fixationsdauer | 11 | .74 | .014 |

Anhang D : Szenarioablauf



Modul 1809/1810

Bereich: Rontal

Thema: Prüfungsszenario 4

| Bereich / Bhf. | Zeit | Auftrag / Störung | Methode | Anweisungen, Tipps, Bemerkungen |
|----------------|-------|--|---------|--|
| Bereich | 07.00 | Dienstübergabe | | Der Bereich wird an den ZVL übergeben, es gibt keine Besonderheiten, alle Züge sind pünktlich unterwegs. |
| GSK | 07.04 | Lokführer 21122 meldet Schlag verspürt auf Gleis 453 | | Bei km 54.200 zwischen Haltestelle Root D4 (LBD) und GSK. |
| EBI | 07.08 | Rangierfahrt in Gleis 21 generieren | | Diese kann automatisch gefahren werden. |
| EBI | 07.15 | Gleis 32 – 1 – 42 sperren zum Krampen | | Sicherheitschef Brauchli. |
| EBI | 07.17 | Rangierfahrt 21 – 32 (Baumaschine) | | Aufstellen der Krampmaschine für Hin- und Herfahrt 32 – 1 – 42. |
| EBI | 07.19 | Sicherheitschef verlangt Hin- und Herfahrt auf Gleis 32 – 1 - 42 | | |
| GSK | 07.20 | Lokführer 2314 meldet Gleis 453 ebenfalls Schlag verspürt | | |

Dateiname: 6501.1-10-1809-901d.docx
Erstelldatum: 13.11.2011

Version: Ersteller: ue55241

Status:
Owner:

7/10

| | | | |
|---------|-------|--|---|
| GSK | 07.25 | TLS meldet Gleis 453 wieder voll fahrbar | Keine weiteren Einschränkungen mehr. |
| RK | 07.30 | Meldung von Cargoteam RK: 65065 kein Halt in GSK dafür ausserordentlich Abfuhr in EBI | Wer verständigt Lokführer? |
| EBI | 07.35 | Sicherheitschef Brauchli hebt Sperrung Gleis 32 – 1 – 42 auf und verlangt RAFA 1 – 32- -21 | |
| RK | 07.38 | 65065 vorzeitig generieren und unmittelbar nach 2309 abfahren lassen | |
| EBI | 07.51 | 65065 in Gleis 31 an Abfuhr anfahren, anschliessend wieder abfahrbereit | |
| EBI | 07.52 | Hauptsignal A13 lässt sich für 21125 nicht auf Fahrt stellen, Hilfssignal ebenfalls defekt | Nach Einfahrt 65065 beim Hauptsignal A13, „Technische Störung“ und „Hilfssignal gestört“ einschalten. |
| Bereich | 08.15 | Nachdem 21125 weitergefahren ist, erfolgt die Dienstübergabe | |

Anhang E : Fragebogen zur Simulatorvalidität

Fragebogen zu Blickbewegungsregistrierung

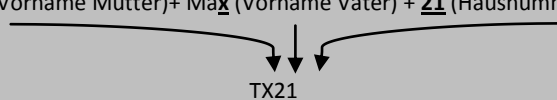
Teilnehmer Nr.

Datum:

Uhrzeit:

Angaben zu Ihrer Person

1. Kürzel bestehend aus: Letzter Buchstabe Vorname Mutter + Letzter Buchstabe Vorname Vater + Aktuelle Hausnummer.

Beispiel: Margrit (Vorname Mutter)+ Max (Vorname Vater) + 21 (Hausnummer) =


.....

2. Ich bin Jahre alt.

3. Welche ZVL Ausbildung haben sie Absolviert

ZVL-A (früheres Konzept) ZVL-N (neues Konzept)

4. Welches ist ihr Geschlecht.

Männlich Weiblich

| | trifft völlig zu | trifft eher zu | trifft eher nicht zu | trifft gar nicht zu | kann ich nicht beantworten |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Fragen zum Simulatorszenario | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 5. Ich empfand die Aufgabe als schwierig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Das Gerät zur Aufzeichnung der Blickbewegungen hat mich stark gestört bei der Bearbeitung der Aufgabe. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Ich empfand die visuelle Darstellung der Simulation als realistisch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Ich empfand die Bedienung des Simulators als realistisch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. Ich empfand die Auswirkungen meiner Bedienung der Simulation als realistisch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Anhang F : Teilnehmerinformation

PPA 4601 Olten, login Berufsbildung

«Anrede»

«Vorname» «Name»

«Dienstadresse__Adresse»

«Dienstort__PLZ__Ort»

Olten, 6. Juli 2012

Unsere Referenz: Sabrina Borner

Einladung Evaluation Erstausbildung

Sehr geehrter «Anrede» «Name»

Sie haben vor kurzem Ihre Ausbildung zum/r Zugverkehrsleitenden abgeschlossen. Bereits während der Ausbildung haben Sie mehrmals Fragebogen zur Evaluation der Ausbildung ausgefüllt und damit geholfen diese Ausbildung für zukünftige Teilnehmenden zu verbessern.

