

Echtzeitanalysen von kognitiver Belastung bei Zweiergruppen mit Eye Tracking

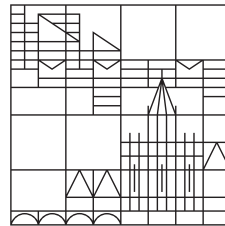
***Towards Realtime Cognitive Load Assessment of Dyads
using Eye Tracking Technology***

Bachelorarbeit

vorgelegt von
Kinan Ayub

an der

Universität
Konstanz



Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion
Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft

Erstgutachter: Prof. Dr. Harald Reiterer
Zweitgutachter: Prof. Dr. Marc Scholl

Konstanz, den 30. Juli 2019

Abstract

Many work activities are accomplished in teams. Nowadays, teamwork gets supported by technical systems that are operated collaboratively. In this regard the domain of Human-Computer-Interaction is interested in improving the utilization of such technical systems for its users. One extent that indicates whether such a system could be improved is cognitive load. While cognitive load has been mostly measured subjectively (e.g. with questionnaires) in collaborative settings, the physiological indication of mental effort has perceived less attention. One explanation for this circumstance describes the uncertainty regarding the combination of the individual physiological values, in order to map the cognitive load of a group as a whole. This bachelorthesis investigates how cognitive load could be measured in groups of two people with eye tracking technology. An idea that provides a possible combination of the individual values is presented in this work. Furthermore, an empirical study has been conducted to explore the cognitive load of dyads by physiological and subjective means. The collected data from the different sources is summarized, compared and discussed in this work.

Zusammenfassung

Viele Tätigkeiten werden in zunehmendem Maße durch Gruppen verrichtet. Die Form der Gruppenarbeit wird dabei vermehrt durch technische Systeme unterstützt, die von mehreren Benutzern gemeinsam bedient werden. In diesem Zusammenhang interessiert sich die Domäne der Mensch-Computer-Interaktion dafür, wie Tätigkeiten an solchen Geräten für die Anwender verbessert werden können. Eine Kenngröße, die Verbesserungspotentiale bezüglich der Gebrauchstauglichkeit eines solchen Systems indizieren kann, beschreibt hierbei die kognitive Belastung bzw. die mentale Anstrengung im Kontext der Nutzung eines solchen Geräts. Bei Gruppen ist diese Größe insbesondere mit Hilfe von subjektiven Maßen untersucht worden. Die Erhebung dieses Indikators durch physiologische Maße hat bei Gruppenkonstellationen eine vergleichsweise geringere Aufmerksamkeit erhalten. Unter anderem besteht Unklarheit darüber, wie man die individuellen physiologischen Parameter adäquat kombinieren kann, sodass die Belastungszustände einer Gruppe global abgebildet werden können. Diese Bachelorarbeit geht der Frage nach, wie dieser Gegenstand bei Gruppen mittels *Eye Tracking* bestimmt werden kann. Basierend auf dem Stand der Forschung wird in dieser Arbeit eine Idee vorgestellt, wie man die Belastungssituationen innerhalb von Zweiergruppen physiologisch-objektiv abbilden und ermitteln könnte. Mit dem Hintergrund, die Belastungszustände von Zweiergruppen anhand des definierten physiologischen Mittels und existierenden subjektiver Maße zu untersuchen, ist im Rahmen dieser Bachelorthesis eine empirische Studie durchgeführt worden. Die erhobenen Daten aus der durchgeführten Studie sind untersucht worden und werden in dieser Arbeit ebenfalls vorgestellt und diskutiert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
1 Einleitung	8
2 Theoretischer Rahmen	10
2.1 Cognitive Load in der Mensch-Computer-Interaktion	10
2.2 Architektur der menschlichen Kognition	11
2.3 Kognitive Belastung und ihre Unterarten	12
2.4 Methoden zur Messung von kognitiver Belastung	14
2.4.1 Messung von kognitiver Belastung mittels Eye Tracking	15
2.5 Gruppenarbeit	17
2.5.1 Definition: Gruppe	17
2.5.2 Einflussfaktoren bei Gruppenarbeiten	18
2.5.3 Phänomene bei Gruppenarbeiten	19
2.6 Kognitive Belastung bei Gruppen	21
2.6.1 Definition: Gruppenbelastung	21
2.6.2 Die Gruppe als informationsverarbeitendes System	23
2.6.3 Methoden zur Messung der Gruppenbelastung	25
3 Forschungsfragen und Hypothesen	29
4 Vorhaben im Rahmen des Bachelorprojekts	31
4.1 Vorbereitung der Aufgabe	31
4.2 Verwendete Erhebungsmittel	32
4.3 Physiologische Abbildung der Gruppenbelastung	34
4.4 Resultate des Bachelorprojektes	35
5 Empirische Studie	37
5.1 Aufgabe	37
5.2 Probanden	38
5.3 Erhebungsmittel & Maße	38
5.4 Prozedur	39
5.5 Analyse der einzelnen Gruppen	40
5.5.1 Analyse der ersten Gruppe	40
5.5.2 Analyse der zweiten Gruppe	45
5.5.3 Analyse der dritten Gruppe	48
5.5.4 Analyse der vierten Gruppe	53
5.5.5 Analyse der fünften Gruppe	56
5.5.6 Analyse der sechsten Gruppe	60
5.5.7 Analyse der siebten Gruppe	64
5.5.8 Analyse der achten Gruppe	68
5.5.9 Analyse der neunten Gruppe	72

5.6 Gesamtauswertung	76
5.6.1 Analyse der aggregierten individuellen Daten	77
5.6.2 Analyse der aggregieren gruppenbezogenen Daten	82
6 Diskussion der Ergebnisse	85
7 Ausblick	87
Literaturverzeichnis	91
Anhang A - Dokumente zur Studie	92
Anhang B - Visualisierungen zur ersten Gruppe	105
Anhang C - Visualisierungen zur zweiten Gruppe	106
Anhang D - Visualisierungen zur dritten Gruppe	107
Anhang E - Visualisierungen zur vierten Gruppe	108
Anhang F - Visualisierungen zur fünften Gruppe	109
Anhang G - Visualisierungen zur sechsten Gruppe	110
Anhang H - Visualisierungen zur siebten Gruppe	111
Anhang I - Visualisierungen zur achten Gruppe	112
Anhang J - Visualisierungen zur neunten Gruppe	113

Abbildungsverzeichnis

1	Studiensetting mit zwei Teilnehmern	40
2	Areas of Interest der ersten Gruppe	43
3	Areas of Interest der zweiten Gruppe	47
4	Areas of Interest der dritten Gruppe	51
5	Areas of Interest der vierten Gruppe	55
6	Areas of Interest der fünften Gruppe	59
7	Areas of Interest der sechsten Gruppe	63
8	Areas of Interest der siebten Gruppe	67
9	Areas of Interest der achten Gruppe	71
10	Areas of Interest der neunten Gruppe	75
11	Durchschnittliche Pupillenweite aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden	77
12	Gemittelte Pupillenweite in den Schwierigkeitsgraden	78
13	Index of Pupillary Activity aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden	78
14	Durchschnittlicher Index of Pupillary Activity in den Schwierigkeitsgraden	79
15	Blinzelrate aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden	79
16	Durchschnittliche Blinzelrate in den Schwierigkeitsgraden	80
17	Rating (NASA TLX) aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden	80
18	Durchschnittliches Rating im NASA Task Load Index in den Schwierigkeitsgraden	81
19	IGB aller Gruppen in den Schwierigkeitsgraden	82
20	Durchschnittlicher IGB in den Schwierigkeitsgraden	82
21	Summiertes Rating (TWA) in den Schwierigkeitsgraden	83
22	Durchschnittlich summierte Punkte des TWA in den Schwierigkeitsgraden	83

Tabellenverzeichnis

1	Counterbalancing der ausgewählten neun Gruppen	39
2	Zusammenfassung der Pupillenwerte der ersten Gruppe	41
3	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2	41
4	Blinzelraten von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2	42
5	Subjektive Belastung von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2	44
6	Zusammenfassung der Pupillenwerte der zweiten Gruppe	45
7	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4	46
8	Blinzelraten von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4	46
9	Subjektive Belastung von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4	48
10	Zusammenfassung der Pupillenwerte der dritten Gruppe	49
11	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6	49
12	Blinzelraten von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6	50
13	Subjektive Belastung von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6	52
14	Zusammenfassung der Pupillenwerte der vierten Gruppe	53
15	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8	54
16	Blinzelraten von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8	54
17	Subjektive Belastung von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8	56
18	Zusammenfassung der Pupillenwerte der fünften Gruppe	57
19	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10	57
20	Blinzelraten von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10	58
21	Subjektive Belastung von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10	60
22	Zusammenfassung der Pupillenwerte der sechsten Gruppe	61
23	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12	61
24	Blinzelraten von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12	62
25	Subjektive Belastung von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12	64
26	Zusammenfassung der Pupillenwerte der siebten Gruppe	65
27	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14	65
28	Blinzelraten von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14	66
29	Subjektive Belastung von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14	68
30	Zusammenfassung der Pupillenwerte der achten Gruppe	69
31	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16	69
32	Blinzelraten von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16	70
33	Subjektive Belastung von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16	72
34	Zusammenfassung der Pupillenwerte der neunten Gruppe	73
35	Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18	73
36	Blinzelraten von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18	74
37	Subjektive Belastung von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18	76
38	p-Werte des Wilcoxon-Rangsummentests für paarweise Vergleiche (NASA TLX - Level)	81
39	p-Werte des Wilcoxon-Rangsummentests für paarweise Vergleiche (TWA - Level)	84

1 Einleitung

Menschen arbeiten in nahezu allen Lebensbereichen wie z.B. im Bereich der Bildung, am Arbeitsplatz und in der persönlichen Freizeit zusammen. Nach Dow et al. seien Gruppenarbeiten in den letzten zwei Jahrzehnten zur vorherrschenden Form der interprofessionellen Praxis geworden (vgl. Dow et al. 2017, S. 678), weshalb man dieser Arbeitsform in vermehrter Weise Beachtung schenken sollte. Es sei auch in zunehmender Form zu verzeichnen, dass technische Systeme, die eine gemeinsame Bedienung erfordern, entwickelt werden (vgl. Adamczyk & Twidale 2007, S. 1073 - 1076) und folglich kollaborative Umgebungen mit prägen. In diesem Zusammenhang interessiert sich der Bereich der Mensch-Computer-Interaktion dafür, ob solche Systeme bei den Anwendern eine tragbare kognitive Belastung auslösen. Dieser Evaluationsgegenstand beschreibt dabei ein Konstrukt, das den mentalen Aufwand bei der Durchführung einer Aufgabe kennzeichnet. Diese Größe kann auf verschiedene Arten gemessen werden. Dabei ist dieser Gegenstand bei Gruppenkonstellationen bzw. in kollaborativen Umgebungen immer noch mit Hilfe von Fragebögen gemessen worden. Allerdings sind Messungen von mentalen Belastungszuständen in dieser Art und Weise mit dem großen Nachteil verbunden, da man erst im Nachhinein bzw. nach der Erfüllung einer bestimmten Aufgabe den Grad der Belastung bestimmen kann. Zudem besteht die Möglichkeit, dass befragte Personen nach dem Fertigstellen der Aufgabe, sich nicht an jedes Detail erinnern können. Ferner sind Erhebungen durch Fragebögen auch mit der Problematik verbunden, dass Probanden die Möglichkeit haben auf einzelne Fragen keine ehrlichen Antworten zu geben und/oder die gestellten Fragen unterschiedlich interpretieren können. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit stellt sich die Frage, ob die kognitive Belastung bei Gruppen auch mit physiologischen Maßen (hier speziell: *Eye Tracking*) gemessen werden kann. Physiologische Maße bieten im Gegensatz zu subjektiven Maßen (bzw. Fragebögen) die Möglichkeit zur Echtzeitmessung an. Durch solche Echtzeitmessungen ließen sich Systeme realisieren, die ein kontinuierliches Monitoring der Belastungszustände einer Gruppe anbieten können. Dadurch ließen sich Gruppenarbeiten an technischen Systemen verbessern. Ferner sind physiologische Indikatoren im Vergleich zu subjektiven Maßen objektiv. Um dem Ziel, die kognitive Belastung bei Gruppen auch in Echtzeit messen zu können, näher zu kommen, ist im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine umfassende Studie durchgeführt worden, die die Belastungszustände in einer Gruppe anhand von diversen physiologischen und sub-

jektiven Maßen evaluiert. Diese Bachelorarbeit ist strukturell in eine Einleitung, einen Hauptteil und einen Schlussteil unterteilt. Während die Einleitung auf die Thematik und Motivation dieser Arbeit hinführt, präsentiert der Hauptteil zunächst den notwendigen theoretischen Hintergrund. Zudem werden im darin auch die gestellten Forschungsfragen und Hypothesen dargelegt und die wichtigsten Erkenntnisse aus dem vorhergegangenen Bachelorprojekt zusammengefasst. Anschließend illustriert der Hauptteil dieser Bachelorarbeit das geplante Studiendesign, die gewonnenen Ergebnisse aus der Erhebung im Rahmen der empirischen Studie und diskutiert diese. Im Schlussteil wird ein Ausblick auf künftige Arbeiten geliefert und die Bachelorarbeit reflektiert.

2 Theoretischer Rahmen

Diese Bachelorarbeit zielt darauf ab zu zeigen, wie die mentalen Belastungszustände bei Zweiergruppen mit *Eye Tracking* gemessen werden kann. Dazu wird in diesem Abschnitt zunächst das relevante Hintergrundwissen in Bezug zum Stand aktueller Forschungsergebnisse vermittelt. Ferner werden grundlegende Begriffe definiert und erklärt. Bevor der eigentliche Forschungsgegenstand der kognitiven Belastung nach der *Cognitive Load Theory* beschrieben wird, erläutert dieser Abschnitt zunächst welche Bedeutung die Kenngröße der kognitiven Belastung für die Domäne der Mensch-Computer-Interaktion hat. Danach werden die Basisannahmen der *Cognitive Load Theory* vorgestellt. Anschließend wird näher beschrieben, was unter dem Gegenstand der kognitiven Belastung verstanden wird und wie man diese Größe messen kann. Daraufhin werden grundlegende Merkmale zum Kontext der Gruppenarbeit vorgestellt, sodass die Ausweitung der kognitiven Belastung bei Gruppenkonstellationen erklärt werden kann. Schließlich wird aufgezeigt welche Möglichkeiten bestehen, um diese Größe bei Gruppen zu evaluieren.

2.1 Cognitive Load in der Mensch-Computer-Interaktion

Nach Miller würden Unternehmen die Gewinnmaximierung in den Vordergrund stellen, während Menschen eher dazu tendieren, die persönliche Belastung möglichst gering zu halten (vgl. Miller 2001, S. 4). Demzufolge solle man bestimmen, welcher Grad an Belastung für den Menschen tragbar sei. In diesem Zusammenhang werde auch in den Bereichen des Software-Design und der Mensch-Computer-Interaktion diskutiert, wie man beispielsweise grafische Benutzeroberflächen oder andere, durch den Menschen genutzte, technische Systeme möglichst intuitiv und einfach erschließbar gestalten könne (vgl. Hollender et al. 2010, S. 1279). Nach Hollender et al. habe die (kognitive) Belastung, die ein technisches Gerät beim Anwender verursacht, einen Einfluss auf die *Usability* (vgl. Hollender et al. 2010, S. 1284). *Usability* stellt dabei ein Kernkonzept in der Mensch-Computer-Interaktion dar. Es ist in der ISO-Norm 9241-11 als das Maß definiert, mit welchem Grad ein Benutzer ein bestimmtes System verwenden kann, um seine Aufgabe mit Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit zu erreichen. Da technische Systeme auch zuneh-

mend in Bereichen eingesetzt werden, bei denen Fehler durch den Benutzer (oder Gruppen von Benutzern) menschliches Leben bedeuten können, habe die Domäne der Mensch-Computer-Interaktion auch ein Interesse daran, die Nutzung dieser Systeme mit einer zumutbaren Belastung zu entwerfen (vgl. Kumar & Kumar 2016, S. 70). Während zunächst der Einzelarbeitsplatz für Arbeitswissenschaftler im Vordergrund gestanden habe, scheine die informationstechnische Unterstützung der Gruppenarbeit an zunehmender Bedeutung zu gewinnen (vgl. Rödiger 2013, S. 11). Eine wesentliche Thematik, mit der sich *Computer Supported Collaborative Work* (eine Teildisziplin der Mensch-Computer-Interaktion) unter anderem beschäftigt, sei dabei die Analyse und Gestaltung von Gruppenarbeiten (vgl. Rödiger 2013, S. 14). Da *Computer Supported Collaborative Work* auch analysiere, wie Gruppen mit modernen Softwaresystemen arbeiten und ein Interesse daran habe diese Verrichtungen zu verbessern (vgl. Carroll 2003, S. 325), besteht ein Bedarf, die Belastungen bei Gruppen zu evaluieren. Dadurch erhält man Anhaltspunkte zum Verbessern solcher Arbeiten. Durch das Messen von Belastungszuständen lässt sich folglich feststellen, ob ein technisches System Verbesserungspotentiale hinsichtlich der Bedienung beherbergt, ob ein Anwender (oder eine Gruppe von Anwendern) mit dem Gerät effizient umgehen kann oder inwiefern dieser bei der Benutzung frustriert gewesen ist.

2.2 Architektur der menschlichen Kognition

Das Konstrukt der kognitiven Belastung ist in der Wissenschaft nicht einheitlich definiert. Es gebe verschiedene Modelle, die dieses Gebilde zu erklären versuchen (vgl. Schultheis 2004, S. 5 - 11). Weitgehend bestehe jedoch eine Übereinkunft darüber, dass sich ein zu hohes Belastungsniveau leistungsmindernd auswirken könne (vgl. Johannsen, 1979, S. 3 - 11; D. O'Donnell & Thomas Eggemeier, 1986, S. 1 - 49). Casali und Wierwille haben beispielsweise festgestellt, dass die Rate an Übertragungsfehlern im Rahmen der Kommunikation zwischen Piloten signifikant steigt, falls die Belastungszustände verstärkt werden (vgl. Casali & Wierwille 1983). Anzumerken ist hierbei, dass Unterforderung das Leistungsvermögen ebenfalls negativ beeinflussen könne (vgl. Fraser et al. 2015, S. 294). Demnach sollte man diese Zustände auf einem für den Menschen vertretbaren Pegel halten, um Fehlerraten zu minimieren. Vor allem in kritischen Bereichen - wie z.B. in der Chirurgie oder beim Steuerpult eines Flugzeugs - können Fehler menschliches Leben kosten. Daher sollte man an solchen Orten die mentale Belastung beim Anwender eines technischen Systems tragbar halten. In dieser Bachelorarbeit wird die Definition von kognitiver Belastung entsprechend der *Cognitive Load Theory* übernommen, da diese Theorie mehrere Modelle vereinheitliche und auch in der Mensch-Computer-Interaktion anerkannt sei (vgl. Paas et al., 2003, S. 1; Duchowski et al., 2018, S. 1). Die Auffassung von

kognitiver Belastung, wie sie im Rahmen der *Cognitive Load Theory* aufgefasst wird, basiert dabei auf einem zugrundeliegenden Modell über das menschliche Gedächtnis, weshalb dieses zunächst skizziert wird. In der Psychologie gehe man davon aus, dass der Mensch Informationen zunächst durch Reize über die Sinnesorgane aufnehmen und diese in sensorische Register übertrage bevor diese genutzt werden können (vgl. Salle 2015, S. 8). Die Verarbeitung und Nutzung dieser Informationen geschehe dabei im Arbeits- und Langzeitgedächtnis (vgl. Atkinson et al., 1967; Baddeley & Hitch, 1974; Ericsson & Kintsch, 1995; Salle, 2015, S. 9). Kennzeichnend für das Langzeitgedächtnis seien hierbei vor allem dessen lange Speicherdauer und hohe -kapazität (vgl. Ericsson & Kintsch, 1995, S. 212; Sweller, 2010, S.20). Das im Langzeitgedächtnis abgelegte Wissen determiniere den sogenannten *level of performance* eines Individuums in einer bestimmten Disziplin (vgl. Paas et al. 2010, S. 116). Das Arbeitsgedächtnis sei hingegen von einer vergleichsweise kürzeren Speicherdauer und -kapazität charakterisiert. Diese Einheit sei für das Verknüpfen und Verarbeiten von Informationen zuständig (vgl. Doshier 2003, S. 569). Dabei können diese Informationen bereits im Langzeitgedächtnis gespeicherte Elemente, oder auch neue bzw. bisher noch unbekannte Informationen darstellen (vgl. Salle 2015, S. 10). Bevor Wissenseinheiten in das Langzeitgedächtnis eingebettet werden können, müssen die Informationen zuvor im Arbeitsgedächtnis aufbereitet werden (vgl. Salle 2015, S. 11). Die im Langzeitgedächtnis abgelegten Informationseinheiten (Vorwissen) können ohne kognitive Belastung in das Arbeitsgedächtnis gebracht werden (vgl. Ericsson & Kintsch, 1995, S. 239; Paas et al., 2010, S. 117), wohingegen ein bewusster Einsatz von Ressourcen, die noch nicht ausreichend aufbereitet worden sind, zu einer Steigerung im Bereich der kognitiven Belastung führen könne (vgl. Sweller 1994, S. 298). Die Annahme bezüglich der Trennung zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis in der Architektur der menschlichen Kognition, beschreibt hierbei eine wichtige Grundannahme der *Cognitive Load Theory*.

2.3 Kognitive Belastung und ihre Unterarten

Im Kern untersucht die *Cognitive Load Theory* Lern- und Informationsverarbeitungsprozesse, unter der Berücksichtigung, dass das Arbeitsgedächtnis eine limitierte Aufnahmekapazität aufweist. Kognitive Belastung wird als *alles, was Anteile dieser Kapazität in Anspruch nimmt*, definiert (vgl. Salle, 2015, S. 12; Sweller, 1988, S. 176; Sweller et al., 1990, S. 177). Falls das Arbeitsgedächtnis eine Überbelastung durch zu viele Informationseinheiten erfahre, können nicht alle Informationen korrekt verarbeitet werden und die persönliche Leistung könne sinken (vgl. Sweller 1988, S. 176). Ferner unterscheidet die *Cognitive Load Theory* nach John Sweller drei Belastungsarten, welche in ihrer Summe die gesamte kognitive Belastung ergeben. Diese

drei Unterarten sind die lernrelevante Belastung (*Intrinsic Load*), die lernirrelevante Belastung (*Extraneous Load*) und die lernbezogene Belastung (*Germane Load*).

Intrinsic Load: Diese Art bezeichne die kognitive Belastung, welche durch die Komplexität des dargebotenen Inhalts und der formulierten Lernziele entsteht (vgl. Sweller, 1994, S. 307; Sweller et al., 2011, S. 13). Diese Art der Belastung könne beispielsweise durch die Aufteilung des Lernmaterials auf mehrere Materialien, oder aber auch durch bestehendes Vorwissen des Einzelnen reduziert werden (vgl. Paas et al., 2010, S. 118; Sweller et al., 2011, S. 16; Salle, 2015, S. 13).

Extraneous Load: Diese Belastungsart beschreibe jene kognitive Belastung, die durch Elemente erzeugt werde, welche nicht direkt mit dem eigentlichen Ziel in Zusammenhang stünden (vgl. Sweller et al. 1990, S. 177). Dies können beispielsweise ablenkende Bilder oder irritierende Formulierungen in der Aufgabe sein (vgl. Salle 2015, S. 15). Diese Art der kognitiven Belastung sei somit von der Formgebung der Lernsituation abhängig und könne beispielsweise durch ablenkende Darstellungen im Lernmaterial manipuliert werden (vgl. Sweller 2010, S. 130).

Germane Load: Diese Art von kognitiver Belastung entstehe bei der Aufbereitung der Information vom Lernenden im Arbeitsgedächtnis, sofern dieser sich mit Lernmaterial auseinandersetze (vgl. Sweller 2010, S. 27). „Damit ist *Germane Load* per definitionem lediglich vom Lernenden abhängig [...]“ (Salle 2015, S. 15) und nicht wie der *Intrinsic* oder *Extraneous Load* vom gegebenen Material.

Nach Fraser et al. bestünde eine generelle Übereinkunft darüber, dass der *Intrinsic Load* in einem angemessenen Level zur Person stehen, *Extraneous Load* weitgehend reduziert und der *Germane Load* gefördert werden solle, so lange die Grenzen des Arbeitsgedächtnisses nicht überstiegen werden (vgl. Fraser et al. 2015, S. 296). Auch wenn die *Cognitive Load Theory* die kognitive Belastung in drei Arten unterteilt, wird in der Praxis häufig die gesamte kognitive Belastung, d.h. die Summe aus *Intrinsic*, *Extraneous* und *Germane Load*, gemessen (vgl. Salle 2015, S. 21). Wie diese Messung erfolgen kann, wird im Folgenden Abschnitt beschrieben.

2.4 Methoden zur Messung von kognitiver Belastung

Die Operationalisierung von kognitiver Belastung, sei nach Paas et al. für viele Forscher eine eher schwierigere Fragestellung (vgl. Paas et al. 2017, S. 66). In der Forschung sind dabei drei Maßkategorien zur Erhebung von kognitiver Belastung von großer Bedeutung. Diese Kategorien heißen *Leistungsmaße*, *subjektive Maße* und *physiologische Maße* (vgl. Miller, 2001, S. 1 ff; Paas et al., 2017, S. 66; Salle, 2015, S. 20 ff). Im Folgenden werden diese Messarten näher erläutert. Da im Kontext dieser Bachelorarbeit subjektive und physiologische Maße von höherer Bedeutung sind, werden die Leistungsmaße nur in Kürze erwähnt. Die Messung der kognitiven Belastung mittels *Eye Tracking* - einem physiologischen Maß - wird zudem in einem separaten Unterabschnitt detaillierter beleuchtet.

Leistungsmaße: Bei dieser Maßkategorie schließe man auf die kognitive Belastung eines Probanden zurück, indem man beobachtete Veränderungen von Erfolgen oder in der benötigten Zeit zur Bewältigung einer präsentierten Aufgabe festhalte (vgl. Miller, 2001, S. 5; Salle, 2015, S. 20). Hierbei bekomme ein Proband eine primäre und zum Vergleich eine sekundäre Aufgabe. Einen Rückschluss auf die kognitive Belastung könne man durch das Bestimmen der Leistungsdifferenz zwischen Primär- und Sekundäraufgabe erhalten (vgl. Miller 2001, S. 5).

Subjektive Maße: Diese Maßkategorie beschreibe die persönliche und subjektive Selbsteinschätzung der Belastung, welche durch den Probanden anhand von Ratingskalen erfolge (vgl. Paas et al., 2017, S. 66; Salle, 2015, S. 20). Subjektive Maße seien hierbei dem wechselnden Frage-Antwort-Typ zu variierenden Elementen der kognitiven Belastung gewidmet und können ein- oder mehrdimensionale Skalen aufweisen (vgl. Miller 2001, S. 5). Ein prominentes (mehrdimensional aufgebautes) subjektives Maß zur Erhebung der kognitiven Belastung beschreibe hierbei der NASA Task Load Index nach Hart und Staveland (Hart & Staveland 1988).

Physiologische Maße: Diese Maßkategorie zieht zur Bestimmung von kognitiver Belastung körperliche Parameter heran. Der Zusammenhang zwischen kognitiver Belastung und körperlichen Reaktionen beruhe auf der Evidenz, dass mentale Anstrengungen sich physiologisch äußern (vgl. Moray, 1979, S. 13 - 21; Salle, 2015, S. 20 -21). Solche Messungen finden hierbei häufig im Bereich der Herzaktivität, Gehirnaktivität, Atmungsaktivität, Augenaktivität etc. statt (vgl. Miller 2001, S. 5). Physiologische Maße bieten die Möglichkeit zur Echtzeitmessung von kognitiver Belastung an, seien jedoch oftmals sehr aufwändig. Ferner seien diese häufig sehr ausrüstungsintensiv, was ein Proband als unangenehm empfinden könne (vgl. Miller, 2001, S. 5 ff; Salle, 2015, S. 21; Paas et al., 2017, S. 66).

Nach Salle sei die Messung von kognitiver Belastung stets mit Einschränkungen verbunden, da beispielsweise eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses durch keine der drei Maßkategorien detektiert werden könne. Auch sei das Unterscheiden in die verschiedenen drei Belastungsarten nur mit unverhältnismäßigem Aufwand realisierbar (vgl. Salle 2015, S. 21). Demnach gibt es keine perfekte Methode zur Messung von kognitiver Belastung. Jede Methode charakterisiert sich individuell und zieht ihre eigenen Vor- und Nachteile nach sich. Da diese Bachelorarbeit das physiologische Mittel des *Eye Tracking* (eine Methode zur Messung der Augenaktivität) nutzt, wird in diesem Zusammenhang im folgenden Unterabschnitt detaillierter auf die Messung von kognitiver Belastung mittels *Eye Tracking* eingegangen.

2.4.1 Messung von kognitiver Belastung mittels Eye Tracking

Während der Begriff des *Eye Tracking* im Rahmen dieser Thesis bereits mehrfach gefallen ist, soll an dieser Stelle nun festgelegt werden, was man darunter versteht. Tatsächlich wird dieser Terminus in der Literatur verschieden aufgefasst. So fassen beispielsweise Mele und Federici *Eye Tracking* als ein Bündel an Methoden und Techniken, die zur Aufnahme von Augenbewegungen verwendet werden (vgl. Mele & Federici 2012, S. 261). Eine weitere Definition von *Eye Tracking* liefert Blake, indem er es als ein apparatives, rezeptionsbegleitendes Verfahren zur Ermittlung der Blickrichtung von Personen beschreibt (vgl. Blake 2013, S. 367). *Eye Tracking* bezeichnet somit eine Methodik zur Aufnahme diverser Augenparameter mittels technischer Hilfsmittel. Diese technischen Hilfsmittel werden dabei als *Eye Tracker* bezeichnet. Jüngere Forschungsvorhaben setzen mittlerweile auch *Eye Tracker* im Rahmen von Studien über kognitive Prozesse ein (vgl. Miller, 2001, S. 10; Mele & Federici, 2012, S. 261). Der Zusammenhang zwischen Änderungen an Augenparametern und der kognitiven Belastung sei dabei nachgewiesen (vgl. Orden et al. 2001). Ein Vorteil an dieser Methodik läge dabei vor allem darin, dass diese als nicht-aufdringlichen gelte und den Probanden nur geringfügig beeinflussen würde (vgl. Mele & Federici 2012, S. 264). Um durch einen *Eye Tracker* Rückschlüsse auf die kognitive Belastung einer Person ausfinden zu können, kann man beispielsweise die Daten hinsichtlich der *Blinzelrate* und der *Pupillenweite* heranziehen. Diese Möglichkeiten werden im folgenden näher erläutert.

Blinzelrate: Die Blinzelrate bezeichne die Anzahl der Schließungen und Öffnungen der Augenlider, innerhalb einer gegebenen Zeiteinheit (vgl. Miller 2001). Diese könne direkt aus den Videoaufzeichnungen eines *Eye Trackers* entnommen werden, indem die einzelnen Videoab-

schnitte algorithmisch analysiert und Änderungen an diesen festgehalten werden (vgl. Morris et al. 2002). Wenn eine Person einen Rückgang in der Blinzelrate aufweise, könne man den Rückschluss treffen, dass die kognitive Belastung sich verstärkt hat (vgl. Orden et al. 2001). An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Blinzelrate auch durch andere Faktoren, wie zum Beispiel durch die Luftqualität oder Beleuchtung, beeinflusst werden könne (vgl. Miller 2001, S. 10).

Pupillenweite: Moderne *Eye Tracker* sind fähig Pupillendurchmesser und Änderungen bei dieser Größe in Echtzeit zu messen. Der technische Aufwand, um die Pupille zu erfassen, sei vergleichsweise zu anderen Methoden, wie zum Beispiel beim Elektroenzephalograf (EEG), relativ gering (vgl. Schultheis 2004, S. 33). Nach May sei die Pupillenweite (häufig in Millimetern gemessen) ein Indikator, um Änderungen in der kognitiven Belastung festzustellen, da der Durchmesser sich erweitere, sofern die individuelle Belastung steige (vgl. May et al. 1990, S. 77). Dennoch ist anzumerken, dass auch der Pupillendurchmesser durch Lichtverhältnisse beeinflusst werden könne (vgl. de Groot & Gebhard 1952, S. 495) und dadurch folglich potentielle Verfälschungen bei der Messung von kognitiver Belastung möglich sein können.

Für die Bestimmung der kognitiven Belastung anhand von Änderungen an der Pupillenweite, hat sich auf dem Markt eine weitere, einzigartige Methode etabliert: der sogenannte *Index of Cognitive Activity*. Dieses Instrument, welches von Sandra P. Marshall entwickelt und patentiert worden ist, verwendet Signalverarbeitungsmethoden der *Wavelet-Transformation*, um Änderungen an der Pupille zu detektieren (vgl. Marshall, 2002, S. 5; Bartels & Marshall, 2012, S. 161). Der *Index of Cognitive Activity* zähle dabei in seinem Verfahren die Frequenz der abrupten Diskontinuitäten im Pupillensignal des *Eye Trackers* (vgl. Marshall 2002, S. 5). Nach Angaben von Marshall könne der *Index of Cognitive Activity* zwischen Änderungen an der Pupillenweite unterscheiden, die durch Lichteinflüsse oder durch Änderungen an der Belastung ausgelöst worden seien (vgl. Marshall 2002, S. 5). Allerdings eigne sich nicht jedes Eye Tracking Gerät für die Verwendung des *Index of Cognitive Activity* (vgl. Bartels & Marshall 2012, S. 163) und ist aufgrund der Patentierung ein relativ teures Instrument. Im Frühjahr 2018 ist von Duchowski et al. eine alternative, frei verfügbare Variante des *Index of Cognitive Activity* vorgeschlagen worden: der sogenannte *Index of Pupillary Activity*. Dieses Instrument arbeitet nach Duchowski et al. auf einer ähnlichen Art und Weise wie Marshalls Methode (vgl. Duchowski et al. 2018, S. 1 - 2). Höhere Frequenzen (in Hz gemessen) indizieren dabei eine höhere kognitive Belastung (vgl. Duchowski et al. 2018, S. 3).

2.5 Gruppenarbeit

Bisher ist die *Cognitive Load Theory* vorgestellt worden und wie man die Größe der kognitiven Belastung messen kann. Häufig hat der Fokus bei Messungen von kognitiven Belastungszuständen am Individuum gelegen. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit beim Messen von kognitiver Belastung bei Zweiergruppen liegt, soll in diesem Abschnitt zunächst ein grundlegendes Verständnis zum Begriff der Gruppe geliefert werden und wie sich die Arbeit in Gruppen kennzeichnet. Anschließend wird (ab Abschnitt 2.4.4) aufgezeigt, wie die *Cognitive Load Theory* die kognitive Belastung im kollaborativen Kontext wertet und wie die kognitive Belastung bei Gruppen nach dem Stand der Forschung erhoben werden kann.

2.5.1 Definition: Gruppe

Obwohl der Begriff der Gruppe im Alltagsgebrauch häufig verwendet wird, kennt die Wissenschaft keine einheitliche Definition dieses Ausdrucks (vgl. Wellhöfer 2001, S. 6). Mehrheitlich wird mit diesem Wort auf Menschen in der Mehrzahl referiert. Hofstätter definiert beispielsweise die Gruppe als einen Zusammenschluss von mehreren Personen mit festen Rollenstrukturen (d.h. Leitungspersonen und Geleitete), welche ein gemeinsames Ziel verfolgen (vgl. Hofstätter, 1986, S. 29 - 30; Wellhöfer, 2001, S. 6). Hingegen der Definition nach Hofstätter, verstehen Jonas et al. eine Gruppe als eine Vereinigung von mindestens zwei Individuen, welche sich als eine Gruppe ansehen (vgl. Jonas et al. 2014, S. 440 - 441). Eine weitere Definition aus dem Bereich der Arbeitspsychologie sieht eine Gruppe als einen Zusammenschluss von mindestens drei Personen an, welche mit Hilfe von Kommunikation und Kooperation ihre Aufgabenstellungen bearbeiten (vgl. Kleinbeck & Schmidt 2010, S. 217).

Selbst wenn es keine allgemeine Festlegung gibt, braucht diese Arbeit ein einheitliches Verständnis zu diesem Begriff. Für diese Bachelorarbeit gilt eine Gruppe als ein Zusammenschluss von mindestens zwei Personen, die ein gemeinsames Ziel verfolgen und anfallende Aufgaben mit Hilfe von Kommunikation und Koordination lösen. Diese Definition umfasst sowohl die Aspekte der Personen im Plural, das gemeinsame Ziel und den Umstand, dass die Mitglieder des Zusammenschlusses kollaborieren bzw. zusammen arbeiten. Sofern von einer Gruppe gesprochen wird, die aus genau zwei Personen besteht, wird auch der Begriff der *Dyade* verwendet. Begriffe wie z.B. Team, Kollektiv etc. sind synonym zur vorgeschlagenen Definition der Gruppe zu verstehen.

2.5.2 Einflussfaktoren bei Gruppenarbeiten

Ausgehend von der zuvor genannten Definition kann nun bestimmt werden, ob die Konstellation der Gruppe vorliegt. Damit Arbeiten im Kontext einer Gruppe erfolgreich durchgeführt werden können, sollten man mehrere Faktoren berücksichtigen. Die Anzahl solcher Kriterien, die zum Erhalt einer Gruppe beitragen (bzw. eine effektive Gruppenarbeit überhaupt ermöglichen) ist dabei sehr umfangreich. Da aus Eingrenzungsgründen diese Merkmale im Rahmen dieser Arbeit nicht vollständig abgedeckt werden können, wird in diesem Abschnitt der Fokus auf zwei grundlegende Merkmale der Gruppenarbeit gelegt. Diese lauten *Kommunikation* und *Koordination*.

Kommunikation: Kommunikation und kollaborative Handlungen seien nach Bowers et al. untrennbar (vgl. Bowers et al. 1997, S. 95). Die Definition der Gruppe bedingt, dass Informationen zwischen den Gruppenmitgliedern ausgetauscht werden müssen. Ohne den Austausch könne ein gemeinsames Ziel nach Bowers et al. nicht erreicht werden (vgl. Bowers et al. 1997, S. 95) und kollaborative Handlungen wären folglich nicht möglich. Gemäß Badke-Schaub et al. würde zunächst eine Recherche nach relevanten Informationen erfolgen, sofern sich Personen zu einer Gruppe zusammenschließen (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 118). Dies sei notwendig um die Aufgabe, die das Team lösen will, fertigzustellen (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 118). Ein Informationsaustausch zwischen den Gruppenmitgliedern (*Kommunikation*) sei daraufhin erforderlich, sodass diese gesammelten und bewerteten Informationen in ein abgestimmtes Handeln umgesetzt werden können (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 118). In Extremsituationen könne Kommunikation, bedingt durch psychischen Stress, Gefahren ausgesetzt sein (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 119).

Koordination: Im Kontext der Gruppenarbeit verstünde man nach Bowers et al. unter dem Begriff der *Koordination* die Intra-Teaminteraktionen, die eine Hauptkomponente von effizienten und produktiven Handlungen in Gruppen bewirken (vgl. Bowers et al. 1997, S. 94). Konkreter formuliert bedeutet dies nach Bowers et al. die simultane und geordnete Handlung mehrerer Personen, in der Durchführung einer bestimmten und komplexen Aufgabe (vgl. Bowers et al. 1997, S. 94), bzw. die Aufeinanderabstimmung der verschiedenen Vorgänge und Ressourcen die im Rahmen von Gruppenarbeiten vorhanden sind (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 119). Gemäß Bowers et al. ließe sich Koordination weiter unterteilen in den Bereich von *Taskwork-Koordination* und *Teamwork-Koordination* (vgl. Bowers et al. 1997, S. 94). Taskwork-Koordination beschreibt dabei das interaktive Verhalten, das durch die Aufgabe selbst ausgelöst wird (vgl. Bowers et al. 1997, S. 94). Teamwork-Koordination hingegen beschreibt eine Samm-

lung an interaktiven Verhaltensmustern die aus Aktivitäten des Teamworks resultieren. Dieser Typ der Koordination verlange dabei die Initiative und Flexibilität der Einzelnen (vgl. Bowers et al. 1997, S. 94). Dass die Leistungen einer Gruppe besser ausfallen, je mehr die einzelnen Mitglieder die individuellen Beiträge koordinieren, sei nach Gurtner empirisch belegt (vgl. Gurtner 2003). Ohne Koordination in der Gruppe sei ein passender Informationsaustausch eher unwahrscheinlich und könne fehlerhafte Handlungen zur Folge haben (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 119). Koordination erfolge nach Badke-Schaub et al. zunächst durch Kommunikation zwischen den einzelnen Mitgliedern der Gruppe, durch die festgelegt und sichergestellt wird, dass der Austausch von Informationen mit den Betroffenen zum richtigen Zeitpunkt geschehen muss, Entscheidungen passend formuliert und vorbereitet werden müssen und, dass der ganze Ablauf durch einen Zeit- und Arbeitsplan abgestimmt wird (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 119). Weitere Aspekte der Koordination umfassen (unter anderem) die Zuweisung von Verantwortlichkeiten, die Nutzung bestehender Ressourcen, das Setzen von Prioritäten und der Umsetzung einer permanenten Kontrolle im Hintergrund, sodass man unerwartete Ereignisse vorwegnehmen könne (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 119). Für die Umsetzung sei hierbei nach Badke-Schaub et al. eine Führungsrolle wichtig (vgl. Badke-Schaub et al. 2008, S. 119).

An dieser Stelle lässt sich zusammenfassend sagen, dass sowohl Kommunikation als auch Koordination einen wichtigen Bestandteil bei Gruppenarbeiten beschreiben. Beide Aspekte sollten nicht durch Störfaktoren beeinträchtigt werden, da dies dem Informationsaustausch innerhalb der Gruppe nicht zu Gute kommen könnte und das Ziel dadurch in erschwerter Form zu erreichen wäre. In dieser Hinsicht könnte die Belastung in der Gruppe auch mit steigendem Kommunikations- und Koordinationsanforderungen größer werden.

2.5.3 Phänomene bei Gruppenarbeiten

Neben den zuvor genannten Aspekten, die zur erfolgreichen Gruppenarbeit beitragen können, gibt es zahlreiche weitere Phänomene und Einflussfaktoren, welche auf die Leistung einer Gruppe - und damit auch auf die Belastung der einzelnen Gruppenmitglieder - wirken können. In diesem Abschnitt werden einige dieser Phänomene vorgestellt. Da auch die Anzahl solcher Gegebenheiten sehr umfangreich ist und im Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht komplett abgedeckt werden kann, werden nachfolgend lediglich die Phänomene der *sozialen Erleichterung*, dem *sozialen Bummeln* und den *Gruppennormen* vorgestellt.

Soziale Erleichterung: Die Anwesenheit anderer Menschen kann bereits für Veränderungen in der persönlichen Leistung eines Individuums sorgen. Dieses Phänomen nenne man auch *Soziale Erleichterung* (vgl. Banich & Belger 1990, S. 159 - 182). Sie könne die Leistung eines Individuums erhöhen, jedoch könne die Anwesenheit durch andere Personen auch als Störfaktor empfunden werden (vgl. Zimbardo 1995, S. 724 - 725). Falls eine Person das entsprechende Verhalten nicht gut beherrsche, wirke sich die erhöhte Erregung eher als Störfaktor (auch als Lampenfieber bekannt) aus und könne beim Betroffenen zu einer angespannten Situation führen, was wiederum eine reduzierte Leistungsausübung mit sich bringe (vgl. Zajonc 1976, S. 227 - 236) und im Umkehrschluss auch den persönlichen Belastungszustand erhöhen könnte.

Soziales Bummeln: Ein weiteres Phänomen beschreibt folgende Situation: Ein Team arbeitet an einem Projekt und ein Gruppenmitglied merkt dabei, dass es weniger produktiv gewesen ist, als wenn es alleine gearbeitet hätte. Die Mitgliedschaft in einer Gruppe könne demnach dazu ermutigen zu bummeln (vgl. Zimbardo 1995, S. 725). Man bezeichne dieses Phänomen auch als *Soziales Bummeln* (vgl. Latané et al. 1979, S. 822 - 832). Es ist empirisch gezeigt worden, dass das soziale Bummeln mit wachsender Gruppengröße ansteige, was vermutlich daran liegen könnte, dass die Selbstaufmerksamkeit bei größeren Gruppen sinke (vgl. Carver & Scheier, 1981, S. 545 - 568; Orasanu, 1993, S. 3 - 23). Da eine geringere (Gruppen-)Leistung mit erhöhter kognitiver Belastung im Zusammenhang stehe (vgl. Casali & Wierwille 1983, S. 623 - 641), könnte soziales Bummeln ebenfalls zu Änderungen am Belastungszustand von Gruppenmitgliedern führen.

Gruppennormen: Gruppen entwickeln Erwartungen im Zusammenhang zu angemessenen Verhaltensweisen und Einstellungen ihrer Mitglieder. Diese Erwartungen nennt man *Gruppennormen* (vgl. Zimbardo 1995, S. 725). Teilweise handelt es sich hierbei um Konstrukte, die nahezu wie ein Gesetz für alle Gruppenmitglieder gelten. Die Akzeptanz von Gruppennormen und das Einhalten der Vorgaben erlaube Mitgliedern einer Gruppe den Aufbau und die Identifikation mit der Gruppe (vgl. Zimbardo 1995, S. 725). Demnach haben auch Gruppennormen einen Einfluss auf das individuelle Verhalten eines Gruppenmitglieds, solange es die Gruppe als Ganzes schätze (vgl. Zimbardo 1995, S. 726), aber auch die Anforderung sich an die Gruppennormen zu halten, kann weitere Belastung bedeuten oder diese eventuell reduzieren, da bestimmte Vorgaben vorliegen.

Insgesamt seien Gruppenarbeiten durch mehrere verschiedene Kennzeichen geprägt, die im Bereich der Einzelarbeit nicht auftreten. Die aufgezeigten sozialen Merkmale und Phänomene,

könnten sich zusätzlich auf die Belastungssituation des Einzelnen oder auf die der gesamten Gruppe auswirken. Man könnte behaupten, dass man im Rahmen von Gruppenarbeiten andere oder weitere Faktoren zu berücksichtigen sind, als es im Fall der Einzelarbeit ist. Um Gruppenarbeiten überschaubar zu gestalten, könnte man beispielsweise die Gruppengröße eher klein halten, um dem Phänomen der sozialen Erleichterung entgegenzuwirken. Da nun ein grundlegendes Verständnis über den Kontext der Gruppe geschaffen worden ist, wird im folgenden Kapitel gezeigt, wie die *Cognitive Load Theory* die kognitive Belastung im Gruppenszenario wertet.