In einem weiteren Schritt, möchten wir nun noch zusätzliche Daten für diese Evaluation erheben. Wir planen Sie am LTS Simulator mit verschiedenen Herausforderungen zu konfrontieren. Dabei interessiert uns insbesondere wo Sie während dem Bearbeiten diverser Szenarien hinschauen. Um diese Informationen festhalten zu können, werden Sie während der Arbeit am LTS mit einem Helm ausgestattet, der Blickinformationen aufzeichnet (eine Art Fahrradhelm, welcher mit Kameras ausgerüstet ist).

Bitte beachten Sie: Kontaktlinsen und Wimperntusche können die Aufnahmen stören. Falls Sie Kontaktlinsen benutzen, bitten wir Sie am Tag der Aufnahmen, wenn möglich, ersatzweise eine Brille mit zu nehmen. Bitte verzichten Sie zu Gunsten der Aufnahmen auf Wimperntusche.

Erhobene Daten werden von uns vertraulich behandelt und nur in anonymisierter Form weitergegeben.

Gerne laden wir Sie für die Evaluation ZVL wie folgt ein:

| | |
|---------------------|---|
| Datum | «Datum_Tag_1» |
| Zeit | «Zeit_von_Tag_1» - «Zeit_bis_Tag_1» |
| Treffpunkt | SBB, Betriebszentrale Ost, Operation Center, 8058 Zürich Flughafen, Raum D2 3-561 (wenn Raum unbekannt, vor dem Gebäude warten) |
| Ablauf | <ul style="list-style-type: none">▪ Kurzinformation zur Evaluation und Klärung allfälliger Fragen.(10 min)▪ Einrichten und Konfigurieren des Gerätes zur Aufnahme der Blickinformationen. (15-20min)▪ Durchführen der Simulatorübung während Blickdaten Aufgezeichnet werden. (ca. 60 min)▪ Ausfüllen eines Fragebogens (20 min) (Pufferzeit von 10 Minuten bei technischen Schwierigkeiten) |
| Vorbereitung | <ul style="list-style-type: none">▪ Sie müssen sich nicht speziell vorbereiten für diesen Termin |
| Mitbringen | <ul style="list-style-type: none">▪ Kontaktlinsenträger/innen nehmen bitte eine Brille mit |

Bitte informieren Sie Ihren Vorgesetzten vorgängig über Ihre Teilnahme.

Sollten Sie aus zwingenden Gründen nicht teilnehmen können, bitten wir Sie, sofort das JBT login Weiterbildung in Olten zu informieren (Tel. 058 852 51 00). Bitte informieren Sie gemäss Ihren internen Richtlinien auch Ihren Ansprechpartner.

Wir wünschen Ihnen einen erfolgreichen Kurs.

Freundliche Grüsse
login Berufsbildung



Mike Timar
Produktmanager



Marcel Sidler
Ausbildungsplaner

Situationsplan



Bewertungskriterien Prüfungsfälle

sehr gut

- über der Norm liegende Leistung
- praktisch fehlerfreie Arbeit
- ausgezeichnete Kenntnisse der Stellwerkfunktionen, sehr sichere Bedienung
- fehlerfreie Anwendung der FDV und AB FDV- Prozesse
- sehr gute, dauernde Übersicht

gut

- normale Leistung mit geringen Abweichungen
- einzelne isolierte Fehler
- gute Kenntnisse der Stellwerkfunktionen, sichere Bedienung
- geringe Abweichungen vom Soll bei der Anwendung der FDV und AB FDV Prozesse
- behält Übersicht

genügend

- unkonstanter Leistungsverlauf
- gelegentliche Fehler
- elementare Stellwerkfunktionen bekannt, Bedienung mehrheitlich sicher
- Abweichungen der Anwendung der FDV und AB FDV Prozesse, 1 – 3 mittelschwere Fehler, mehrere leichte Fehler
- reduzierte Übersicht

ungenügend

- unter der Norm liegender Leistungsverlauf
- häufige Fehler
- Wissenslücken bei wichtigen Stellwerkfunktionen, unsichere Bedienung
- Häufige Fehler bei der Anwendung der FDV und AB FDV Prozesse, mehr als 4 mittelschwere Fehler, oder ein schwerer Fehler
- fehlende Übersicht

schwach

- klar unter der Norm liegende Leistung
- viele Fehler
- auch wichtige Funktionen nur teilweise bekannt, teilweise Fehlbedienungen
- FDV und AB FDV Prozesse werden missachtet, mehrere sicherheitsrelevante Fehler
- mangelhafte Übersicht

sehr schwach

- sehr stark unter der Norm liegender Leistungsverlauf
- viele schwerwiegende Fehler
- Fehlbedienungen am Stellwerk
- schwerwiegende sicherheitsrelevante Fehler
- keinerlei Übersicht

Bemerkungen:



- Es erfolgt keine abschliessende Bewertung über Bestanden oder Nichtbestanden.
- Der Ausbilder entscheidet unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien über das Bestehen oder Nichtbestehen




Bewertung Prüfungsfälle

Name:

Fall:

| 1. schwere / sicherheitsrelevante Fehler |  |  | KOMMENTAR |
|--|---|---|-----------|
| ▪ CL-F, sowie Ergänzungslisten nicht angewendet | | | |
| ▪ Unzulässige Variante zur Ermittlung des freien Zustandes des gestörten Abschnittes / Vollständigkeit der letzten Fahrt gewählt | | | |
| ▪ Gleissperre / Weicheneinzelschluss / Gleisaußerbetriebsetzung / Strecken- oder Signalsperre nicht eingeschaltet | | | |
| ▪ Barrieren nicht geschlossen resp. kein Schliessbefehl erteilt | | | |
| ▪ Falsche Sicherung, oder am falschen Ort | | | |
| ▪ Fahrleitungsschaltung deckt sich nicht mit den gesicherten Gleisen | | | |
| ▪ Keine Absprache mit Nachbarbahnhof / Nachbar-Arbeitsplatz | | | |
| ▪ Rangierleiter / Lokführer / Sicherheitschef nicht über Befahren eines gesperrten Gleises verständigt | | | |
| ▪ Verminderung der Geschwindigkeit nicht oder zu hohe Geschwindigkeit vorgeschrieben / Fahrt auf Sicht nicht vorgeschrieben | | | |
| ▪ Sammelformular Befehle nicht abgegeben oder falsch ausgefüllt | | | |
| ▪ Zustimmung für die Rangierbewegung erteilt, bevor der Rangierfahrweg eingestellt ist | | | |
| ▪ Weichenaufschneidung (Fehler beim Fdl) | | | |
| ▪ Aufhebung einer Sperre ohne Fahrbarmeldung | | | |
| ▪ Gefährdung von Personen oder Fahrzeugen | | | |
| ▪ Missverständliche Übermittlung | | | |

 Eingetreten

 nicht eingetreten

| 2. mittelschwere Fehler | ☹ | ☺ | KOMMENTAR |
|--|---|---|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unsichere Stellwerkbedienung und / oder falsche Interpretation der Anzeigen | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ RAFA / RAWE gegen ZUFA entgegen der FDV | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlende / falsche handschriftliche Einträge auf CL-F, Ergänzungslisten und Protokollen | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fahrstrasse für falschen Zug eingestellt / Signal aus oder nach falschem Gleis auf Fahrt gestellt | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lokführer über Fahrt auf rechtem Streckengleis nicht verständigt | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sammelformular Befehle übermittelt ohne zu protokollieren / Sammelformular Befehle falsch ausgefüllt | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zugnummer falsch genannt | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlbedienungen durch verlorene Übersicht | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ ECL nicht angewendet | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verspätete oder keine Information der Reisenden | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zwergsignal zeigt Fahrt statt Warnung vor Hindernis | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Verständigung bei Fahrt gegen Gleis ohne oder ausgeschalteter Fahrleitung (ohne Bügelsenssignal) | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ | | | |

☹ Eingetreten ☺ nicht eingetreten

| 3. leichte Fehler | ☹ | ☺ | KOMMENTAR |
|---|---|---|-----------|
| ▪ Unsichere Stellwerkbedienung und / oder falsche Interpretation der Anzeigen | | | |
| ▪ Falsche CL-F angewendet, aber vor dem Eingriff / Bestätigung einer Sicherung / Abgabe Sammelformular Befehle korrigiert | | | |
| ▪ CL-F falsch oder unvollständig ausgefüllt (Handlungen waren korrekt) | | | |
| ▪ Umfahrung der Störung nicht in Betracht gezogen | | | |
| ▪ BZ / BLZ / TLS / Nachbarbahnhof nicht über Störung verständigt | | | |
| ▪ Unnötiger Perronwechsel | | | |
| ▪ Anschlussherstellung nicht gewährleistet | | | |
| ▪ Zugverspätung verschuldet durch den Fdl | | | |
| ▪ Fahrordnung an BZ / BLZ / Nachbarbahnhof nicht oder falsch übermittelt | | | |
| ▪ Keine / Falsche Zugnummer eingewählt, falsche Zugdaten | | | |
| ▪ Keine Abfahrmeldung an Nachbarbahnhof erteilt (Rangierbewegung auf die Strecke) | | | |
| ▪ Rangierfahrstrasse in falsches Gleis eingestellt (Anlagen mit Zwergsignal) | | | |
| ▪ Verstoss gegen R I-30510; Disposition ohne Anfrage BZ / BLZ | | | |
| ▪ | | | |
| ▪ | | | |

☹ Eingetreten

☺ nicht eingetreten

12 Redlichkeitserklärung zur Masterthesis

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Masterthesis selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung nur der angegebenen Quellen, Hilfsmittel und Hilfeleistungen verfasst zu haben.

Datum: Juli 2012

Unterschrift:

Jonas Brüngger