2.6 Kognitive Belastung bei Gruppen

Das in Abschnitt 2.2 vorgestellte Modell der *Cognitive Load Theory* habe Anwendung auf einzelne Personen (vgl. Kirschner et al. 2009a, S. 35). Derzeit gäbe es jedoch Anzeichen dafür, dass sich diese Theorie in die Richtung bewegt, sodass der Anwendungsfall von Gruppenarbeiten miteinbezogen werde (vgl. Kirschner et al., 2018; Hollender et al., 2010, S. 1279). Dieser Teil der Bachelorarbeit stellt vor, wie die kognitive Belastung bei Gruppen nach der *Cognitive Load Theory* gewertet wird, indem das Konstrukt der kognitiven Belastung bei Gruppen zunächst definiert und erläutert wird. Danach werden die Kennzeichen des *Collective Working Memory Effekts* und der *Transaktionskosten* präsentiert, um die Besonderheiten bei der gruppenbezogenen kognitiven Belastung aufzuzeigen. Zuletzt wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten nach dem Stand der Forschung existieren, um die kognitive Belastung bei Gruppen zu erheben.

2.6.1 Definition: Gruppenbelastung

Obwohl Gruppenarbeit nach Dow et al. die dominante Arbeitsform darstelle (Dow et al. 2017), seien nach Bowers et al. vergleichsweise eher geringere Forschungsunternehmungen zum Ergründen der Belastungszustände bei Gruppen unternommen worden, als es bei Individuen der Fall sei (vgl. Bowers et al. 1997, S. 85). Ein möglicher Grund für die mangelnde Konzentration mit der Beschäftigung dieser Thematik sei nach Bowers et al. die hohe Komplexität in der Definitionsformulierung des Konstruktes der kognitiven Belastung bei Gruppen und deren ebenfalls schwierige Evaluation (vgl. Bowers et al. 1997, S. 91). Aus dem Umstand heraus, dass das Bilden einer Definition sich als schwierig erweisen würde und kein einheitliches Verständnis vorliegt, sollen in diesem Teil der Bachelorarbeit zunächst einige existierende Definitionen betrachtet werden. Im Anschluss wird eine Definition der kognitiven Belastung bei Gruppen vorgeschlagen, wie sie auch im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgehend Anwendung findet.

Die verwendete Terminologie zur Bezeichnung der Belastungszustände einer Gruppe ist bereits verschieden. Bowers et al. verwenden den Begriff *Team Workload*, während Kirschner et al. den Begriff *Group Cognitive Load* benutzen (vgl. Bowers et al., 1997, S. 90; Kirschner et al., 2008, S. 21). Dillenbourg und Betrancourt nutzen wiederum den Ausdruck *Collaboration Load* (vgl. Dillenbourg & Betrancourt 2006, S. 1). Betrachtet man die konkreten Definitionen der genannten Verfasser, so lassen sich Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede auffinden. So ist nach Bowers et al. der *Team Workload* wie folgt definiert: „*Team Workload* charakterisiert sich durch die Beziehung zwischen den endlichen Leistungskapazitäten eines Teams und den Anforderungen, die an das Team gestellt werden, weshalb man dieser Betrachtungsweise nach schlussfolgern kann, dass die Gruppenleistung optimal ausfällt, sofern die Ressourcen der Gruppe und die Anforderungen an die Gruppe ausbalanciert sind. *Team Workload* besteht aus den Belastungsanforderungen die in Verbindung zum Teamwork - d.h. den interpersonalen Interaktionen zwischen den Gruppenmitgliedern, die für den Informationsaustausch notwendig sind - und Taskwork - d.h. den Interaktionen die einzelne Gruppenmitglieder mit der Aufgabe, den Werkzeugen usw. ausführen müssen - stehen“ (Bowers et al. 1997, S. 90 - 91). Dem hingegen hat der Begriff des *Group Cognitive Load* folgende Definition nach Janssen et al.: „Der *Group Cognitive Load* beschreibt die kognitive Belastung, die eine Gruppe als Ganzes erfährt“ (Janssen et al. 2010, S. 149). Der *Group Cognitive Load* lasse sich nach Janssen et al. ebenfalls in die drei bekannten Unterarten (*Intrinsic*, *Extraneous* und *Germane*) untergliedern (vgl. Janssen et al. 2010, S. 146), allerdings befindet sich diese Unterteilung nach Laamanen et al. noch in der Erforschung (vgl. Laamanen et al. 2017, S. 3). Die Definition des *Collaboration Load* nach Dillenbourg und Betrancourt beschreibt hingegen „den Bedarf, der notwendig ist, um die Interaktionen mit den anderen Gruppenmitgliedern zu managen,“ (Dillenbourg & Betrancourt 2006, S. 1). Während Bowers et al. diese Belastungsform als eine Relation beschreiben, liegt der Fokus bei Janssen et. al. im Bereich der Kognition und der Informationsverarbeitung im Arbeitsgedächtnis. Die Definition nach Dillenbourg und Betrancourt konzentriert sich hingegen auf die Interaktionen, die im Rahmen einer effektiven Gruppenarbeit unvermeidbar sind. Die Gemeinsamkeit der vorgestellten Definitionen liegt darin, dass diese eine Gruppe als Einheit betrachten und die verbundene gruppenbezogene Belastung von der Gruppe als Ganzes empfunden wird. Für diese Bachelorarbeit wird die Bezeichnung der *Gruppenbelastung* verwendet um auf das Konstrukt der kognitiven Belastung bei Gruppen zu referenzieren. Dabei ist dieser Ausdruck für diese Ausarbeitung wie folgt definiert: Die Gruppenbelastung bezeichnet die kognitive Belastung (d.h. alles, was Anteile der Arbeitsgedächtniskapazität aller einzelnen Gruppenmitglied in Anspruch nimmt), welche durch Anforderungen an eine Gruppe als Einheit ausgelöst wird. Die Gruppenbelastung wird dabei individuell und im Kollektiv erfahren.

2.6.2 Die Gruppe als informationsverarbeitendes System

Um die Bedeutung des Ausdrucks *Gruppe als Ganzes* zu verstehen, wird zunächst eine Betrachtungsweise von Gruppen vorgestellt, wie sie auch im Rahmen jüngerer Forschungsarbeiten der *Cognitive Load Theory* aufgefasst wird. Analog zur Erklärung des theoretischen Konstruktes der kognitiven Belastung, werden zur Erklärung von Phänomenen im Bereich der Gruppenarbeit ebenfalls Modelle herangezogen, um die komplexen Vorgänge in diesem Feld zu beschreiben. Eine solche Abstraktion wird von Kirschner et al. beschrieben: Sie betrachten eine Gruppe als ein *informationsverarbeitendes System*, welches aus mehreren Arbeitsgedächtnissen besteht (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Sofern man die Gruppe als ein solches System betrachtet, ließe sich der mit einer Aufgabe verbundene *Intrinsic Load* auf die mehreren Arbeitsgedächtnisse aufteilen (vgl. Kirschner et al. 2009b, S. 36). Nach Kirschner et al. verfüge eine Gruppe über erhöhte kognitive Verarbeitungskapazitäten als eine einzelne Person, welche lediglich die Kapazität eines einzelnen Arbeitsgedächtnisses nutzen kann (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Außerdem behaupten Kirschner et al., dass die Gruppenbelastung aufgeteilt würde, was die Befähigung des Bewältigens von komplexeren Aufgaben begünstige (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Ordnet man folglich Gruppen eine komplexere Aufgabe zu, so könne die Anzahl an Informationseinheiten auf eine größere Menge an kognitiver Verarbeitungskapazität verteilt werden (vgl. Kirschner et al. 2009a, S.37). Die Kombination der Arbeitsgedächtnisse, die durch das Bilden von Gruppen entsteht, bildet somit einen Synergieeffekt. Dieser Effekt wird als *Collective Working Memory Effect* bezeichnet (vgl. Paas & Sweller 2011, S. 30). Kirschner et al. zufolge können Gruppenmitglieder demnach Informationseinheiten tiefer verarbeiten (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Dennoch ist anzumerken, dass die *Cognitive Load Theory* auch Gefahren bei Gruppenarbeiten kennt und demnach nicht immer vorteilhaft sein kann, wie es bereits im Abschnitt 2.4 anhand der verschiedenen Phänomene bei Gruppenarbeiten skizziert worden ist. *Transaktionskosten* verursachen im Rahmen von Kollaboration eine zusätzliche Belastung. Diese seien jedoch unvermeidbar, sofern eine Gruppe als informationsverarbeitendes System funktionieren soll (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Es sei nicht notwendig, dass jedes Gruppenmitglied alle Informationen kennt, denn so lange Kommunikation und Koordination zwischen den Gruppenmitgliedern vorhanden ist, können die Informationselemente der Aufgabe und der damit verbundene *Intrinsic Load* auf ein größeres Reservoir an kognitiver Kapazität aufgeteilt werden (vgl. Janssen et al. 2010, S. 144). Nachfolgend sollen der *Collective Working Memory Effect* und die *Transaktionskosten* näher beleuchtet werden.

Collective Working Memory Effect: Wie bereits beschrieben worden ist, sind komplexere Aufgaben, die für den Einzelnen nicht mehr bewältigbar sind, in der Gruppe einfacher zu lösen. Die wohl beste Strategie für ein Gruppenmitglied läge nach Paas und Sweller darin, anderen Personen zu erlauben, die eigenen kognitiven Ressourcen zur Lösung des Problems zu nutzen und sich dann einen Vorteil aus der Lösung zu verschaffen (vgl. Paas & Sweller 2011, S. 30). Sofern jedoch jeder in der Gruppe auf diese Art agiert, dann ginge jeglicher Vorteil der Kollaboration verloren (vgl. Paas & Sweller 2011, S. 30), woraus folgt, dass eine proaktive Einstellung für die Gruppenarbeit förderlich sein kann. Der *Collective Working Memory Effect* beschreibt dabei, dass in der Situation der Kollaboration die Personen von der Arbeitsgedächtniskapazität der jeweils anderen Person profitieren können (vgl. Paas & Sweller 2011, S. 30). Kollaboration könne als eine Strategie angesehen werden, um der Beschränktheit des Arbeitsgedächtnisses entgegenzuwirken, was auch die *Cognitive Load Theory* mittlerweile anerkenne (vgl. Paas & Sweller, 2011, S. 30 - 31; Kirschner et al., 2009a, S. 31 - 42; Kirschner et al., 2009b, S. 1 - 27; Kirschner et al., 2010, S. 615 - 624; Kirschner et al., 2011, S. 587 - 599; Kirschner et al., 2018, S. 220).

Transaktionskosten: Obwohl das Bilden einer Gruppe die kognitiven Ressourcen erhöhen kann, gibt es im Rahmen von Gruppenarbeiten nach Kirschner et al. auch Effekte, die eine zusätzliche kognitive Belastung verursachen. Diese seien insbesondere die Aufwendungen bezüglich der Kommunikation und Koordination in Gruppen. Diese seien jedoch notwendig, so dass das informationsverarbeitendes System funktionieren kann (vgl. Kirschner et al. 2009a, S. 37). Ohne Kommunikation und Koordination könne keine Kollaboration stattfinden. Diese Aufwendungen nennen Kirschner et al. *Transaktionskosten* (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Konkret bedeuten die Transaktionskosten im Kontext kollaborativer Umgebungen „die Kosten für das Einrichten, Durchsetzen und Aufrechterhalten der gegenseitigen Verpflichtungen oder Verträge, die die Mitglieder einer Gruppe zusammenhalten“ (Ciborra & Olson 1988, S. 95). Kollaborative Lernumgebungen könne man nur dann effektiv gestalten, wenn man diese Kosten berücksichtige (vgl. Kirschner et al. 2009b, S. 9). Nach Kirschner et al. seien die Transaktionskosten - sofern komplexere kognitiv beanspruchende Aufgaben herangezogen werden - in Relation zur Idee, dass die kognitive Belastung unter alle Gruppenmitglieder aufgeteilt werden kann, eher minimal (vgl. Kirschner et al. 2008, S. 22). Die größte Gefahr durch Lernen im kollaborativen Umfeld seien somit die Transaktionskosten, welche den Vorteil der Aufteilung der kognitiven Belastung auf die gesamte Gruppe komplett aufheben können (vgl. Kirschner et al. 2009b, S. 9).

Das Auffassen der Gruppe als informationsverarbeitendes System hat somit zwei Konsequenzen: Einerseits könne der Vorteil der Aufteilung der kognitiven Belastung durch die zusammenwirkenden Arbeitsgedächtnisse bedingen, dass Gruppenmitglieder geringere kognitive Anstrengungen aufwenden müssen als im Vergleich zu Einzellernern (vgl. Janssen et al. 2010, S. 144 - 145). Andererseits erfordert das interindividuelle Kommunizieren und Koordinieren von den Gruppenmitgliedern, dass eine zusätzliche mentale Aufwendung erbracht werden muss. Dies stelle dabei eine Anstrengung dar, der Einzellerner nicht ausgesetzt seien, wenn es um problemlösendes Lernen gehe (vgl. Janssen et al. 2010, S. 144 - 145).

2.6.3 Methoden zur Messung der Gruppenbelastung

Hingegen zum breiten Spektrum an Wegen zur individuellen Messung, seien die Möglichkeiten zur Operationalisierung der Gruppenbelastung nach dem Stand der Forschung vergleichsweise eingeschränkter und im geringeren Umfang untersucht worden (vgl. Kirschner et al., 2008, S. 22 - 23; Bowers et al., 1997, S. 101). Dennoch habe die Operationalisierung dieser Größe eine hohe Bedeutung, denn sie bietet eine Grundlage für das Entwickeln von Strategien zur Reduktion von irrelevanten Belastungen (vgl. Bowers et al. 1997, S. 101) und somit eine Möglichkeit zur Verbesserung von Gruppenarbeiten. Analog zu den drei vorgestellten Kategorien aus Abschnitt 2.2 (Leistungsmaße, subjektive Maße und physiologische Maße), könne man im Kontext der Messung der Gruppenbelastung ebenfalls in diese drei Felder kategorisieren (vgl. Funke et al. 2011, S. 39). Dieser Abschnitt wird aufzeigen, welche Möglichkeiten nach dem Stand der Forschung bestehen, um die Gruppenbelastung zu erheben und welche Schwierigkeiten dabei existieren.

Leistungsmaße: Nach Funke et al. können Leistungsmaße im Bereich der Gruppenbelastung sehr unterschiedlich ausfallen (vgl. Funke et al. 2011, S. 43), was wahrscheinlich daran liegen könnte, dass jede Gruppe individuell ist. Leistungsmaße, die zur Messung der Gruppenbelastung herangezogen werden, seien nach Gopher und Donchin schwer zu interpretieren (vgl. Gopher & Donchin 1986, S. 25), weshalb Leistungsmaße nicht adäquat die Variationen, im Bereich der Investitionen von Gruppen und deren Mitgliedern, wiedergeben würden (vgl. Funke et al. 2011, S. 44). Demnach können Leistungsmaße nach Funke et al. die Ursachen der Gruppenbelastung nicht direkt erkennen (vgl. Funke et al. 2011, S. 44). Zudem behaupten Funke et al., dass die hohe Komplexität der Prozesse, welche die Gruppenleistung ausmacht, es erschwert Leistungsmaße als möglichen Indikator herzunehmen (vgl. Funke et al. 2011, S. 44).

Obwohl Forschungsvorhaben Leistungsmaße als ein wichtiges Mittel betrachten, um Prozesse bei Gruppenarbeiten zu erforschen, sei deren Nutzen für die Messung von Belastungszuständen innerhalb von Gruppen nach Funke et al. eher fraglich (vgl. Funke et al. 2011, S. 44). Aus diesen Gründen wird von der Verwendung von Leistungsmaße für diese Arbeit ebenfalls abgesehen.

Subjektive Maße: Eine überwiegende Herangehensweise zur Messung der Gruppenbelastung, sei das Verwenden eines bereits existierenden und etablierten subjektiven Maßes (z.B. *NASA Task Load Index*), das die individuelle kognitive Belastung misst, wobei dieses Evaluationsmittel durch weitere Dimensionen ergänzt oder bestehende Dimensionen modifiziert worden sind (vgl. Funke et al. 2011, S. 39 - 41). Anzumerken ist dabei, dass die meisten Studien, die ein solches subjektives Maß heranziehen, bisher im militärischen Umfeld und im Gebiet von kritischen Systemen durchgeführt worden sind.

Obwohl es ein relativ breites Spektrum an subjektiven Maßen gibt, kritisieren Funke et al. an den bisher aufgelisteten subjektiven Maßen, die Verwendung eines Maßes, das auf der Evaluation der Belastung eines Individuums basiert (vgl. Funke et al. 2011, S. 43). Zudem sei nach Funke et al. zusätzliche Forschung nötig, um die Sensitivität dieser subjektiven Maße zu verbessern und um eine adäquate Kombination der individuellen Belastungsdaten zu ergründen (vgl. Funke et al. 2011, S. 43). Alternativ schlagen Funke et al. vor, ein neues subjektives Maß zu entwerfen (vgl. Funke et al. 2011, S. 43). Die aufgezeigten subjektiven Methoden charakterisieren sich durch verschiedene Herangehensweisen, wobei das Fehlen einer einheitlichen Prozedur wohl daran liege, dass es keine einheitliche Taxonomie von Gruppenarbeit gäbe (vgl. Sellers et al. 2014, S. 990).

Physiologische Maße: Physiologische Maße, wie sie mithilfe von Echokardiographen, Elektroenzelographen, *Eye Tracking*, funktionalen Magnetresonanztomographen etc. erhoben werden können, finden ebenfalls Anwendung in der Messung der kognitiven Belastung, wie es bereits in Abschnitt 2.2 erwähnt worden ist. Auch wenn es einige Forschungsarbeiten gibt, die mithilfe von physiologischen Maßen Gruppenmitglieder in kritischen Anwendungsgebieten der Gruppenarbeit (z.B. Flugsimulationen) auf die Gruppenbelastung untersucht haben (vgl. Marshall, 2009, S. 266 - 269; Bonner & Wilson, 2002, S. 63 - 77), liegt der Fokus dieser Forschungsarbeiten eher auf dem Aspekt der Messung von einzelnen Belastungszustände der jeweiligen Gruppenmitglieder, anstatt auf der gesamten Gruppenbelastung (vgl. Funke et al. 2011, S. 44). Nach Funke et al. läge dies einerseits daran, dass die intensive Ausrüstung die Gruppenprozesse stören könne (vgl. Funke et al. 2011, S. 44). Nicht-mobile Eye Tracker und

bildgebende Technologien wie funktionale Magnetresonanztomographen würden beispielsweise die Bewegungsmöglichkeiten von Individuen einschränken (vgl. Funke et al. 2011, S. 44). Weiterhin benötigen die meisten Methoden - die auf physiologischen Maßen basieren - Grundlinien um inferentielle Vergleiche abschätzen zu können. Das Definieren solcher Grundlinien beschreibe hierbei einen komplexen Vorgang (vgl. Funke et al. 2011, S. 44 - 45). Das Bilden der durchschnittlich gemessenen physiologischen Einheit sei nach Belyavin das geeignetste Maß um Vergleiche heranzuziehen, sofern man in einem Experiment eine Aufgabe manipuliert und negative Auswirkungen festhalten will (vgl. Belyavin 2005, S. 430 - 437). Die praktischste Herangehensweise wäre nach Funke et al. ein Vergleichsmaß zu etablieren, das die durchschnittliche physiologische Antwort über ein gesamtes Experiment hinweg misst - und zwar für jedes Gruppenmitglied (vgl. Funke et al. 2011, S. 45). Ebenfalls sei noch unklar, wie die Ergebnisse aus den individuellen physiologischen Messungen adäquat kombiniert werden sollen, sodass die Gruppenbelastung auf einen globalen Wert abgebildet werden kann. Es läge allerdings sehr nahe, dass die beste Abbildung der Gruppenbelastung mithilfe eines summierenden Aggregates erreicht werden könne (vgl. Funke et al., 2011, S. 45; Helton et al., 2015, S. 738). Nach Funke et al. besteht die Grundansicht, dass das physiologische Messen der Gruppenbelastung nicht unmöglich sei, aber weitere Forschungsvorhaben notwendig wären, um den aufgezeigten Problemen entgegenzuwirken (vgl. Funke et al. 2011, S. 45).

Eine Möglichkeit zur Messung der Belastung mit Hilfe von *Eye Tracking* in einem Gruppenumfeld beschreibt Marshall. Dazu wurde das *Networked Evaluation System* entwickelt (vgl. Marshall 2009, S. 266). Das *Networked Evaluation System* beschreibt dabei ein Netzwerk von koordinierten Eye Trackern (vgl. Marshall 2009, S. 266). Mit diesem Werkzeug wird das Überwachen der kognitiven Belastung von Gruppen ermöglicht (vgl. Marshall 2009, S. 266). Die Kenngröße, die zur Bestimmung der kognitiven Belastung herangezogen wird, ist hierbei der Pupillendurchmesser bzw. der *Index of Cognitive Activity* (vgl. Marshall 2009, S. 266). Diese Methodik ist von Marshall in zwei Experimenten durchgeführt worden. Das *Networked Evaluation System* synthetisiere dabei die Daten der *Eye Tracker*, die die Augenparameter jedes Mitglieds der Gruppe erfassen, sodass ein Vergleich der kognitiven Belastung aller Gruppenmitglieder möglich werde (vgl. Marshall 2009, S. 266). Das *Networked Evaluation System* wurde von Marshall in zwei Studien evaluiert, mit dem Ergebnis, dass sich das *Networked Evaluation System* zur Erhebung der Gruppenbelastung eignet (vgl. Marshall 2009, S. 273 - 274). Ein Vorteil dieses Systems liege zudem auch darin, dass die Gruppenmitglieder aufgrund der Nicht-Aufdringlichkeit der mobilen *Eye Tracker*, ihren Gruppenaktivitäten geregelt nachgehen können (vgl. Marshall 2009, S. 266).

Zusammenfassend lässt sich an dieser Stelle sagen, dass aus der theoretischen Perspektive alle drei Maßkategorien in Frage kommen, um die Gruppenbelastung zu messen. Nach aktuellen Ergebnissen stünden jedoch physiologische Maße und Leistungsmaße im Vergleich zu subjektiven Maßen eingeschränkter zur Verfügung, sofern die Gruppenbelastung als globaler Wert erhoben werden soll (vgl. Sellers et al. 2014, S. 990). Während von der Nutzung von Leistungsmaßen eher abgeraten werde, kämen physiologische Methoden in Betracht, sofern diese nicht ausrüstungsintensiv sind und die Gruppenumgebung nicht erheblich beeinträchtigt (vgl. Bowers et al. 1997, S. 101). Bisher liegt, aufgrund der höheren Zuverlässigkeit auf Gruppen, eine starke Präferenz darin, die Gruppenbelastung mit Hilfe von subjektiven Maßen zu bestimmen (vgl. Bowers et al., 1997, S. 101; Funke et al., 2011, S. 39 - 44; Sellers et al., 2014, S. 990). Um die Größe der Gruppenbelastung auch in Echtzeit messen zu können, soll im Rahmen dieser Bachelorarbeit der Fokus vermehrt auf dem Bereich des (mobilen) *Eye Tracking* liegen.

Dieses Kapitel hat das notwendige Basiswissen für die nachfolgenden Kapitel aufgestellt. Dabei sind jedoch lediglich die wesentlichen Erkenntnisse aufgezeigt worden. Für tiefere Erläuterungen wird an dieser Stelle auf die zugehörige Seminararbeit zum Bachelorprojekt und die Literatur verwiesen.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Wie aus dem vorherigen Kapitel des theoretischen Rahmens ersichtlich geworden ist, sind Belastungszustände bei Gruppen in einem vergleichsweise eher geringerem Umfang untersucht worden als es bei Individuen der Fall gewesen ist. Zur Messung der Gruppenbelastung hat man vermehrt subjektive Maße herangezogen, welche eine gewisse Validität gezeigt haben (vgl. Lin et al., 2011; Sellers et al., 2015; Funke et al., 2011). In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwiefern subjektive Erhebungen zur Gruppenbelastung mit den physiologischen Maßen korrelieren. Im Falle einer Korrelation kann zum Teil auch die Frage beantwortet werden, ob bzw. inwieweit sich physiologische Maße dazu eignen, die Gruppenbelastung zu messen. Weiterhin ergeben sich in diesem Kontext weitere Forschungsfragen, denen diese Arbeit nachgehen will. Einerseits stellt sich die Frage, wie die kognitive Belastung bei den einzelnen Gruppenmitgliedern verteilt ist. Da die Komplexität einer Aufgabe im direkten Zusammenhang zur individuellen kognitiven Belastung steht, stellt sich andererseits auch die Frage, ob der Schwierigkeitsgrad sich ebenfalls auf die Gruppenbelastung auswirkt.

Neben den zuvor genannten Forschungsfragen stellen sich auch zwei Hypothesen für diese Arbeit. Es wird angenommen, dass eine Erhöhung der Aufgabenkomplexität auch die Gruppenbelastung erhöht (Hypothese 1). Hypothese 1 basiert hierbei auf dem Hintergrund, dass die kognitive Belastung gemäß der *Cognitive Load Theory* unter anderem durch die Komplexität der Aufgabe beeinflusst wird, was im Abschnitt 2.3 bereits dargestellt worden ist. Obwohl Gruppen eine höhere Verarbeitungskapazität aufweisen können, wie dies in Abschnitt 2.6 illustriert hat, besteht dennoch eine Grenze der Verarbeitungskapazität. In diesem Sinne wird die Vermutung aufgestellt, dass eine höhere Komplexität der Aufgabe größere Verarbeitungsressourcen erfordert und auch die Gruppenbelastung determiniert. Auch wird vermutet, dass sich die Belastungszustände der einzelnen Gruppenmitglieder unterscheiden, da die Arbeitsgedächtniskapazität eines Individuums sehr individuell ist (Hypothese 2). Diese Hypothese fußt ebenfalls auf den Erkenntnissen des theoretischen Rahmens. Abschnitt 2.5 hat beispielsweise gezeigt, dass Gruppen sehr individuell sein können und sich unter anderem durch die Belegung der einzelnen Mitglieder charakterisieren. Ferner ist nach der *Cognitive Load Theory* die Belastung auch abhängig von den eigenen Fähigkeiten (*Germane Load*). Somit liegt die Vermutung nahe, dass einzelne Gruppenmitglieder unterschiedliche Belastungsniveaus aufweisen, da sie

einen unterschiedlichen Grad an Vorwissen besitzen. Den zuvor genannten Fragen und Hypothesen will diese Bachelorarbeit nachgehen. Dazu ist eine empirische Studie geplant worden, welche auf dem zuvor durchgeführten Bachelorprojekt aufbaut. Mit dieser Bachelorarbeit soll auch der Frage nachgegangen werden, ob es sich lohnt, verstärkte Untersuchungsvorhaben zur Messung der Gruppenbelastung mittels *Eye Tracking* durchzuführen. Bevor die empirische Studie und deren Ergebnisse vorgestellt werden, werden im folgenden Kapitel die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Bachelorprojekt und das darin durchgeführte Vorhaben in Kürze vorgestellt.

4 Vorhaben im Rahmen des Bachelorprojekts

Vor der Ausfertigung dieser Bachelorarbeit, ist eine Pilotstudie im Rahmen des Bachelorprojektes zu diesem Forschungsvorhaben unternommen worden. Das Bachelorprojekt hatte den Fokus auf der Vorbereitung der Aufgabe für die Probanden und der technischen Einstellung der Eye Tracker. Ferner sind drei Testdurchläufe (mit jeweils drei Zweiergruppen) unternommen worden, um die Durchführbarkeit der Studie festhalten zu können. Da diese Arbeit auf das im Projekt geplante Studiendesign aufbaut, werden in diesem Kapitel der vorliegenden Bachelorarbeit die zentralen Aspekte und Resultate aus dem Bachelorprojekt vorgestellt. Für eine tiefere Lektüre wird an dieser Stelle auf den Projektbericht verwiesen.

4.1 Vorbereitung der Aufgabe

Da sich das Forschungsunternehmen mit der Analyse der Gruppenbelastung in Echtzeit mit Eye Tracking auseinandersetzt, ist eine Aufgabe für die Probanden notwendig, die den Aspekt der Gruppenarbeit und visuellen Aufmerksamkeit vereint. Nach einer systematischen Literaturrecherche im Rahmen der Seminararbeit zum Bachelorarbeit, ist die Wahl auf das kollaborative Computerspiel *Collaborative Tetris* gefallen. Dieses Spiel beschreibt eine Variante des klassischen Spiels *Tetris*. Allerdings fallen anstatt einem jeweils zwei Puzzlestücke zur gleichen Zeit herunter. Hierbei muss der erste Spieler das erste Puzzlestück bewegen und der zweite Spieler das Andere. Das Ziel dieses Spiels liegt darin, in Kooperation die Puzzlestücke - wie beim klassischen *Tetris* - so zusammenführen, dass möglichst viele Linien eliminiert werden. Eine Linie wird genau dann gelöscht, sobald die Puzzleteile lückenlos auf dem Spielbrett platziert worden sind. Das Programm ist dabei im Rahmen des Bachelorprojektes erstellt worden und mit drei Schwierigkeitsgraden versehen worden. Die drei unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade zeichnen sich dabei durch eine jeweils andere Fallgeschwindigkeit der Puzzlestücke aus. Während im ersten Level beispielsweise ein Puzzlestück alle 600 Millisekunden durch die Applikation nach unten bewegt wird, bewegen sich diese Puzzlestücke im dritten Level alle 300 Millisekunden nach unten.

4.2 Verwendete Erhebungsmittel

Zur Exploration der Gruppenbelastung, sind mehrere Erhebungsmittel verwendet worden. Diese sind zwei mobile *Eye Tracker* der Firma Pupil Labs, zwei subjektive Maße (*NASA Task Load Index & Team Workload Assessment*) und ein halbstrukturiertes Interview. Was mit diesen Mitteln gemessen worden ist wird nachfolgend erläutert.

Eye Tracker: Das Instrument der Eye Tracker hat die Pupillenweiten beider Teilnehmer, die Blinzelraten und die sog. *Areas of Interest* erhoben. Anhand der Pupillen- und Blinzelraten sind Rückschlüsse auf die kognitive Belastung der Gruppenmitglieder gezogen worden. Die Pupillendaten haben Indizien auf die individuelle Belastung geliefert. Ferner sind diese Werte indem die Werte für eine Kombination genutzt worden um die Gruppenbelastung auch physiologisch-objektiv abzubilden. Die Erläuterung zur Kombination dieser Daten findet sich im nachfolgenden Abschnitt. Bei der Blinzelrate hingegen ist keine Aggregation der Daten auf einen Gruppenwert vorgenommen worden. Dieser Parameter diente in diesem Kontext zum Rückschluss auf die persönliche kognitive Belastung. Ein *Area of Interest* beschreibt eine Region, auf die ein Anwender des Eye Trackers zu einer bestimmten Zeiteinheit geblickt hat. Diese Größe ist ebenfalls erhoben worden, da ein Interesse darin gelegen ist zu untersuchen, ob sich die Blickaufmerksamkeit der Probanden bei steigender Belastung bzw. mit einem höheren Schwierigkeitsgrad ändert.

Subjektive Maße: Neben dem zuvor erläuterten physiologischen Maß, sind auch zwei subjektive Maße verwendet worden um die kognitive Belastung der einzelnen Probanden und der Gruppe als Ganzes zu erheben. Während die individuelle kognitive Belastung ist mit dem NASA Task Load Index gemessen worden ist, ist die Messung der subjektiven Gruppenbelastung mit Hilfe des Team Workload Assessments durchgeführt worden.

1. NASA Task Load Index

Der *NASA Task Load Index* berechnet die individuelle kognitive Belastung anhand einer gewichteten Summe in den sechs Dimensionen *Mental Demand (MD)*, *Physical Demand (PD)*, *Temporal Demand (TD)*, *Performance (P)*, *Effort (E)* und *Frustration (F)*. Die individuelle kognitive Belastung berechnet sich anhand folgender Formel (vgl. Hart & Staveland 1988):

$$B = W_1 \cdot B_{MD} + W_2 \cdot B_{PD} + W_3 \cdot B_{TD} + W_4 \cdot B_P + W_5 \cdot B_E + W_6 \cdot B_F$$

Dabei sind:

- B : die gesamte subjektiv erfahrene Belastung
- B_{MD} : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Mental Demand*
- B_{PD} : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Physical Demand*
- B_{TD} : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Temporal Demand*
- B_P : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Performance*
- B_E : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Effort*
- B_F : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Frustration*
- W_n mit $n \in \{1, \dots, 6\}$: die vom Probanden abgegebene persönliche Gewichtung der n-ten Dimension des *NASA Task Load Index*

2. Team Workload Assessment

Der *Team Workload Assessment* basiert auf dem *NASA Task Load Index*. Er besitzt jene Dimensionen des *NASA Task Load Index* und zusätzliche die Dimension der *Team Work Skills*, welche die Aspekte der Gruppenarbeit berücksichtigen. Die siebte Dimension der *Team Work Skills* charakterisiert sich durch die Größen *Communication (COM)*, *Coordination (COR)*, *Leadership and Support (LAS)* und *Time Sharing (TS)*. Diese vier Unterdimensionen bilden in ihrer gewogenen Summe die *Team Work Skills*. Die gruppenbezogene Belastung definiert sich nach Lin et al. nach folgender Formel (vgl. Lin et al. 2011, S. 402 - 404):

$$B_{TWA} = W_1 \cdot B_{MD} + W_2 \cdot B_{PD} + W_3 \cdot B_{TD} + W_4 \cdot B_P + W_5 \cdot B_E + W_6 \cdot B_F + W_7 \cdot B_{TSS}$$

wobei

$$B_{TSS} = W'_1 \cdot B_{COR} + W'_2 \cdot B_{COM} + W'_3 \cdot B_{LAS} + W'_4 \cdot B_{TS}$$

Dabei sind:

- B_{TWA} : Die gesamte erfahrene subjektive gruppenbezogene Belastung, welche mit Hilfe des *Team Workload Assessment* erhoben worden ist
- B_{MD} : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Mental Demand*
- B_{PD} : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Physical Demand*
- B_{TD} : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Temporal Demand*
- B_P : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Performance*
- B_E : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Effort*

- B_F : die subjektiv bewertete Belastung in der Dimension *Frustration*
- B_{TSS} : das Rating auf der Ebene der *Team Work Skills*
- W_n mit $n \in \{1, \dots, 7\}$: die vom Probanden abgegebene persönliche Gewichtung der n-ten Dimension des *Team Workload Assessment*
- B_{COR} : die durchschnittlichen Punkte der Items aus *Coordination*
- B_{COM} : die durchschnittlichen Punkte der Items aus *Communication*
- B_{LAS} : die durchschnittlichen Punkte der Items aus *Leadership and Support*
- B_{TS} : die durchschnittlichen Punkte der Items aus *Time Sharing*
- W'_1 : die vom Probanden bewertete Gewichtung der Dimension *Coordination*
- W'_2 : die vom Probanden bewertete Gewichtung der Dimension *Communication*
- W'_3 : die vom Probanden bewertete Gewichtung der Dimension *Leadership and Support*
- W'_4 : die vom Probanden bewertete Gewichtung der Dimension *Time Sharing*

Durch diese Formeln ist die subjektiv bewertete kognitive Belastung (sowohl individuell als auch gruppenbezogen) im Rahmen des Projektes gemessen worden. Für diese Bachelorarbeit werden diese Mittel ebenfalls herangezogen.

Interview: Am Ende der Studie ist ein kurzes (halbstrukturiertes) Interview mit den Probanden durchgeführt worden, sodass die quantitativen Ergebnisse mit den qualitativen Daten abgeglichen werden können. Das Interview hat auch das Ziel, Rückmeldungen aus Seiten der Probanden zu erhalten und weitere Fragen zur Gruppenbelastung und zur Arbeit in der Gruppe stellen zu können.

4.3 Physiologische Abbildung der Gruppenbelastung

Wie es bereits im Kapitel des theoretischen Rahmens erläutert worden ist, hat die Literaturrecherche in keiner Arbeit ein derzeit verwendetes Mittel zur Erhebung der Gruppenbelastung auf physiologischer Ebene finden können. Aus diesem Grund sind im Rahmen des Bachelorprojekts eigene Überlegungen zur Formulierung einer Kombination der physiologischen Daten erfolgt und werden in diesem Abschnitt rekapituliert.

Die Überlegung zur Kombination der Pupillendaten und somit auch die Idee zur Abbildung der Gruppenbelastung auf physiologischer Ebene basiert auf den Erkenntnissen die im Kapitel des theoretischen Hintergrunds erläutert worden sind. Wie bereits dargestellt worden ist, ist kogniti-

ve Belastung als jenes definiert, was Anteile der Arbeitsgedächtniskapazität in Anspruch nimmt und die *Cognitive Load Theory* sieht Gruppen als informationsverarbeitende Systeme an, die aus mehreren Arbeitsgedächtnissen bestehen. Die Gruppenbelastung bezeichnet die Gesamtheit der Belastungen in den Arbeitsgedächtnissen jedes einzelnen Gruppenmitgliedes. Entlang dieser Annahmen, muss die Gruppenbelastung in einem summierten Aggregat dargestellt werden. Da eine Gruppe gemäß der *Cognitive Load Theory* ein anderes Fassungsvermögen für kognitive Belastung aufweist, muss dieses zunächst bestimmt werden. Da die Kapazität sich durch jedes individuelle Arbeitsgedächtnis charakterisiert, könnte man unter Verwendung der Informationen zur Pupillenweite das Fassungsvermögen (FV) einer Zweiergruppe wie folgt festlegen:

$$FV = \max(P_1) - \min(P_1) + \max(P_2) - \min(P_2)$$

Hierbei ist $\max(P_1)$ die maximal gemessene Pupillenweite des ersten Gruppenmitglieds und $\min(P_1)$ die geringste gemessene Pupillenweite des ersten Gruppenmitglieds. $\max(P_2)$ und $\min(P_2)$ haben analoge Bedeutung für das Zweite Gruppenmitglied. Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass die Pupillenweiten von Individuen sehr unterschiedlich geprägt sein können. Durch die Subtraktion werden diese individuellen Gegebenheiten berücksichtigt. Die Gruppenbelastung könnte man nun durch folgende Gleichung indizieren:

$$IGB = \frac{B_{1,t}}{\max(P_1)} + \frac{B_{2,t}}{\max(P_2)} \cdot 100$$

Hier bezeichnet IGB den *Index der Gruppenbelastung* (in %). Die Größe $B_{1,t}$ ist hierbei die Pupillenweite (in mm) des ersten Gruppenmitglieds zum Zeitpunkt t . Für $B_{2,t}$ gilt diese Bedeutung analog für das zweite Gruppenmitglied. Der Index der Gruppenbelastung ist im Rahmen des Bachelorprojektes entworfen und verwendet worden, sodass die Belastung auf der Ebene der Gruppe indiziert werden kann. Es ist zu erwarten, dass mit zunehmender Belastung bzw. mit steigendem Pupillendurchmesser der Index der Gruppenbelastung steigen wird. Für diese Bachelorarbeit soll ebenfalls diese Gleichung verwendet werden, um Änderungen in der Gruppenbelastung physiologisch zu erfassen.

4.4 Resultate des Bachelorprojektes

Das Hauptziel des vorangegangenen Bachelorprojektes ist die Analyse zur Durchführbarkeit der Studie gewesen. Im engeren Sinne, ist überprüft worden, ob sich die Aufgabe für die Studie im Rahmen dieser Bachelorarbeit eignet und welche Risiken bei der Durchführung der Studie

auftreten können. Ferner sind erste Analysen von drei Zweiergruppen unternommen worden. Im Ergebnis ist festgestellt worden, dass die Aufgabe sich eignet, da eine Kollaboration bei allen Teilnehmern erfolgt ist und es Indizien für Änderungen auf Seiten der kognitiven Belastung bei steigendem Schwierigkeitsgrad gegeben hat. Auf der physiologischen Seite sind zwar kaum Effekte vernehmbar gewesen, jedoch könnte ein Grund dazu auf Fehleinstellungen auf Seiten der *Eye Tracker* gelegen haben, welche im Nachhinein entdeckt worden sind. Diese Korrekturmaßnahmen werden im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt, mit dem Ziel mögliche auftretende Effekte festhalten zu können.

In diesem Kapitel sind die wichtigsten Aspekte aus dem vorangegangenen Bachelorprojekt aufgezeigt worden. Die im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführte empirische Studie baut auf der Pilotstudie des Bachelorprojektes auf. Für eine Erläuterungen zum Bachelorprojekt wird an dieser Stelle auf den zugehörigen Projektbericht verwiesen.

5 Empirische Studie

Um die Forschungsfragen und Hypothesen aus dem dritten Kapitel zu beantworten, ist eine Studie geplant und durchgeführt worden. Die einzelnen Bestandteile zum Entwurf und zur Durchführung dieser Studie werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben. Im Anschluss werden in Abschnitt 5.5 und Abschnitt 5.6 die Resultate präsentiert.

5.1 Aufgabe

Da das Ziel der Studie unter anderem darin liegt die Gruppenbelastung mit Hilfe von Eye Tracking zu untersuchen, ist eine Aufgabe erforderlich, welche die Aspekte der visuellen Aufmerksamkeit und der Kollaboration verknüpft. Wie im vierten Kapitel bereits erwähnt worden ist, hat sich im Rahmen der Seminararbeit zum Bachelorprojekt und des Bachelorprojekts das Spiel *Collaborative Tetris* als möglicher Kandidat etabliert. *Collaborative Tetris* ist ein kollaboratives Videospiel, welches analog zum klassischen *Tetris* aufgebaut ist. Im Gegensatz zur gewöhnlichen Variante des Spiels *Tetris*, fallen bei der kollaborativen Version jedoch zwei Steine gleichzeitig herunter. Dabei steuert der erste Spieler den ersten und der zweite Spieler den anderen Stein. Kommunikation und Koordination sind dabei erforderlich, um sich abzusprechen und aufeinander abzustimmen, wo man die Tetrissteine am geschicktesten platziert. Das Ziel des Spiels liegt darin möglichst viele Reihen zu eliminieren und das Spielbrett nicht mit Tetrissteinen zu überfüllen. Erwähnenswert ist an dieser Stelle auch das Feature, dass die Spieler die Tetrissteine nicht aneinander vorbei schieben können, sodass die Teilnehmer gefordert sind die Steine taktisch zu platzieren. Das im Rahmen des Bachelorprojekts erstellte Programm, ist dabei mit einer wichtigen Anpassung für die Studie im Vorhaben dieser Arbeit übernommen worden. Diese Modifikationen sind hierbei einerseits die Anpassung der Fallgeschwindigkeiten der Puzzlestücke in den drei Schwierigkeitsgraden (Level 1, Level 2 und Level 3). Während im ersten Level die Puzzlesteine alle 750 Millisekunden um einen Block nach unten bewegt werden, sind es im zweiten Level 500 Millisekunden und im dritten Level 300 Millisekunden. Da ursprünglichen Fallgeschwindigkeiten im Rahmen des Pilottests von den Teilnehmern als zu schnell empfunden worden sind, sind diese angepasst worden.

5.2 Probanden

Für die Studie sind 26 Probanden eingeladen worden, welche in 13 Zweiergruppen zugeordnet worden sind. In der Auswertung werden von den 26 Probanden bzw. 13 Gruppen aufgrund von technischen Problemen mit den Eye Trackern oder unvollständigen Angaben in den Fragebögen im Datensatz nur 18 Teilnehmer bzw. neun Zweiergruppen berücksichtigt. Alle Daten der Zweierteams, die in der Auswertung aufgenommen werden, haben angegeben, dass sie ihr zugeordnetes Gruppenmitglied kennen. Das durchschnittliche Alter der Probanden, deren Daten in der Analyse berücksichtigt werden ist bei 23 Jahren gelegen. Von den 18 Probanden sind acht Teilnehmer männlichen und zehn Teilnehmer weiblichen Geschlechts gewesen. Alle Teilnehmer sind Studierende an der Universität Konstanz und haben angegeben, dass sie das Spiel Tetris kennen. Bis auf einen Probanden, der angegeben hat, dass er Tetris gelegentlich aber dafür regelmäßig spielt, haben alle anderen Teilnehmer angegeben, dass sie Tetris eher selten spielen und folglich ein vergleichsweise gleich hohes Niveau an Vorerfahrung besteht. Für die Teilnahme an der Studie sind alle 26 Teilnehmer mit 10,- Euro vergütet worden.

5.3 Erhebungsmittel & Maße

Für die geplante Studie werden mehrere Erhebungsmittel genutzt. Einerseits werden zwei mobile *Eye Tracker* der Firma Pupil Labs, welche eine Open Source Software zur Aufnahme der Augendaten anbietet, verwendet. Um Rückschlüsse auf die individuelle kognitive Belastung über die physiologisch objektiven Erhebungsmittel schließen zu können, stehen die Pupillendaten und die Blinzelraten zur Verfügung. Der durchschnittliche Pupillendurchmesser in einem Durchlauf gibt hierbei Indizien auf die persönlichen Belastungszustände wieder. Des Weiteren wird der *Index of Pupillary Activity*, welcher im Abschnitt 2.4.1 erwähnt worden ist, genutzt, um die individuelle Belastung über Frequenzen im Pupillensignal (in Hz) abzuschätzen. Ein weiteres Indiz für die individuelle kognitive Belastung durch die physiologischen Maße sind die aufgezeichneten persönlichen Blinzelraten. Für die Abschätzung der Gruppenbelastung wird der im Abschnitt 4.3 vorgestellte *Index der Gruppenbelastung* genutzt. Zudem werden auch die *Areas of Interest* untersucht, um zu prüfen, ob sich die Blickaufmerksamkeit der Probanden bei zunehmender Belastung bzw. bei anderen Spielbedingungen ebenfalls ändern. Zum Anderen werden auch subjektive Maße genutzt, um die individuelle als auch die gruppenbezogene kognitive Belastung zu erheben. Bei diesen subjektiven Maßen handelt es sich einerseits um den *NASA Task Load Index* (individuelle Belastung) und um den *Team Workload Assessment* (Gruppenbelastung), welche im vorherigen Kapitel vorgestellt worden sind. Auf die kognitive

Belastung (individuell und gruppenbezogen) wird dabei jeweils durch das Rating der Probanden zurückgeschlossen. Schließlich wird auch ein Interview genutzt, um die Ergebnisse aus den physiologisch-objektiven Maßen und den subjektiven Maßen zu validieren.

5.4 Prozedur

Der Ablauf der Studie hat mit einer Begrüßung und Aufklärung der Teilnehmer begonnen. Die Probanden sind darüber aufgeklärt worden, was das Ziel der Studie ist, wie diese ablaufen wird und was von Ihnen verlangt wird. Diese Information haben die Probanden einerseits schriftlich auf dem Willkommensschreiben, andererseits aber auch nochmal mündlich durch den Studienleiter erhalten. Im Anschluss ist um die schriftliche Einverständniserklärung der Probanden gebeten worden und mit Hilfe eines demografischen Fragebogens sind demografische Merkmale erhoben worden, sodass ein Bild über die Studienteilnehmer (Abschnitt 5.2) beschrieben werden kann. Daraufhin durften die Versuchspersonen sich vor den Bildschirm setzen, die Controller in die Hand nehmen und eine Proberunde spielen, sodass diese sich mit der Steuerung von *Collaborative Tetris* vertraut machen können. Nach der Proberunde sind die Probanden mit den mobilen *Eye Trackern* ausgestattet und die Geräte jeweils individuell kalibriert worden. Nach erfolgreicher Kalibrierung durften die Versuchspersonen das Spiel im ersten Schwierigkeitsgrad, entsprechend der nachfolgenden Tabelle 1, spielen und ihre Augendaten sind dabei jeweils aufgezeichnet worden. Hierbei spiegelt eine höhere Nummer des Schwierigkeitsgrades

Gruppe	gespielte Reihenfolge der Schwierigkeitsgrade
1	1, 2, 3
2	2, 1, 3
3	3, 2, 1
4	3, 1, 2
5	1, 3, 2
6	2, 1, 3
7	2, 3, 1
8	3, 2, 1
9	1, 3, 2

Tabelle 1 Counterbalancing der ausgewählten neun Gruppen

eine größere Komplexität in der Aufgabe wieder, da die Tetrissteine hierbei jeweils schneller fallen. Da es bei der Durchführung der Studie zu Messfehlern gekommen ist oder manche Fragebögen nur lückenhaft ausgefüllt worden sind, werden in der Analyse nur neun Gruppen berücksichtigt. Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad haben die Teilnehmer zwei Fragebögen (*NASA Task Load Index & Teamworkload Assessment*) erhalten und ausgefüllt. Nachdem der

letzte Schwierigkeitsgrad und die zugehörigen Fragebögen ausgefüllt worden sind, hat noch ein Interview stattgefunden, in welchem Rückfragen in Bezug auf die erlebte Belastung gestellt worden sind. Schließlich haben die Probanden eine Kompensation in Höhe von 10,- € erhalten. Im Anhang A finden sich die Dokumente wieder, die im Rahmen dieser Prozedur verwendet worden sind.

Der nachfolgenden Abbildung 1 zeigt eine Bildaufnahme vom Studiensetting mit zwei Teilnehmern.



Abbildung 1 Studiensetting mit zwei Teilnehmern

5.5 Analyse der einzelnen Gruppen

In den folgenden Unterabschnitten wird zunächst jede Gruppe einzeln analysiert um die individuellen Gegebenheiten und Besonderheiten herauszustellen. Anschließend werden die Daten in aggregierter Form präsentiert.

5.5.1 Analyse der ersten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der ersten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 1“ und das zweite mit „Teilnehmer 2“ bezeichnet. Die erste Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 1,2,3 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der ersten Gruppe. Im Anhang B finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Index der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 1 bzw. Teilnehmer 2 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 2 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und dessen Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet worden.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 1	Abweichung Teilnehmer 1	Durchschnitt Teilnehmer 2	Abweichung Teilnehmer 2	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	3,76	0,27	5,27	0,36	60,40	4,00
2	4,42	0,52	4,71	0,31	68,89	7,49
3	5,07	0,68	5,29	0,49	78,86	9,86

Tabelle 2 Zusammenfassung der Pupillenwerte der ersten Gruppe

Wie man Tabelle 2 entnehmen kann, hat Teilnehmer 1 bei höheren Schwierigkeitsgraden einen Anstieg in seiner durchschnittlichen Pupillenweite verzeichnet. Bei Teilnehmer 2 hingegen ist die durchschnittliche Pupillenweite im zweiten Level gesunken und im dritten Level wieder angestiegen. Dies könnte ein Indiz darauf sein, dass beide Teilnehmer die kognitive Belastung bei der Aufgabe verschieden erfahren haben und folglich unterschiedlich ausgeprägte Belastungszustände gehabt haben. Der durchschnittliche Index der Gruppenbelastung zeigt in dieser Gruppe einen Anstieg bei jedem Level, was darauf hindeuten könnte, dass die Gruppe als Ganzes stärker belastet worden ist, sofern der Schwierigkeitsgrad manipuliert worden ist. Im Anhang B finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweite und des Index der Gruppenbelastung.

Des Weiteren ist auch für die Gruppenmitglieder der jeweilige *Index of Pupillary Activity* bestimmt worden. Die einzelnen Werte sind in folgender Tabelle 3 zusammengefasst und auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	IPA Teilnehmer 1	IPA Teilnehmer 2
1	0,12	0,02
2	0,12	0,02
3	0,06	0,11

Tabelle 3 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2

Wie man der Tabelle 3 entnehmen kann ist der *Index of Pupillary Activity* bei beiden Teilnehmern der dieser Gruppe eher gleich geblieben. Während Teilnehmer 1 einen höheren Wert aufweist als sein Partner, könnte man vermuten, dass dieser Proband höher belastet gewesen ist. Änderungen beim *Index of Pupillary Activity* sind hierbei auf dem dritten Level erkennbar. Hier scheint sich das Szenario jedoch gewechselt zu haben: den Werten nach ist Teilnehmer 2 im dritten Level höher belastet gewesen als Teilnehmer 1.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 4 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 1	Blinks Teilnehmer 2
1	113	94
2	120	144
3	89	192

Tabelle 4 Blinzelraten von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2

Wie man der Tabelle 4 entnehmen kann, ist die Blinzelrate von Teilnehmer 1 in den ersten beiden Schwierigkeitsstufen vergleichsweise gleich hoch, während in der dritten Stufe die Blinzelrate stärker zurückgegangen ist. Dies könnte darauf hindeuten, dass Teilnehmer 1 im dritten Level höher belastet gewesen sein könnte als in den anderen Leveln. Bei Teilnehmer 2 hingegen ergibt sich ein anderes Szenario: seine Blinzelraten sind bei einem höheren Schwierigkeitsgrad gestiegen, was den Rückschluss liefern könnte, dass die zunehmende Schwierigkeit der Aufgabe diesen Probanden nicht beeinflusst hat. Ein Effekt ist in dieser Hinsicht eher bei Teilnehmer 1 zu verzeichnen.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzeldaten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 2 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

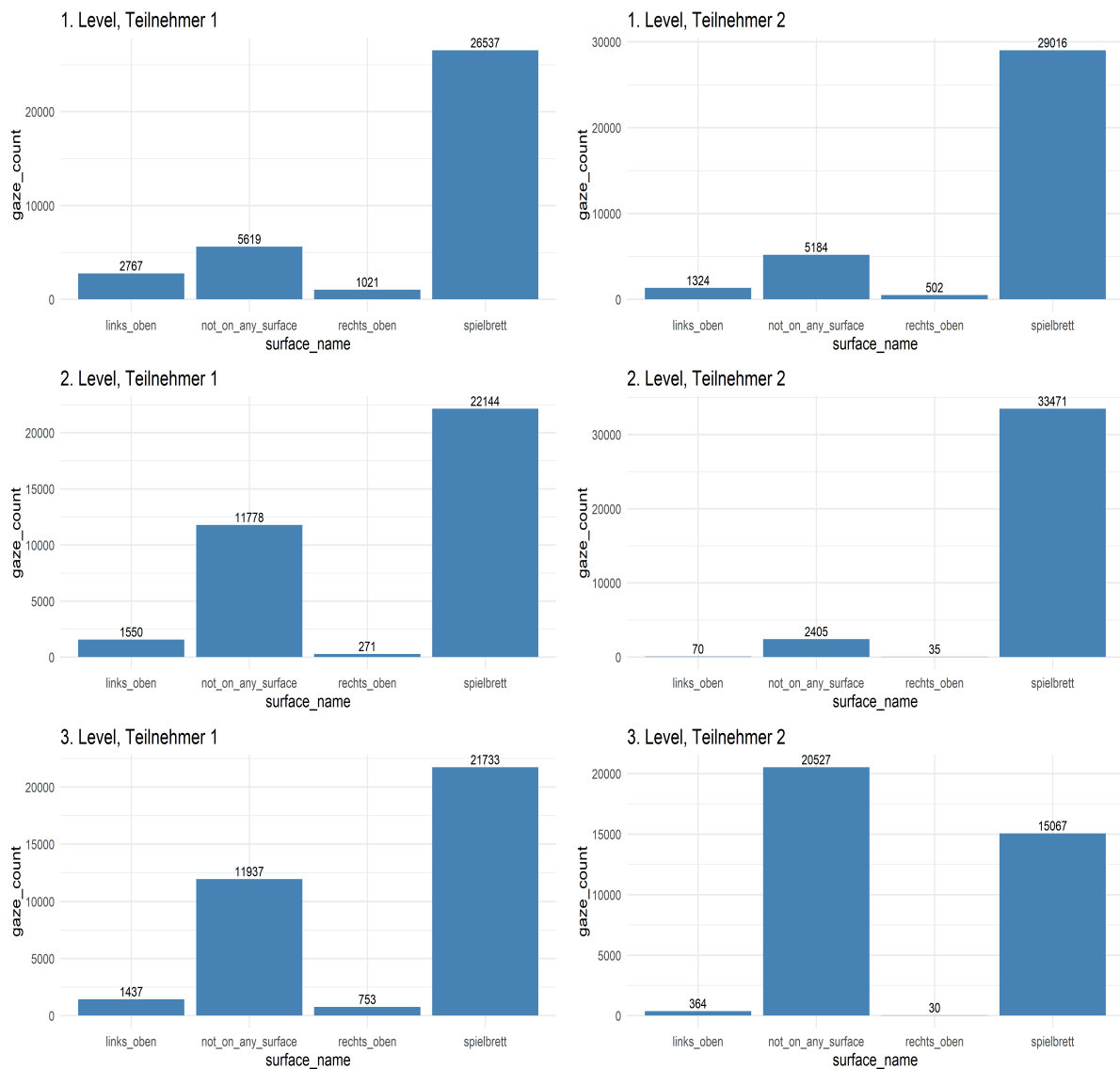


Abbildung 2 Areas of Interest der ersten Gruppe

Wie man der Abbildung 1 entnehmen kann, ist die größte Blickaufmerksamkeit beider Teilnehmer auf dem Hauptspielbrett gewesen. Dieses Phänomen hat sich bei zunehmendem Schwierigkeitsgrad nicht geändert. Auffällig ist hierbei jedoch, dass beide Probanden in den höheren Schwierigkeitsgraden vermehrt außerhalb der Spielfläche geblickt haben.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2 auf, wobei diese auf eine Nachkommastelle gerundet worden sind.

Level	NASA TLX Teilnehmer 1	TWA Teilnehmer 1	NASA TLX Teilnehmer 2	TWA Teilnehmer 2
1	22,3	31,9	12,7	28,5
2	49	54,3	22,3	34,2
3	67,3	70,2	31	37,5

Tabelle 5 Subjektive Belastung von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2

Wie man Tabelle 5 entnehmen kann, zeigt sich bei beiden Teilnehmern ein höheres Rating mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad. Dieser Effekt ist sowohl für die individuelle kognitive Belastung, als auch im Bereich der Gruppenbelastung ersichtlich. Demnach hat der steigende Schwierigkeitsgrad einen Einfluss auf die kognitive Belastung gehabt. An dieser Stelle ist noch anzufügen, dass Teilnehmer 2 ein geringeres Rating angibt als sein Partner. Demnach war er geringer belastet als sein Mitspieler, was zwar mit den Resultaten der Blinzelraten übereinstimmt, jedoch von den Resultaten der gemessenen Pupillenweiten und des *Index of Pupillary Activity* abweicht.

Interview: Nachdem beide Teilnehmer dieser Gruppe alle Schwierigkeitsgrade in ihrer zugeordneten Reihenfolge absolviert haben, ist ein kurzes Interview durchgeführt worden. Im Rahmen des Interviews haben beide Teilnehmer einstimmig ausgesagt, dass die generelle Belastung der Aufgabe (sowohl auf der individuellen als auch auf der gruppenbezogenen Ebene) verhältnismäßig als nicht besonders hoch einzuschätzen sei. Teilnehmer 1 hat beim Bearbeiten der Aufgabe die Sensitivität der Spielcontroller angesprochen, welche diesen Probanden zusätzlich belastet habe. Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2 empfanden das zweite Level als das schwerste, wobei Teilnehmer 1 zunächst der Meinung gewesen ist, dass das dritte Level das belastendste war. Das Level 2 belastender gewesen sei, begründen die Probanden damit, dass man in den zuvor gespielten Schwierigkeitsgraden bereits Vorerfahrung gesammelt hat, was wiederum die Belastung im dritten Level reduziert hat. Da beide Teilnehmer sich kennen, sind die beiden Probanden sich darüber einig, dass die Arbeit in der Gruppe den Belastungsspiegel reduziert hat. Allerdings hat die Gruppe auch angemerkt, dass der Koordinierungsaufwand dennoch zur Belastung beigetragen habe, weshalb sowohl aus Seiten von Teilnehmer 1 und Teilnehmer 2 keine konkrete Zustimmung darüber vorliegt, ob die Arbeit in der Gruppe nun eher erleichternd gewesen sei oder eher zusätzliche Belastung verursacht habe. Für die Gruppe hat es sonst keine bemerkbaren äußeren Einflüsse gegeben, die zur Belastung beigetragen haben.

5.5.2 Analyse der zweiten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der zweiten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 3“ und das zweite mit „Teilnehmer 4“ bezeichnet. Die zweite Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 2,1,3 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der zweiten Gruppe. Im Anhang C finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Index der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 6 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 3 bzw. Teilnehmer 4 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 6 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 3	Abweichung Teilnehmer 3	Durchschnitt Teilnehmer 4	Abweichung Teilnehmer 4	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	5,07	0,37	5,77	0,58	80,55	5,81
2	4,92	0,33	6,20	0,49	78,93	5,09
3	5,05	0,41	4,94	0,83	79,37	6,35

Tabelle 6 Zusammenfassung der Pupillenwerte der zweiten Gruppe

Wie man Tabelle 6 entnehmen kann, ist der durchschnittliche Pupillendurchmesser von Teilnehmer 3 eher gleich hoch geblieben, während sein Partner deutlichere Schwankungen zeigt. Ein klarer Effekt auf Basis der durchschnittlichen Pupillenweiten ist hier nicht klar ersichtlich. Man könnte hier die Vermutung treffen, dass für diese Gruppe das individuelle kognitive Belastungsniveau relativ gleich hoch geblieben ist. Beim Index der Gruppenbelastung ist ein geringfügiger Abfall bei zweiten Level und ein ebenfalls leichter Anstieg für das dritte Level zu verzeichnen. Insgesamt ist der Index der Gruppenbelastung eher stabil geblieben, weshalb man auch auf der Gruppenebene vermuten könnte, dass die Gruppe als Ganzes eher gleichmäßig belastet gewesen ist und die Schwierigkeitsgrade einen geringeren Effekt ausgelöst haben könnten. Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung sind in Anhang C einsehbar.

Zudem ist auch für diese Gruppe der individuelle *Index of Pupillary Activity* bestimmt worden. Diese Werte (ebenfalls auf zwei Nachkommastellen gerundet) sind in nachfolgender Tabelle 7 zusammengefasst. Wie man der Tabelle 7 entnehmen kann ist den Werten

Level	IPA Teilnehmer 3	IPA Teilnehmer 4
1	0,40	0,05
2	0,40	0,05
3	0,11	0,14

Tabelle 7 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4

entsprechend die Belastung von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4 auf den ersten beiden Schwierigkeitsgraden vergleichsweise gleich hoch geblieben. Teilnehmer 3 müsste gemäß des *Index of Pupillary Activity* höher belastet gewesen sein als sein Partner. Beim dritten Level sind beide Teilnehmer vergleichsweise gleich stark belastet gewesen. Bei dieser Gruppe scheint die zunehmende Komplexität der Aufgabe keinen bemerkbaren Effekt ausgelöst zu haben.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 8 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 3	Blinks Teilnehmer 4
1	178	196
2	119	182
3	285	285

Tabelle 8 Blinzelraten von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4

Wie man der Tabelle 8 entnehmen kann, scheint die Blinzelrate bei beiden Teilnehmern mit zunehmenden Schwierigkeitsgrad gestiegen zu sein. Dies liefert den Rückschluss, dass die Belastung mit zunehmender Schwierigkeit eher gesunken sein sollte. Offenbar hat auch gemäß dieser Daten der höhere Schwierigkeitsgrad keinen Einfluss auf die Belastungszustände beider Teilnehmer gehabt.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzelraten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 3 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

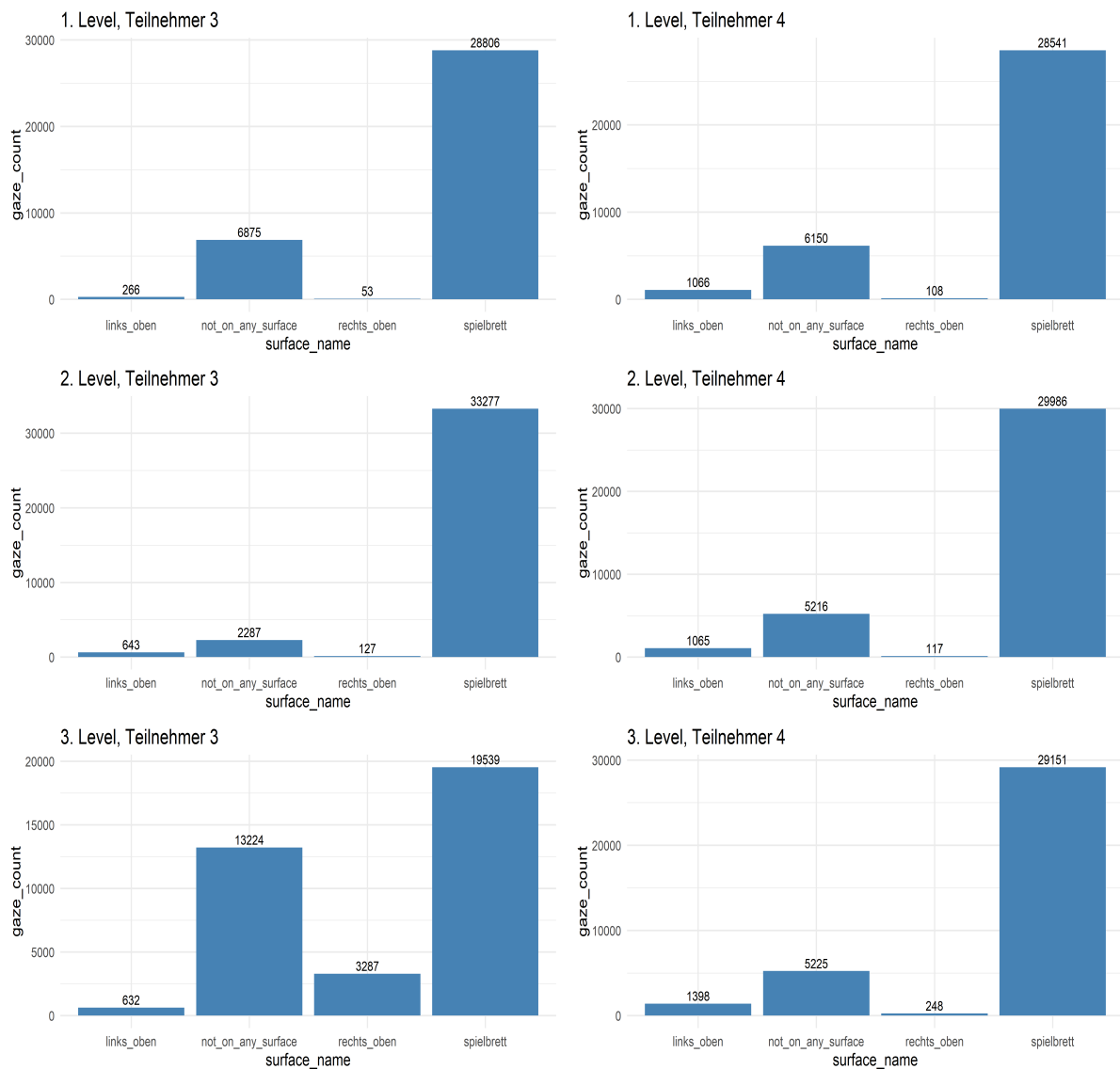


Abbildung 3 Areas of Interest der zweiten Gruppe

Wie man der Abbildung 3 entnehmen kann, ist die größte Blickaufmerksamkeit dieser Gruppe auf dem Hauptspielbrett gewesen, während die anderen definierten Oberflächen weniger betrachtet worden sind. Im höchsten Schwierigkeitsgrad ist bei Teilnehmer 3 das Phänomen zu erkennen, dass er häufiger außerhalb der definierten Bereiche geblickt hat.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4 auf, wobei diese auf eine Nachkommastelle gerundet worden sind.

Level	NASA TLX Teilnehmer 3	TWA Teilnehmer 3	NASA TLX Teilnehmer 4	TWA Teilnehmer 4
1	5	25,7	5	17,9
2	11,7	29,6	16	27,5
3	19,3	35,6	26,7	34

Tabelle 9 Subjektive Belastung von Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4

Wie man Tabelle 9 entnehmen kann, ist bei beiden Teilnehmern mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad ein höheres Rating in der Belastung zu verzeichnen. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass die Ratings beider Probanden eher niedrig sind, was darauf hindeuten könnte, dass die Belastung im Allgemeinen eher gering gewesen sein könnte. Die Schwankungen zwischen Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4 sind dabei sowohl beim *NASA Task Load Index* als auch beim *Team Workload Assessment* untereinander vergleichbar gleich hoch, was auch darauf hindeuten könnte, dass die Belastung in der Gruppe ausbalanciert gewesen sein könnte.

Interview: Nachdem Teilnehmer 3 und Teilnehmer 4 die einzelnen Durchläufe gespielt haben, hat ein Interview stattgefunden. Im Interview ist dabei gefragt worden, wie die generelle Belastung (sowohl individuell als auch in Bezug auf die Gruppe als Ganzes) empfunden worden ist. Beide Probanden sind sich hierbei einig gewesen, dass die Belastung im allgemeinen eher gering gewesen ist. Spürbar war für die Gruppe eine Änderung im Belastungszustand, als sie das dritte Level gespielt haben. Für die zweite Gruppe ist zudem die Kollisionsdetektion bei der Aufgabe ein Aspekt gewesen, der besonders belastend gewesen ist. Es wäre für beide Personen einfacher gewesen, sofern sie die Tetrissteine aneinander vorbeischieben können. Sowohl Teilnehmer 3 als auch Teilnehmer 4 sind sich darüber einig, dass der dritte Schwierigkeitsgrad der belastendste gewesen ist und die Belastung beim Spielen dieses Schwierigkeitsgrades bemerkbar höher ausgefallen sei. Die zweite Gruppe bewertet die Kollaboration eher als zusätzliche Belastung, da hierbei Zusatzanforderungen (Kommunikation, Koordination, etc.) zu handhaben seien.

5.5.3 Analyse der dritten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der dritten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 5“ und das zweite mit „Teilnehmer 6“ bezeichnet. Die dritte Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 3,2,1 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der dritten Gruppe. Im Anhang D finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Indexes der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 5 bzw. Teilnehmer 6 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 10 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 5	Abweichung Teilnehmer 5	Durchschnitt Teilnehmer 6	Abweichung Teilnehmer 6	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	4,52	0,41	5,11	0,44	53,75	4,58
2	4,97	0,42	4,86	0,48	58,24	4,43
3	5,19	0,78	5,20	0,49	60,98	8,62

Tabelle 10 Zusammenfassung der Pupillenwerte der dritten Gruppe

Wie man Tabelle 10 entnehmen kann verzeichnet Teilnehmer 5 mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad einen Anstieg in seiner Pupillenweite, wohingegen bei Teilnehmer 6 die Pupillenweite auf der zweiten Schwierigkeitsstufe am geringsten gewesen, auf Level 1 höher und auf dem dritten Level am höchsten gewesen ist. Demnach scheint das dritte Level für beide Probanden das belastendste gewesen zu sein. Auch der Index der Gruppenbelastung zeigt für diese Gruppe einen Effekt auf: mit zunehmender Schwierigkeit ist der Index der Gruppenbelastung für diese Gruppe gestiegen, was ein Indiz darauf liefert, dass die Schwierigkeitsgrade einen Effekt auf die Belastungszustände der Gruppen gehabt hat. Im Anhang D finden sich detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten beider Teilnehmer und deren Gruppenbelastung.

Zusätzlich ist auch für diese Gruppe der individuelle *Index of Pupillary Activity* berechnet worden. Die einzelnen Werte sind in nachfolgender Tabelle 11 zusammengefasst.

Level	IPA Teilnehmer 5	IPA Teilnehmer 6
1	0,04	0,32
2	0,04	0,32
3	0,08	0,07

Tabelle 11 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6

Wie man der Tabelle 11 entnehmen kann, scheinen beide Teilnehmer in den ersten beiden Leveln keine Änderungen in der Belastung zu verzeichnen. Den Werten in Tabelle 11

nach scheint Teilnehmer 6 in ersten und zweiten Level stärker belastet gewesen zu sein als sein Partner. Der *Index of Pupillary Activity* ist für Teilnehmer 6 auf dem dritten Level am niedrigsten gewesen, während sein Partner in diesem Level einen doppelt so großen Wert erreicht. Dies könnte darauf hindeuten, dass die einzelnen Gruppenmitglieder unterschiedlich stark belastet gewesen sein könnten.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 12 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 5	Blinks Teilnehmer 6
1	271	285
2	266	259
3	270	263

Tabelle 12 Blinzelraten von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6

Wie man der Tabelle 12 entnehmen kann, sind die Blinzelraten von Teilnehmer 5 relativ stabil geblieben, während Teilnehmer 6 zunächst einen Abfall in seiner Blinzelrate verzeichnet, aber dann im dritten Level wieder eine höhere Blinzelrate aufweist. Demnach lassen sich hier keine deutlichen Rückschlüsse auf Änderungen in der kognitiven Belastung der beiden Teilnehmer schließen. Man könnte jedoch die Vermutung treffen, dass Teilnehmer 5 eher gleichmäßig belastet gewesen ist und sein Partner leichte Schwankungen in der Belastung erfahren hat.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzelraten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 4 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

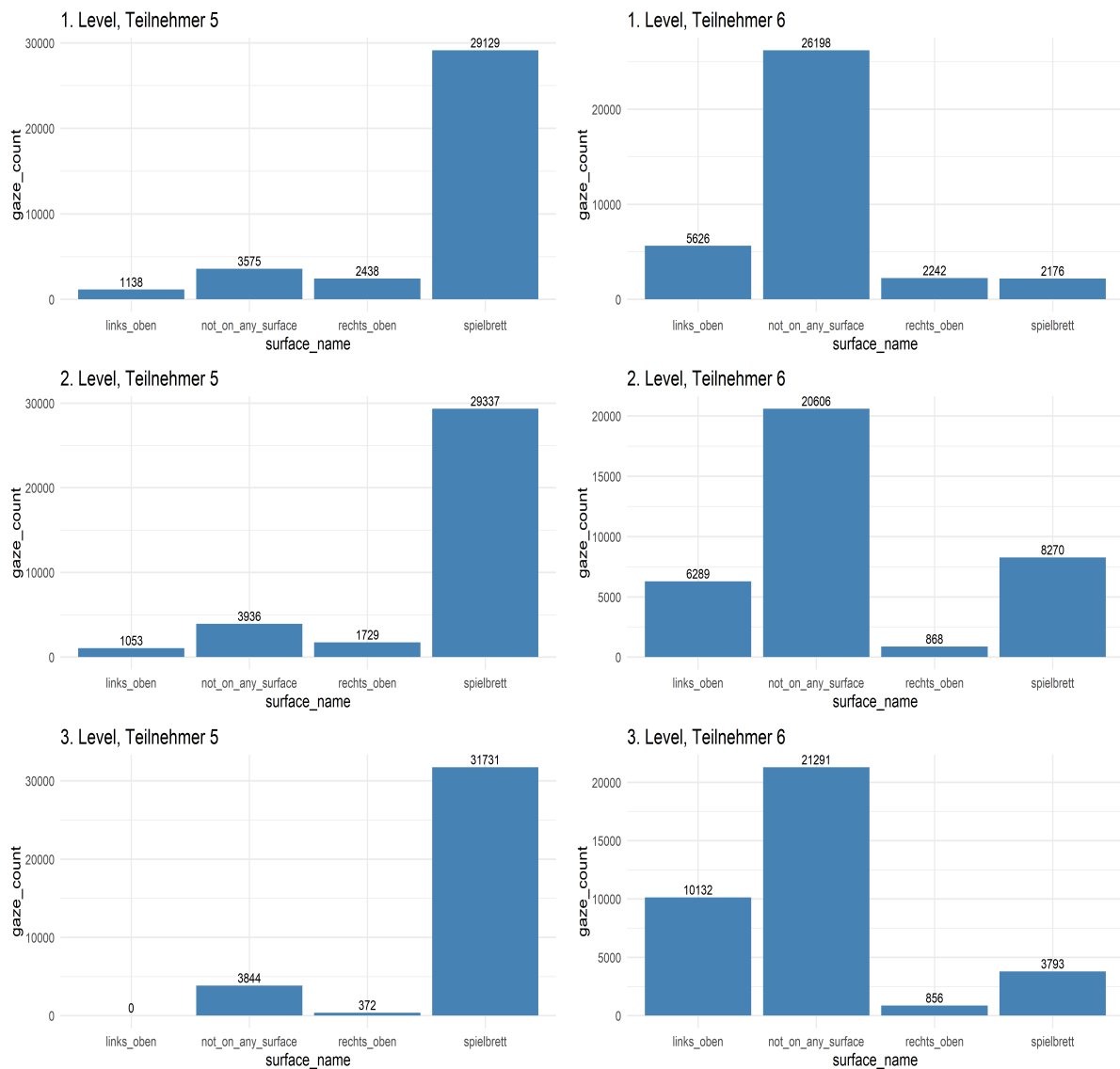


Abbildung 4 Areas of Interest der dritten Gruppe

Wie man der Abbildung 4 entnehmen kann, ist die größte Blickaufmerksamkeit von Teilnehmer 5 beim Hauptspielbrett gewesen, während sein Partner Teilnehmer 6 vermehrt außerhalb des Hauptspielbretts geblickt hat. Während die Blicke von Teilnehmer 5 mit steigendem Schwierigkeitsgrad den Fokus auf das linke und rechte Panel zurückgegangen ist, hat Teilnehmer 6 immer häufiger auf das linke Panel (bzw. seinen nächsten Tetrisstein) geblickt. Hierbei ist allerdings fraglich, ob die Aufzeichnungen der Blickrichtungen von Teilnehmer 6 akkurat gewesen sind, da ein sehr häufiges Blicken außerhalb des Spielfeldes ein Messfehler sein könnte. Eine andere Erklärung könnte aber auch darin liegen, dass Teilnehmer 6 das Spiel sehr gut beherrscht hat und sein Stück bereits zu Beginn in die richtige Position gebracht hat und abgewartet hat, bis der Stein platziert worden ist. Währenddessen könnte dieser Proband auch außerhalb des Spielfeldes geblickt haben. Dies könnte dabei auf eine eher geringe kognitive Belastung bei Teilnehmer 6 hindeuten.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6 auf, wobei diese auf eine Nachkommastelle gerundet worden sind.

Level	NASA TLX Teilnehmer 5	TWA Teilnehmer 5	NASA TLX Teilnehmer 6	TWA Teilnehmer 6
1	5	25,4	40,7	39
2	13	28,3	54,7	52,7
3	32	38,3	55	54,2

Tabelle 13 Subjektive Belastung von Teilnehmer 5 und Teilnehmer 6

Wie man der Tabelle 13 entnehmen kann, ist ein höheres Rating von beiden Teilnehmern vergeben worden, sofern in einem höheren Schwierigkeitsgrad gespielt worden ist. Demnach hat die Komplexität der Aufgabe einen Einfluss auf die kognitive Belastung im individuellen als auch auf die Gruppe als Ganzes gehabt. Den Werten nach ist Teilnehmer 6 höher belastet gewesen als sein Partner, was darauf hindeuten könnte, dass die Belastung in dieser Gruppe ungleich verteilt gewesen ist.

Interview: Nachdem die dritte Gruppe alle drei Schwierigkeitsgrade absolviert hat, ist das Interview durchgeführt worden. Zur Frage, wie diese Gruppe die allgemeine kognitive Belastung individuell und in der Gruppe beurteilen würde, kam die Antwort, dass die Belastungszustände insgesamt nicht sehr hoch gewesen sind. Ebenso hat sich im Interview herausgestellt, dass die Gruppe die Kollisionsdetektion beim Tetris als zusätzliche Belastung empfunden hat und das fehlende Zeit (vor allem im Level 3) besonders belastend gewesen sind. Das dritte Level ist ebenfalls als der schwerste Durchlauf gewertet worden, aufgrund der höheren Fallgeschwindigkeit und aufgrund der geringeren Erfahrung, da diese Gruppe den dritten Schwierigkeitsgrad als erstes gespielt hat. Auf die Frage, ob die Arbeit in der Gruppe die Belastungssituation eher erleichtert oder intensiviert hat, haben beide Teilnehmer einstimmig angegeben, dass die Gruppenkonstellation eher erleichternd für die Belastung gewesen ist. Äußere Einflüsse, die zur Belastung beigetragen haben, hat es für diese Gruppe keine gegeben.

5.5.4 Analyse der vierten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der vierten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 7“ und das zweite mit „Teilnehmer 8“ bezeichnet. Die vierte Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 3,1,2 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der vierten Gruppe. Im Anhang E finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Index der Gruppenbelastung wieder.

Pupille:

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 14 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 7 bzw. Teilnehmer 8 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 14 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 7	Abweichung Teilnehmer 7	Durchschnitt Teilnehmer 8	Abweichung Teilnehmer 8	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	5,12	0,37	7,40	0,28	83,01	5,91
2	4,42	0,26	7,01	0,28	71,80	4,17
3	4,62	0,39	8,45	2,06	75,07	6,20

Tabelle 14 Zusammenfassung der Pupillenwerte der vierten Gruppe

Wie man Tabelle 14 entnehmen kann, verzeichnet Teilnehmer 7 mit zunehmenden Schwierigkeitsgrad einen Rückgang im durchschnittlichen Pupillendurchmesser und sein Partner einen deutlichen Anstieg auf dem dritten Level. Demnach müsste die Belastung von Teilnehmer 7 eher rückläufig sein, sofern die Komplexität der Aufgabe manipuliert worden ist und bei Teilnehmer 8 umgekehrt. Der durchschnittliche Index der Gruppenbelastung ist auf dem ersten Level am höchsten und auf dem zweiten Level am niedrigsten. Detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten und zur Gruppenbelastung finden sich im Anhang E wieder.

Zu den Pupillendaten ist auch der *Index of Pupillary Activity* für jedes Gruppenmitglied bestimmt worden. Diese Werte finden sich in nachfolgender Tabelle 15 wieder. Wie man

Level	IPA Teilnehmer 7	IPA Teilnehmer 8
1	0,14	0,03
2	0,14	0,03
3	0,06	0,18

Tabelle 15 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8

den Werten in Tabelle 15 entnehmen kann, haben die Mitglieder der vierten Gruppe in den ersten beiden Schwierigkeitsgraden eine jeweils gleich hohe Belastung erfahren, während auf dem dritten Level die Belastung sich deutlich geändert hat. Den Werten des *Index of Pupillary Activity* nach sei Teilnehmer 7 auf dem dritten Level geringer belastet gewesen als sein Partner. Dem *Index of Pupillary Activity* zufolge sei das dritte Level für Teilnehmer 7 um etwas mehr als die Hälfte weniger belastend gewesen als die einfacheren Schwierigkeitsstufen. Bei Teilnehmer 8 ist dies anders. Für diesen Probanden scheint das dritte Level das belastendste gewesen zu sein. Eine bemerkbare Änderung im Belastungszustand lässt sich an dieser Stelle bei Teilnehmer 8 deutlicher erkennen.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 16 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 7	Blinks Teilnehmer 8
1	276	248
2	246	221
3	207	254

Tabelle 16 Blinzelraten von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8

Wie man der Tabelle 16 entnehmen kann, ist bei Teilnehmer 7 ein erkennbarer Rückgang der Blinzelraten verzeichnet worden. Dies lässt darauf schließen, dass die kognitive Belastung von Teilnehmer 7 sich intensiviert hat, sofern die Komplexität der Aufgabe manipuliert worden ist. Bei Teilnehmer 8 hingegen ist dieser Effekt nicht direkt zu beobachten. Bei diesem Probanden ist die Blinzelrate nur im zweiten Level zurückgegangen, aber beim dritten wieder angestiegen. Anhand der Daten lässt sich folglich nur für Teilnehmer 9 ein Effekt festhalten.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzelraten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden:

das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 5 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

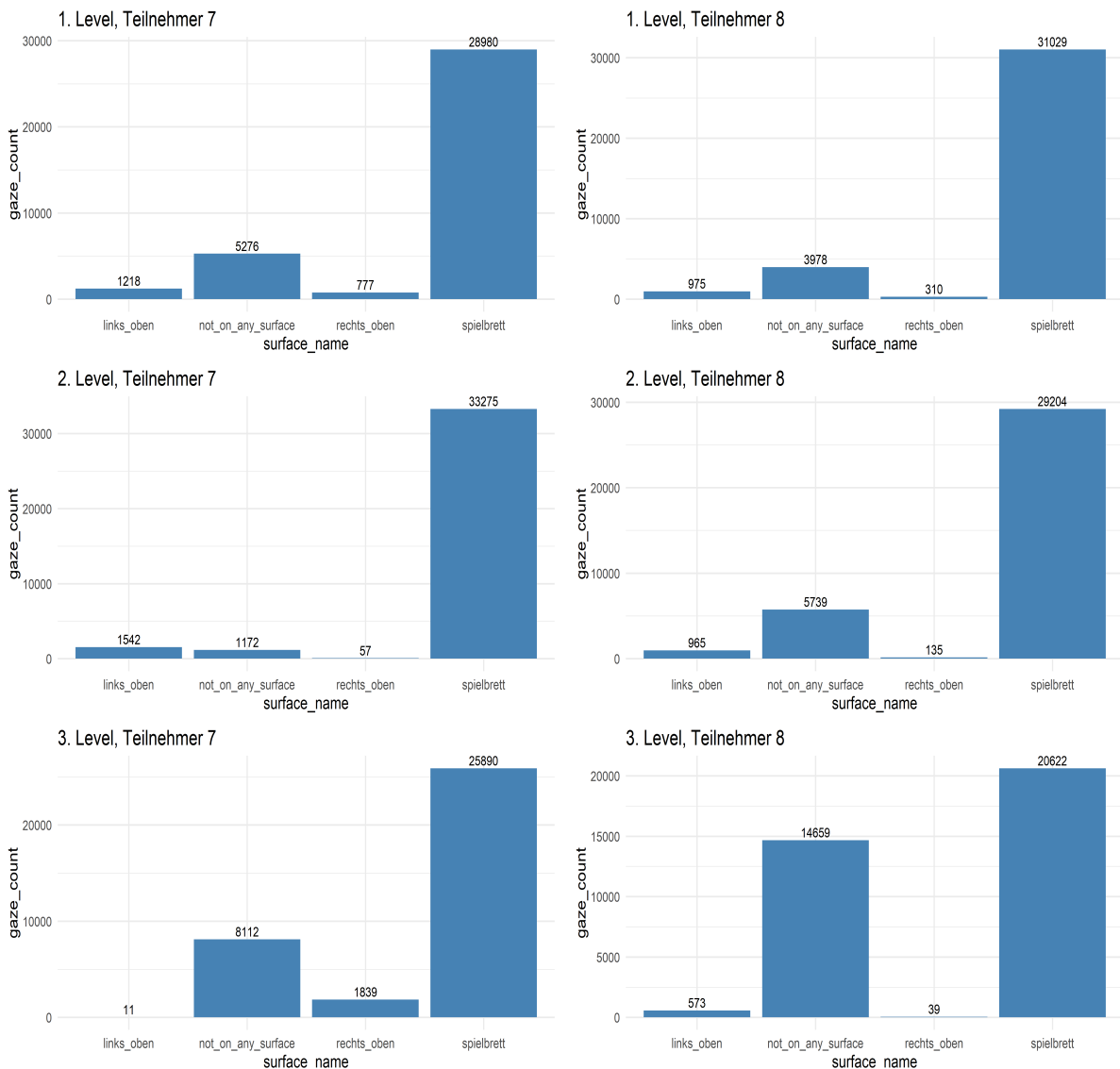


Abbildung 5 Areas of Interest der vierten Gruppe

Wie man der Abbildung 5 entnehmen kann, haben sowohl Teilnehmer 7 als auch Teilnehmer 8 die meiste Zeit auf das Hauptspielbrett geblickt. Bei Teilnehmer 8 ist auffällig, dass dieser die definierten Oberflächen häufiger nicht betrachtet hat, sofern dieser in einem höheren Schwierigkeitsgrad gespielt hat. Ob dies jedoch mit einer steigenden bzw. fallenden Belastung einhergeht bleibt an dieser Stelle offen.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 17 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8 auf, wobei diese auf eine Nachkommastelle gerundet worden sind. Wie man Tabelle 17 entnehmen kann, bewerten sowohl Teilnehmer 7

Level	NASA TLX Teilnehmer 7	TWA Teilnehmer 7	NASA TLX Teilnehmer 8	TWA Teilnehmer 8
1	11,7	32,8	6,7	15,3
2	18,3	36,8	12,7	18,5
3	70,7	68	78,3	79,7

Tabelle 17 Subjektive Belastung von Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8

als auch Teilnehmer 8 die kognitive Belastung auf individueller und auf gruppenbezogener Ebene höher, sofern sie die Aufgabe mit verstärkter Komplexität bearbeitet haben. Auffällig ist bei dieser Gruppe der hohe Anstieg der Belastung auf dem dritten Level.

Interview: Nachdem Teilnehmer 7 und Teilnehmer 8 die einzelnen Schwierigkeitsgrade gespielt haben, sind diese Probanden interviewt worden. Für beide Teilnehmer ist die allgemeine Belastungssituation eher moderat gewesen. Allerdings ist beim Interview auch herausgekommen, dass das dritte Level besonders belastend gewesen ist, da beide Teilnehmer direkt den schwersten Schwierigkeitsgrad bekommen haben und quasi noch wenig Spielerfahrung sammeln konnten. Den Angaben beider Teilnehmer nach seien Kommunikationsfehler am Anfang aufgetreten, was für eine höhere Belastung gesorgt habe. In den folgenden Schwierigkeitsgraden, haben beide Teilnehmer hingegen eine geringere Belastung erfahren. Für die Probanden sei auch die nichtlineare Reihenfolge der Level nach dem Counterbalancing eher belastend gewesen. Weiterhin hat die Gruppe angegeben, dass die Gruppenkonstellation der Belastung eher entgegengewirkt hat - mit Ausnahme beim dritten Level.

5.5.5 Analyse der fünften Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der fünften Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 9“ und das zweite mit „Teilnehmer 10“ bezeichnet. Die fünfte Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 1,3,2 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der fünften Gruppe. Im Anhang F finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Indexes der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 18 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 9 bzw. Teilnehmer 10 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 18 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 9	Abweichung Teilnehmer 9	Durchschnitt Teilnehmer 10	Abweichung Teilnehmer 10	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	3,49	0,21	6,00	0,28	85,95	4,70
2	3,90	0,21	5,57	0,28	93,95	4,60
3	3,89	0,21	4,63	0,38	91,65	4,68

Tabelle 18 Zusammenfassung der Pupillenwerte der fünften Gruppe

Wie man Tabelle 18 entnehmen kann, ist die durchschnittliche Pupillenweite von Teilnehmer 9 im ersten Level am geringsten und in den beiden anderen Stufen am höchsten ausgeprägt. Bei Teilnehmer 10 lässt sich hingegen ein Rückgang in der durchschnittlichen Pupillenweite auffinden. Dies könnte ein Indiz darauf sein, dass die Belastung für diesen Probanden mit zunehmender Schwierigkeit eher gesunken ist. Auf der Ebene der Gruppe zeigt der Index der Gruppenbelastung hingegen einen Anstieg der Belastung von Level 1 auf Level 2 und dann wieder einen Rückgang auf Level 3 auf. Demnach müsste die Gruppe beim Spielen des zweiten Levels am höchsten belastet gewesen, was die Werte der individuellen Pupillenweiten bei beiden Teilnehmern ebenfalls bestätigen. In Anhang F finden sich detaillierte Visualisierungen zu den Verläufen der Pupillenweiten und der Gruppenbelastung wieder.

Zusätzlich zu den bereits vorgeführten Daten ist auch hier der individuelle *Index of Pupillary Activity* für Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10 bestimmt worden. Diese Werte sind in nachfolgender Tabelle 19 zusammengestellt.

Level	IPA Teilnehmer 9	IPA Teilnehmer 10
1	0,09	0,08
2	0,09	0,08
3	0,12	0,08

Tabelle 19 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10

Wie man aus Tabelle 19 einsehen kann, ist die individuelle kognitive Belastung für beide Teilnehmer eher konstant geblieben. Teilnehmer 9 verzeichnet auf Level 3 eine höhere Belastung als in den anderen Schwierigkeitsgraden. Da die Werte beider Probanden nah beieinander liegen, lässt sich an dieser Stelle die Vermutung anstellen, dass beide Teilnehmer relativ gleich hoch belastet gewesen sind.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 20 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 9	Blinks Teilnehmer 10
1	32	248
2	89	221
3	24	254

Tabelle 20 Blinzelraten von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10

Wie man der Tabelle 20 entnehmen kann hat Teilnehmer 9 im zweiten Level am häufigsten gezinkert und Teilnehmer 10 auf dem dritten Level. Die niedrigste Blinzelrate findet sich bei Teilnehmer 9 auf dem dritten Level wieder und bei Teilnehmer 10 auf dem zweiten Level. Demnach müsste Teilnehmer 9 im dritten Level am stärksten belastet gewesen sein und sein Partner im zweiten Level. Demnach müsste die Belastung bei dieser Gruppe in jedem Level verschieden verteilt gewesen sein.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzelraten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 6 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

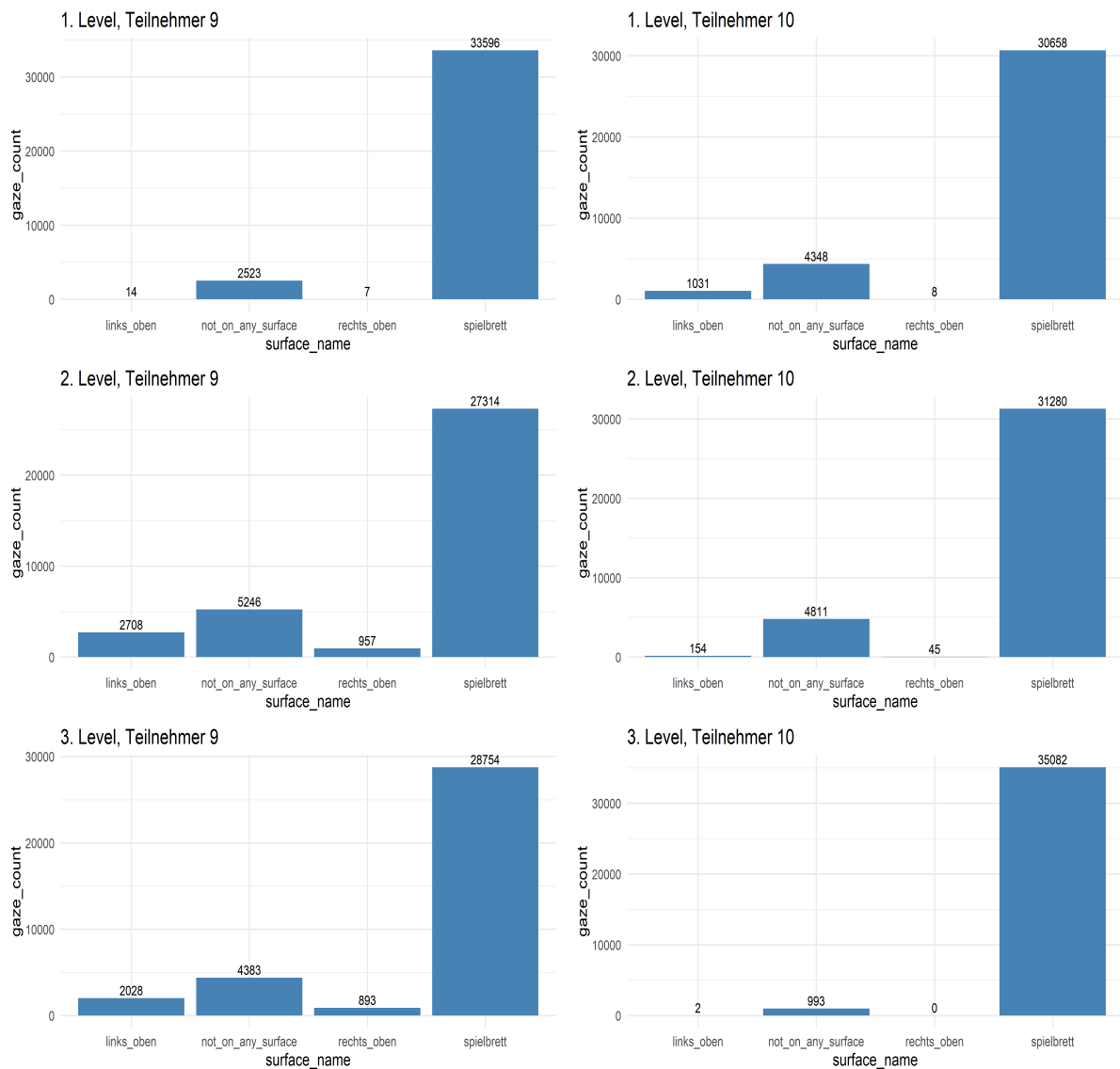


Abbildung 6 Areas of Interest der fünften Gruppe

Der Abbildung 6 lässt sich entnehmen, dass der Fokus von beiden Teilnehmern in erster Linie auf der Fläche des Spielbretts gelegen ist, und das bei jedem gespielten Schwierigkeitsgrad. Offenbar scheint die steigende Komplexität in den höheren Schwierigkeitsgraden dies kaum zu beeinflussen. Sowohl Teilnehmer 9 als auch Teilnehmer 10 haben trotz gestiegener Komplexität im vergleichsweise geringem Umfang den Blickfokus vom Hauptspielbrett genommen.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10 auf (Rundung auf eine Nachkommastelle).

Level	NASA TLX Teilnehmer 9	TWA Teilnehmer 9	NASA TLX Teilnehmer 10	TWA Teilnehmer 10
1	18,7	33,3	24,3	42,2
2	31	45,9	20	41,3
3	38,3	50,9	39,3	52,4

Tabelle 21 Subjektive Belastung von Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10

Wie man Tabelle 21 entnehmen kann, hat Teilnehmer 9 die Belastung in den höheren Schwierigkeitsgraden intensiver erfahren als in den niederen Schwierigkeitsstufen. Für Teilnehmer 10 ist nach den Werten der Tabelle 21 das zweite Level am wenigsten belastend gewesen und das dritte am meisten. Ein Aufwärtstrend ist bei Teilnehmer 9 klar erkennbar, während dieser bei Teilnehmer 10 eher bedingt auftritt.

Interview: Nachdem die fünfte Gruppe alle Schwierigkeitsgrade absolviert hat, sind die beiden Gruppenmitglieder interviewt worden. Im Allgemeinen hat auch diese Gruppe die kognitive Belastung eher gering wahrgenommen. Für beide Teilnehmer ist allerdings die höhere mentale Anforderung im dritten Level deutlich spürbar gewesen. Allerdings hat die Gruppe den dritten Schwierigkeitsgrad eher amüsant gefunden, wohingegen die anderen Stufen frustrierend gewesen seien. Level 3 ist für diese Gruppe dennoch die belastendste Schwierigkeitsstufe gewesen, was beide Teilnehmer mit der erhöhten Fallgeschwindigkeit der Tetrissteine begründen. Für die fünfte Gruppe ist die Arbeit in der Gruppe eher zweiseitig: Einerseits haben Teilnehmer 9 und Teilnehmer 10 gemerkt, dass die Gruppenkonstellation die Belastung reduziert hat, allerdings ist auch der Zusatzaufwand durch die Kommunikation und Koordination spürbar gewesen.

5.5.6 Analyse der sechsten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der sechsten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 11“ und das zweite mit „Teilnehmer 12“ bezeichnet. Die sechste Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 2,1,3 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der sechsten Gruppe. Im Anhang G finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Indexes der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 22 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 11 bzw. Teilnehmer 12 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 22 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 11	Abweichung Teilnehmer 11	Durchschnitt Teilnehmer 12	Abweichung Teilnehmer 12	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	4,63	0,24	8,33	0,66	68,13	3,39
2	4,82	0,27	6,96	0,98	70,12	4,01
3	5,07	0,31	6,77	2,05	73,61	4,62

Tabelle 22 Zusammenfassung der Pupillenwerte der sechsten Gruppe

Wie man Tabelle 22 entnehmen kann, ist bei Teilnehmer 11 die durchschnittliche Pupillenweite mit zunehmender Komplexität der Aufgabe gestiegen. Dies könnte ein Indiz auf eine Änderung in der individuellen kognitiven Belastung sein. Bei Teilnehmer 12 hingegen zeigt sich ein konträres Szenario: Seine Pupillenweite hat bei den höheren Schwierigkeitsstufen abgenommen, was die Vermutung zulässt, dass sein persönlicher Belastungszustand in den höheren Stufen geringer geworden sein könnte. Der durchschnittliche Index der Gruppenbelastung spiegelt wieder, dass die Gruppe als Ganzes mit zunehmenden Schwierigkeitsgraden verstärkt belastet gewesen ist. Anhang G zeigt detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten beider Teilnehmer auf.

Neben den zuvor dargestellten Daten dieser Gruppe, ist auch hier der *Index of Pupillary Activity* bestimmt worden. Die konkreten Werte sind der nachfolgenden Tabelle 23 zu entnehmen.

Level	IPA Teilnehmer 11	IPA Teilnehmer 12
1	0,11	0,07
2	0,11	0,07
3	0,03	0,36

Tabelle 23 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12

Wie man Tabelle 23 entnehmen kann, ist der *Index of Pupillary Activity* für beide Teilnehmer der sechsten Gruppe auf Level 1 und Level 2 jeweils gleich hoch gewesen. Eine bemerkbare Änderung lässt sich für beide Teilnehmern auf dem dritten Level feststellen. Den Werten nach ist Teilnehmer 12 im dritten Level stärker belastet gewesen als sein Partner.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 24 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 11	Blinks Teilnehmer 12
1	276	248
2	246	221
3	207	254

Tabelle 24 Blinzelraten von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12

Wie man der Tabelle 24 entnehmen kann, sind die Blinzelraten von Teilnehmer 11 in den höheren Schwierigkeitsstufen gesunken, während bei Teilnehmer 12 dieser Effekt nur bedingt zu beobachten ist. Für Teilnehmer 12 wäre den Daten der Tabelle 24 nach der zweite Schwierigkeitsgrad der belastendste gewesen, während für Teilnehmer 11 Level 3 die höchste Belastung verursacht hat. Man könnte an dieser Stelle auch den Schluss ziehen, dass die Belastungszustände in dieser Gruppe unterschiedlich ausgeprägt gewesen sind.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzelraten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 7 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

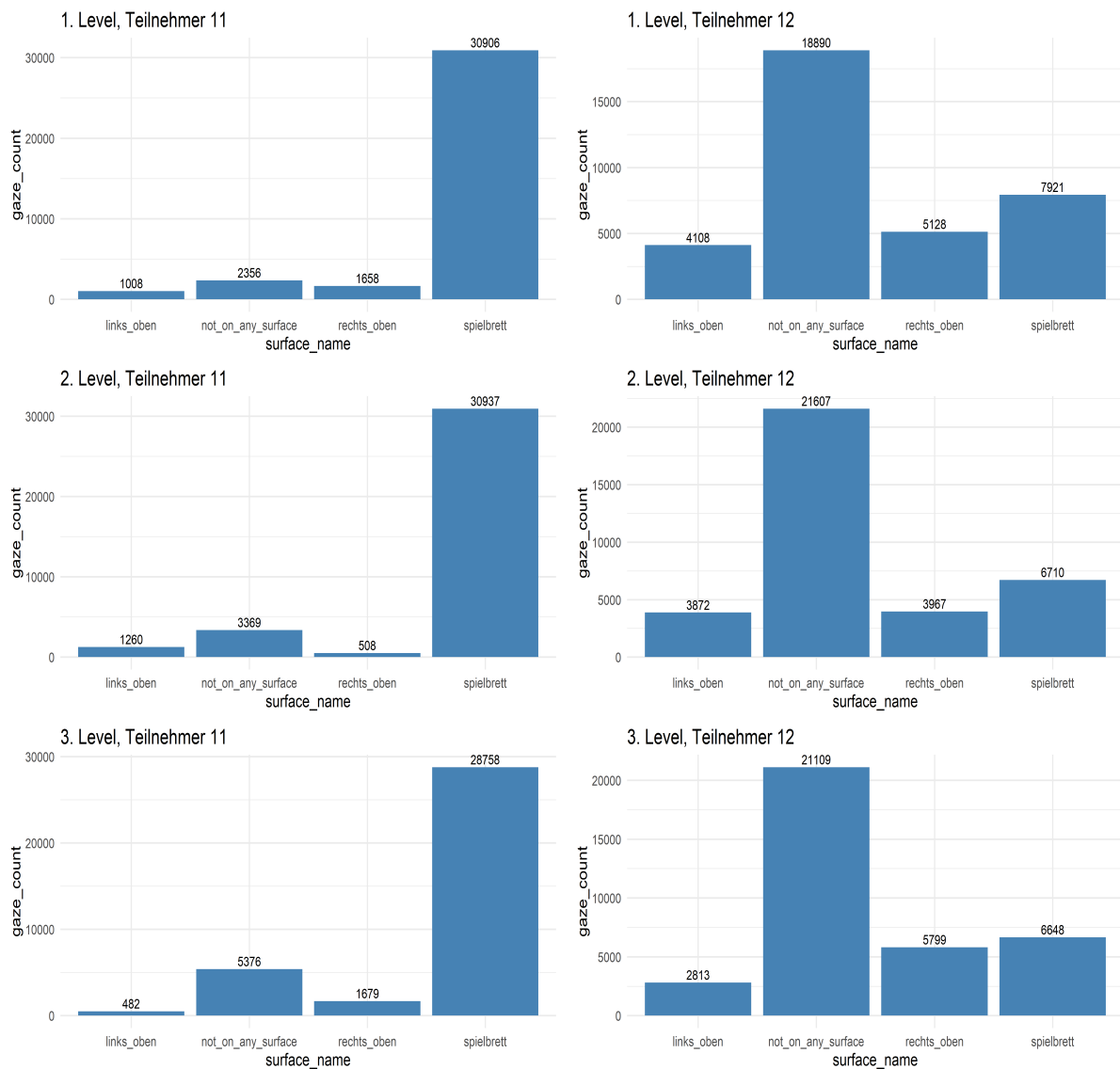


Abbildung 7 Areas of Interest der sechsten Gruppe

Wie man Abbildung 7 entnehmen kann, hat Teilnehmer 11 in allen drei Schwierigkeitsgraden seine größte Blickaufmerksamkeit dem Spielbrett gewidmet. Sein Partner hingegen habe eher weniger auf das Spielfeld geblickt sondern eher außerhalb der definierten Oberflächen. An der Stelle stellt sich jedoch die Frage, ob der *Eye Tracker* bei Teilnehmer 12 die *Areas of Interest* akkurat aufgezeichnet hat, oder ob Teilnehmer 12 möglicherweise belastungsbedingt häufig woanders geblickt hat.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12 auf (Rundung auf eine Nachkommastelle).

Level	NASA TLX Teilnehmer 11	TWA Teilnehmer 11	NASA TLX Teilnehmer 12	TWA Teilnehmer 12
1	13,3	27,9	29,4	51,9
2	31,7	32,1	29,7	48,2
3	50	50,1	70	73,9

Tabelle 25 Subjektive Belastung von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12

Wie man Tabelle 25 entnehmen kann, vergeben sowohl Teilnehmer 11 als auch Teilnehmer 12 ein jeweils höheres Rating in den höheren Schwierigkeitsgraden. Für Teilnehmer 12 scheint die gruppenbezogene Belastung auf dem zweiten Schwierigkeitsgrad eher niedriger ausgefallen zu sein. Dennoch ist bei beiden Probanden ein deutlicher Anstieg der subjektive Belastung auf dem dritten Level zu verzeichnen. Hierbei bewertet Teilnehmer 12 den Belastungszustand um knapp 20 Punkte höher als sein Partner, was ebenfalls die Vermutung zulässt, dass dieser Proband höher belastet gewesen sein könnte.

Interview: Als beide Mitglieder der sechsten Gruppe alle Schwierigkeitsgrade fertig gespielt haben, sind sie interviewt worden. Im Interview ist festgestellt worden, dass beide Teilnehmer die Belastung allgemein eher gering bewerten würden. Für beide Probanden ist die Aufgabe eher amüsant statt belastend gewesen. Dennoch haben beide Teilnehmer im dritten Level einen Anstieg in der Belastung festgestellt, weshalb die Gruppe sich darüber einig ist, dass dieser Schwierigkeitsgrad der belastendste gewesen sei. Für diese Gruppe ist zudem die Arbeit in der Gruppe weder als belastend noch als erleichternd gewertet worden. Dies haben die Teilnehmer damit begründet, dass sie sich gut kennen und auch privat oft zusammen arbeiten. Daher ist für die Teilnehmer der sechsten Gruppe dieser Umstand neutral gewertet worden.

5.5.7 Analyse der siebten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der siebten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 13“ und das zweite mit „Teilnehmer 14“ bezeichnet. Die siebte Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 2,3,1 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der siebten Gruppe. Anhang H enthält detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Indexes der Gruppenbelastung zu dieser Gruppe.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 26 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 13 bzw. Teilnehmer 14 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 26 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 13	Abweichung Teilnehmer 13	Durchschnitt Teilnehmer 15	Abweichung Teilnehmer 15	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	3,85	0,19	4,87	0,28	66,83	3,29
2	3,92	0,17	5,38	0,35	68,16	2,99
3	4,08	0,31	5,55	1,65	70,96	5,44

Tabelle 26 Zusammenfassung der Pupillenwerte der siebten Gruppe

Wie man Tabelle 26 entnehmen kann, verzeichnet Teilnehmer 13 einen Anstieg in seiner durchschnittliche Pupillenweite bei zunehmender Komplexität der Aufgabe. Dies könnte darauf hinweisen, dass sein Belastungspegel durch die höhere Komplexität beeinflusst worden ist. Bei Teilnehmer 14 zeigt sich ebenfalls dieser Effekt. Der durchschnittliche Index der Gruppenbelastung ist bei dieser Gruppe ebenfalls bei zunehmender Komplexität der Aufgabe gestiegen. Anhang H zeigt detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten beider Teilnehmer auf.

Neben den zuvor dargestellten Daten dieser Gruppe, ist auch für die siebte Gruppe der *Index of Pupillary Activity* bestimmt worden. Die konkreten Werte sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden und in der nachfolgenden Tabelle 27 zusammengefasst.

Level	IPA Teilnehmer 13	IPA Teilnehmer 14
1	0,04	0,06
2	0,04	0,06
3	0,03	0,16

Tabelle 27 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14

Wie man der Tabelle 27 entnehmen kann, verzeichnen sowohl Teilnehmer 13 als auch Teilnehmer 14 ein jeweils gleiches Belastungsniveau auf den ersten beiden Schwierigkeitsgraden. Im dritten Schwierigkeitsgrad ist Teilnehmer 14 den Werten aus der Tabelle 27 nach deutlich höher belastet gewesen als sein Partner. Es hat den Anschein, dass die kognitive Belastung bei beiden Probanden in den ersten Schwierigkeitsstufen vergleichsweise gleich verteilt gewesen ist, aber im dritten Schwierigkeitsgrad Teilnehmer 14 die Belastung in verstärkter Art und Weise erfahren hat.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 28 zeigt die aufgezeichneten Blinzelraten von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 13	Blinks Teilnehmer 14
1	56	153
2	125	108
3	117	97

Tabelle 28 Blinzelraten von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14

Wie man der Tabelle 28 entnehmen kann, verzeichnet Teilnehmer 14 einen deutlichen Rückgang in seiner Blinzelrate, sofern die Schwierigkeit der Aufgabe manipuliert worden ist. dies könnte darauf hindeuten, dass seine persönliche Belastung mit zunehmender Komplexität gestiegen sein könnte. Teilnehmer 13 hingegen verzeichnet einen Abfall der Blinzelrate von Level 2 auf Level 3, was ebenfalls mit der höheren Belastung einhergehen könnte, allerdings zeigen die Daten auf, dass Teilnehmer 13 im ersten Schwierigkeitsgrad am wenigsten geblinzelt hat. Demnach wäre das erste Level für Teilnehmer 13 das Belastendste gewesen. Allerdings könnte auch die Reihenfolge der Schwierigkeitsgrade für diese Gruppe zu Ermüdungserscheinungen geführt haben. Da diese Gruppe das erste Level zu letzt gespielt hat, könnte sich dieser Effekt bei Teilnehmer 13 auch so erklären lassen.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzeldaten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 8 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

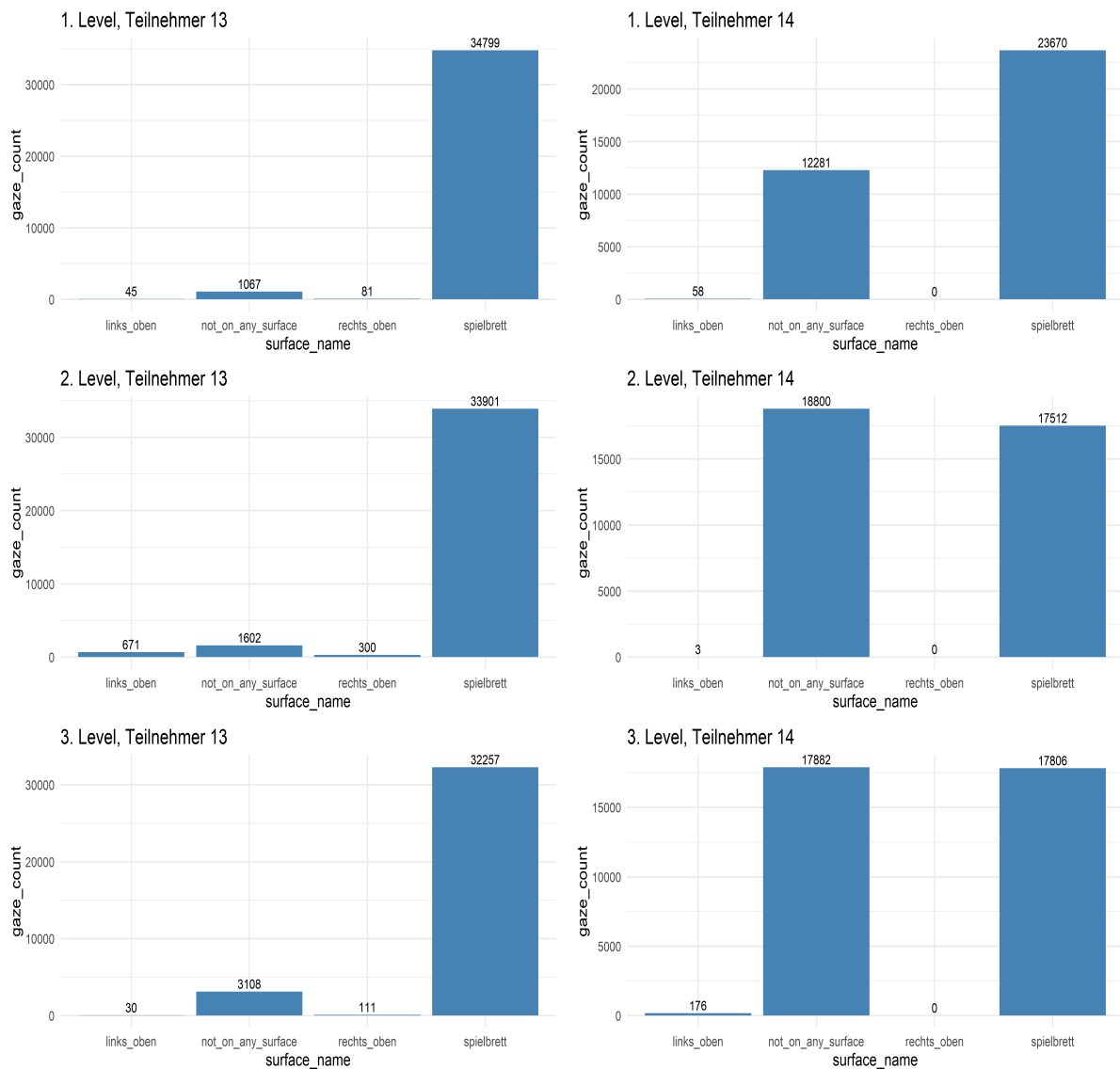


Abbildung 8 Areas of Interest der siebten Gruppe

Wie man der Abbildung 8 entnehmen kann, haben sowohl Teilnehmer 13 als auch Teilnehmer 14 ihre größte Blickaufmerksamkeit dem Hauptspielbrett gewidmet. Bei Teilnehmer 14 sind vermehrt Blicke außerhalb der definierten Oberflächen verzeichnet worden, was an der Stelle die Frage offen lässt, ob der *Eye Tracker* bei diesem Probanden die Blickpositionen richtig erfasst hat.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 29 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 11 und Teilnehmer 12 auf, wobei diese auf eine Nachkommastelle gerundet worden sind.

Level	NASA TLX Teilnehmer 13	TWA Teilnehmer 13	NASA TLX Teilnehmer 14	TWA Teilnehmer 14
1	38	42	11,7	31
2	33	44,8	24,3	36,5
3	51,3	53,4	68,3	58,4

Tabelle 29 Subjektive Belastung von Teilnehmer 13 und Teilnehmer 14

Wie man Tabelle 29 entnehmen kann, bewerten beide Mitglieder der siebten Gruppe die kognitive Belastung (individuell und gruppenbezogen) höher, sofern sie in einem höheren Schwierigkeitsgrad gespielt haben. Eine Ausnahme zeigt sich bei der individuellen Belastung von Teilnehmer 13 im zweiten Level. Nach den Werten der Tabelle 29 müsste Teilnehmer 14 im dritten Level höher belastet gewesen sein als sein Partner. Teilnehmer 13 scheint hingegen auf Level 1 und Level 2 eine höhere kognitive Belastung zu bemerken als es sein Partner auf diesen Schwierigkeitsgraden angibt. Demnach müsste die Belastung in dieser Gruppe auch verschieden aufgeteilt gewesen sein.

Interview: Nachdem die siebte Gruppe alle Schwierigkeitsgrade gespielt hat, ist dieses Team interviewt worden. Sowohl Teilnehmer 13 als auch Teilnehmer 14 haben angegeben, dass die Belastung im allgemeinen eher niedrig gewesen sei, mit Ausnahme vom Spielen des dritten Levels. Folglich hat diese Gruppe auch den dritten Schwierigkeitsgrad als den Schwersten bewertet. Für beide Teilnehmer der siebten Gruppe sei Fallgeschwindigkeit der zentralste Belastungsaspekt gewesen. Falls ein Fehler gemacht worden ist (z.B. ein Stein ist falsch platziert worden), sind beide Teilnehmer vermehrt in kritische Situationen geraten, was sie ebenfalls belastet hat. Die Arbeit in der Gruppe empfanden sowohl Teilnehmer 13 als auch Teilnehmer 14 eher erschwerend, allerdings mit der Begründung, dass in der Aufgabe die Kollisionsdetektion der Tetrissteine eingebaut ist. Ohne Kollisionsdetektion wäre diese Aufgabe für die Gruppe eher machbarer gewesen. Insgesamt hat diese Gruppe die Belastungssituation dennoch eher entspannt wahrgenommen.

5.5.8 Analyse der achten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der achten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 15“ und das zweite mit „Teilnehmer 16“ bezeichnet. Die achte Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 3,2,1 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der achten Gruppe. Im Anhang I finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Indexes der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 30 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 15 bzw. Teilnehmer 16 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 30 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 15	Abweichung Teilnehmer 15	Durchschnitt Teilnehmer 16	Abweichung Teilnehmer 16	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	5,48	0,31	5,67	0,60	92,88	4,83
2	5,59	0,30	5,19	0,34	93,65	4,69
3	5,55	0,32	5,47	0,40	93,68	5,31

Tabelle 30 Zusammenfassung der Pupillenwerte der achten Gruppe

Wie man Tabelle 30 entnehmen kann, verzeichnet Teilnehmer 15 einen leichten Anstieg in seiner durchschnittlichen Pupillenweite bei steigendem Schwierigkeitsgrad, wohingegen sein Partner keinen deutlichen Effekt zeigt. Der durchschnittliche Index der Gruppenbelastung ist dennoch mit höherem Schwierigkeitsgrad leicht angestiegen, was auf eine erhöhte Belastung in der Gruppe hinweisen könnte. Insgesamt schwanken die erzielten Werte eher geringfügig, weshalb man an dieser Stelle die Vermutung anstellen könnte, dass die Teilnehmer dieser Gruppe auf der individuellen, als auch auf der Ebene der Gruppe eher gleich stark belastet gewesen sein könnten. Anhang I zeigt detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten beider Teilnehmer auf.

Neben den zuvor dargestellten Daten dieser Gruppe, ist auch für diese Gruppe der *Index of Pupillary Activity* bestimmt worden. Die konkreten Werte sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden und in der nachfolgenden Tabelle 31 zusammengefasst.

Level	IPA Teilnehmer 15	IPA Teilnehmer 16
1	0,04	0,11
2	0,04	0,11
3	0,07	0,04

Tabelle 31 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16

Wie man der Tabelle 31 entnehmen kann, erreichen beide Probanden einen jeweils gleichen Wert in den ersten Schwierigkeitsgraden. Hierbei scheint Teilnehmer 15 höher be-

lastet gewesen zu sein als sein Partner. Auf dem dritten Schwierigkeitsgrad ist erkennbar, dass die Belastung für Teilnehmer 16 zurückgegangen ist und sein Partner einen leichten Anstieg verzeichnet. Auch hier liegt die Vermutung nahe, dass die individuellen Belastungszustände unterschiedlich ausgeprägt gewesen sein könnten.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 32 zeigt die aufgezeichneten Blinzelmessungen von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 15	Blinks Teilnehmer 16
1	170	220
2	117	189
3	130	158

Tabelle 32 Blinzelmessungen von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16

Wie man der Tabelle 32 entnehmen kann, hat Teilnehmer 16 weniger geblinzelt, sofern er in einem höheren Schwierigkeitsgrad gespielt hat. Dies könnte ein Indiz für Änderungen in seinem persönlichen Belastungszustand sein. Bei Teilnehmer 15 zeigt sich dieser Effekt hingegen im eher geringfügigen Umfang. Dieser Proband hat im Gegensatz zu Teilnehmer 16 im zweiten Schwierigkeitsgrad am wenigsten geblinzelt, was darauf hindeuten könnte, dass für ihn dieses Level am belastendsten gewesen sein könnte.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzeldaten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 9 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

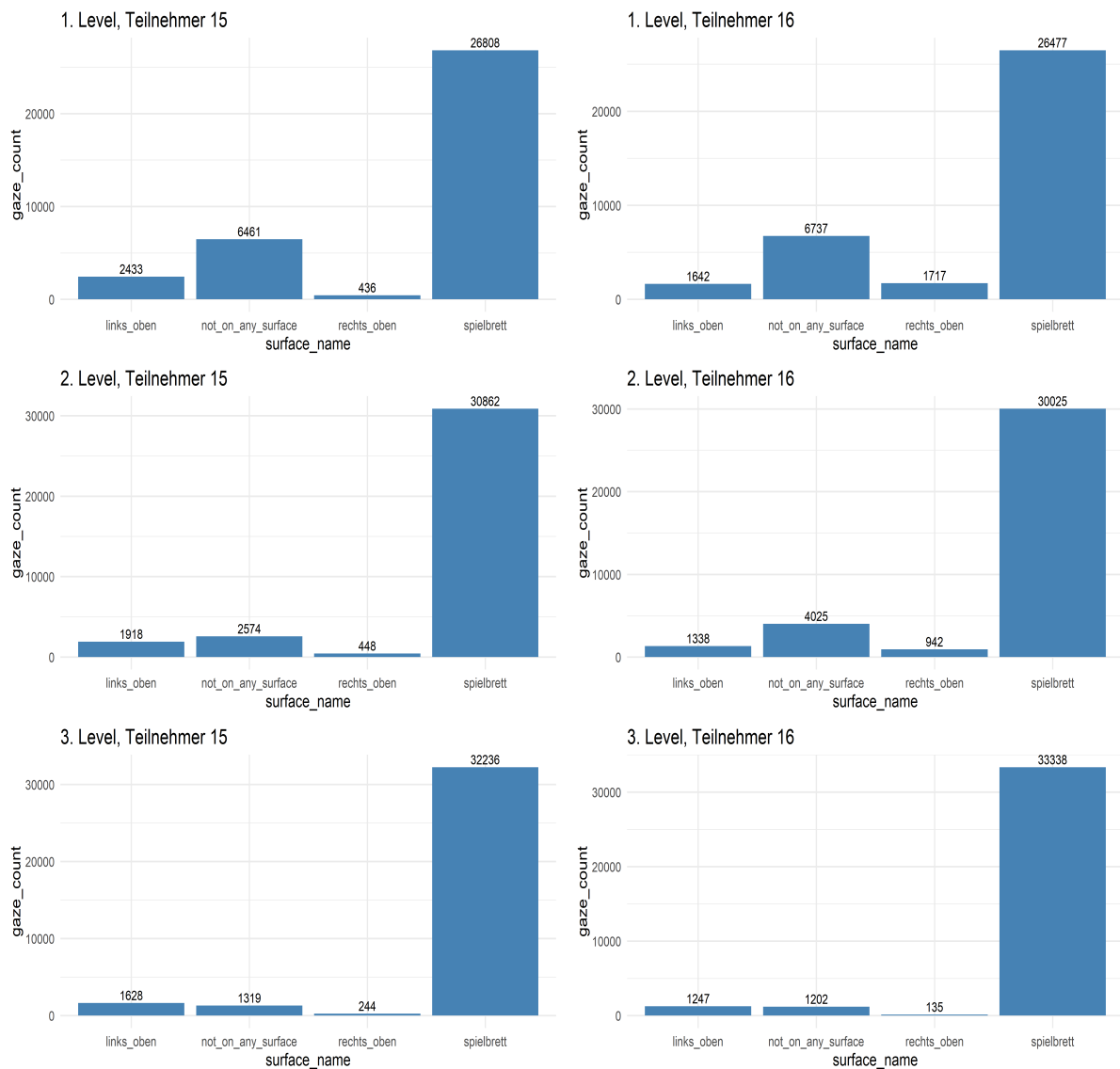


Abbildung 9 Areas of Interest der achten Gruppe

Wie man der Abbildung 9 entnehmen kann, haben sowohl Teilnehmer 15 als auch Teilnehmer 16 ihre größte Aufmerksamkeit dem Hauptspielbrett gewidmet. Bei beiden Probanden ist zudem erkennbar, dass sich deren Aufmerksamkeit etwas verstärkt zum Hauptspielbrett neigt, sofern diese in einem höheren Level gespielt haben. Dies könnte eventuell daran liegen, dass mit zunehmender Komplexität weniger Zeit für Blicke außerhalb des Spielbretts verbleibt.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 33 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16 auf (Rundung auf eine Nachkommastelle).

Level	NASA TLX Teilnehmer 15	TWA Teilnehmer 15	NASA TLX Teilnehmer 16	TWA Teilnehmer 16
1	31,3	42,1	17,7	31,3
2	49	47,1	49,7	55,9
3	61	59,7	58,3	61,2

Tabelle 33 Subjektive Belastung von Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16

Wie man Tabelle 33 entnehmen kann, haben sowohl Teilnehmer 15 als auch Teilnehmer 16 die persönlichen als auch die gruppenbezogenen Belastungszustände zunehmend größer bewertet, sofern sie in einem höheren Schwierigkeitsgrad gespielt haben. Teilnehmer 15 scheint im ersten Schwierigkeitsgrad höher belastet zu sein als sein Partner, da dieser Proband ein höheres Rating erzielt. In den folgenden zwei Schwierigkeitsgraden scheint die Belastung vergleichsweise gleich stark ausgeprägt gewesen zu sein.

Interview: Als die achte Gruppe alle Schwierigkeitsgrade fertig gespielt hat, sind beide Mitglieder dieser Gruppe interviewt worden. Im Rahmen des Interviews ist festgestellt worden, dass diese Gruppe die Belastungszustände im allgemeinen als tragbar wertet und die Aufgabe als gut durchführbar bezeichnet. Für Teilnehmer 15 und Teilnehmer 16 ist die unterschiedliche Fallgeschwindigkeit der Tetrissteine in den verschiedenen Leveln der belastendste Aspekt gewesen, weshalb diese Gruppe auch Level 3 als die schwerste Aufgabe bezeichnet, da dieser Schwierigkeitsgrad die höchste Fallgeschwindigkeit aufweist. Für die Mitglieder der siebten Gruppe ist die Arbeit in der Gruppe zum Großteil eher erleichternd für die Belastungszustände gewesen. Dennoch hat diese Gruppe auch bemerkt, dass der Aufwand bezüglich der Kommunikation und Koordination auch zur Belastung beigetragen hat. Insgesamt sei dieser Aufwand für Mitglieder dieser Gruppe jedoch minimal gewesen.

5.5.9 Analyse der neunten Gruppe

Nachfolgend werden die erhobenen Daten der neunten Gruppe präsentiert. Da mehrere Erhebungsmittel verwendet worden sind, erfolgt die Analyse auf diesen entsprechenden Ebenen (physiologische Daten, subjektive Daten, Ergebnisse des Interviews). Um Rückschlüsse auf personenbezogene Informationen auszuschließen wird das erste Mitglied dieser Gruppe mit „Teilnehmer 17“ und das zweite mit „Teilnehmer 18“ bezeichnet. Die neunte Gruppe hat die einzelnen Schwierigkeitsgrade in der Reihenfolge 1,3,2 gespielt.

Physiologische Daten: Dieser Abschnitt präsentiert die erhobenen physiologischen Daten der Teilnehmer der neunten Gruppe. Im Anhang J finden sich zu dieser Gruppe detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupille und des Verlaufs des Indexes der Gruppenbelastung wieder.

1. Pupille

Die nachfolgende Tabelle 34 zeigt die durchschnittlichen Pupillenweiten (in Millimeter) und die zugehörige Standardabweichung von Teilnehmer 17 bzw. Teilnehmer 18 für jedes gespielte Level auf. Zudem zeigt die Tabelle 34 auch den durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung und die zugehörige Standardabweichung. Alle aufgezeichneten Werte sind hierbei auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Level	Durchschnitt Teilnehmer 17	Abweichung Teilnehmer 17	Durchschnitt Teilnehmer 18	Abweichung Teilnehmer 18	Durchschnitt IGB	Abweichung IGB
1	5,38	0,54	4,46	0,27	46,04	4,21
2	4,29	0,40	3,96	0,28	37,22	3,22
3	5,65	1,23	4,64	0,28	48,30	9,22

Tabelle 34 Zusammenfassung der Pupillenwerte der neunten Gruppe

Wie man Tabelle 34 entnehmen kann, ist die durchschnittliche Pupillenweite bei Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18 jeweils im dritten Level am höchsten gewesen. Dies könnte darauf hindeuten, dass in diesem Schwierigkeitsgrad die kognitive Belastung am höchsten gewesen sein könnte. Die geringste durchschnittliche Pupillenweite ist jeweils im zweiten Level gemessen worden. Einerseits könnte dies darauf hindeuten, dass in diesem Schwierigkeitsgrad die Belastung am geringsten gewesen ist, aber andererseits ist auch darauf hinzuweisen, dass diese Gruppe das zweite Level zuletzt gespielt hat. Die Belastung könnte folglich auch durch Trainingseffekte gesunken sein. Ein ähnliches Abbild zeigt sich beim durchschnittlichen Index der Gruppenbelastung dieser Gruppe. Dieser ist im dritten Level am größten und im zweiten Level am geringsten gewesen. Anhang J zeigt detaillierte Visualisierungen zum Verlauf der Pupillenweiten beider Teilnehmer auf.

Neben den zuvor dargestellten Daten dieser Gruppe, ist auch für diese Gruppe der *Index of Pupillary Activity* bestimmt worden. Die konkreten Werte sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden und in der nachfolgenden Tabelle 35 zusammengefasst.

Level	IPA Teilnehmer 17	IPA Teilnehmer 18
1	0,15	0,24
2	0,15	0,24
3	0,23	0,14

Tabelle 35 Index of Pupillary Activity (IPA) von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18

Wie man Tabelle 35 entnehmen kann, ist der *Index of Pupillary Activity* für Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18 im ersten und zweiten Level jeweils gleich hoch gewesen. Teilnehmer 18 müsste den Werten nach höher belastet gewesen sein als sein Partner. Im dritten Level scheint sich das Szenario umzudrehen: Teilnehmer 17 verzeichnet einen deutlich höheren Wert als Teilnehmer 18. Zudem liegt auch hier die Vermutung nahe, dass die Belastung für Teilnehmer 18 im dritten Level geringer gewesen sein könnte als in den anderen Schwierigkeitsgraden.

2. Blinzeln

Die nachfolgende Tabelle 36 zeigt die aufgezeichneten Blinzelmessungen von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18 auf.

Level	Blinks Teilnehmer 17	Blinks Teilnehmer 18
1	193	108
2	243	102
3	262	67

Tabelle 36 Blinzelmessungen von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18

Wie man Tabelle 35 entnehmen kann ist bei Teilnehmer 18 das Blinzeln zurückgegangen, sofern die Komplexität der Aufgabe erhöht worden ist. Dieser Effekt lässt sich bei Teilnehmer 17 hingegen nicht feststellen. Da die Häufigkeit des Blinzeln bei Teilnehmer 17 mit zunehmender Komplexität zunimmt, könnte man an dieser Stelle vermuten, dass sein Belastungsniveau eher gesunken ist, sofern dieser Proband in einem anderen Schwierigkeitsgrad gespielt hat. Hier zeigt sich ein Effekt in Bezug zur kognitiven Belastung eher bei Teilnehmer 18.

3. Areas of Interest

Neben den Pupillen- und Blinzeldaten sind auch die Blickrichtungen der Teilnehmer aufgezeichnet worden bzw. die Information darüber, wohin und wie oft die Teilnehmer hingeschaut haben (*Areas of Interest*). Für die Aufgabe sind vier Regionen definiert worden: das Hauptspielbrett, das Panel mit dem nächsten Stein des ersten Spielers, das Panel mit dem nächsten Stein des zweiten Spielers und die sonstige Fläche. Wie oft und wohin die Teilnehmer dieser Gruppe hingeschaut haben ist in nachfolgender Abbildung 10 in Form von Häufigkeitsdiagrammen zusammengefasst.

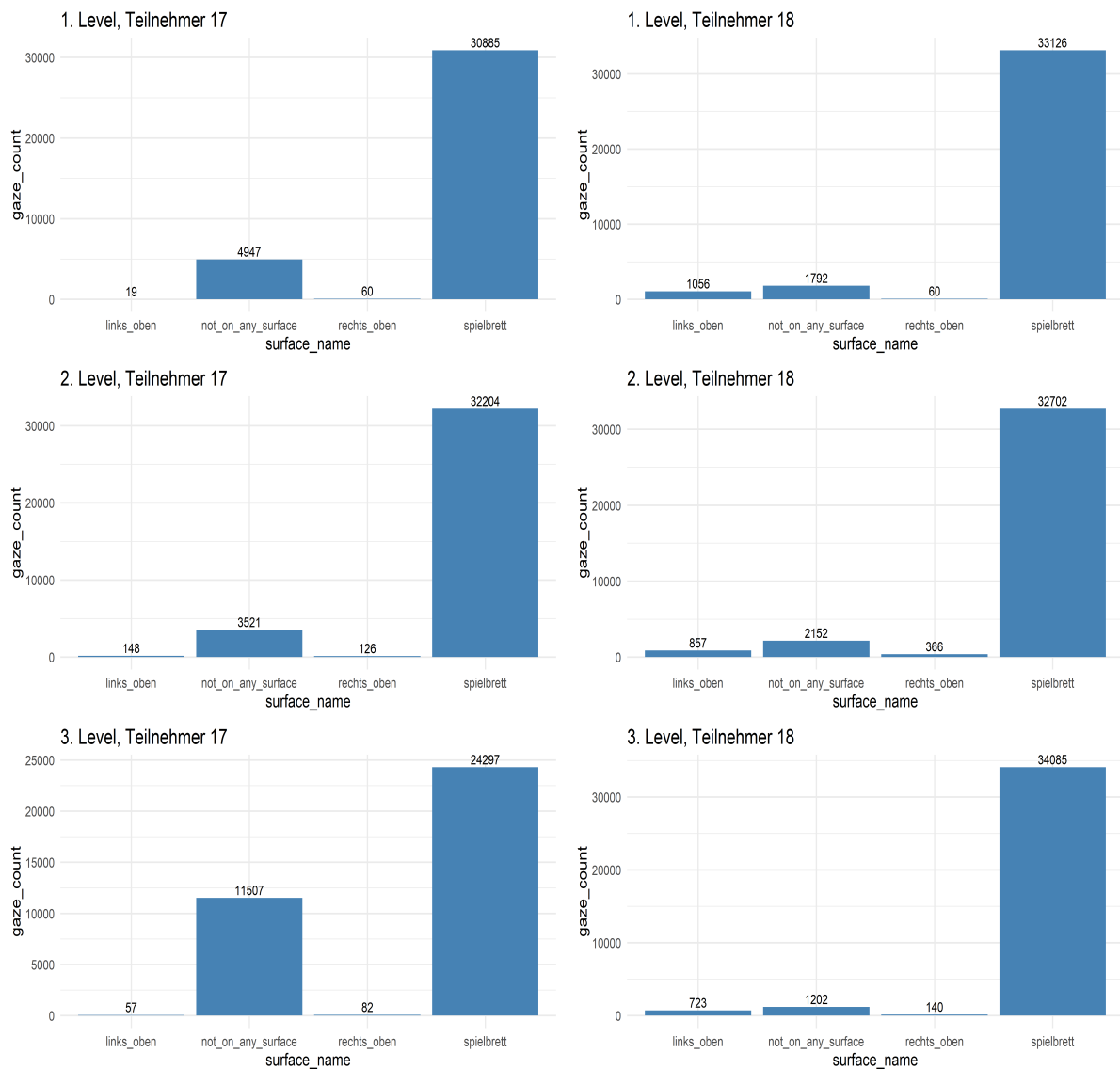


Abbildung 10 Areas of Interest der neunten Gruppe

Wie man der Abbildung 10 entnehmen kann, ist die größte Blickaufmerksamkeit auf dem Hauptspielbrett gelegen. Dies ist sowohl für Teilnehmer 17 als auch für Teilnehmer 18 der Fall. Bei Teilnehmer 17 ist zu beobachten, dass dieser häufiger als sein Partner außerhalb der definierten Oberflächen geblickt hat.

Subjektive Daten: Nach jedem gespielten Schwierigkeitsgrad sind beide Teilnehmer dazu unterrichtet worden, den *NASA Task Load Index (NASA TLX)* und den *Team Workload Assessment (TWA)* auszufüllen. So ist die subjektiv empfundene kognitive Belastung auf individueller Ebene und auf der Ebene der Gruppe erhoben worden. Die nachfolgende Tabelle 37 zeigt die Ergebnisse von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18 auf, wobei diese auf eine Nachkommastelle gerundet worden sind.

Level	NASA TLX Teilnehmer 17	TWA Teilnehmer 17	NASA TLX Teilnehmer 18	TWA Teilnehmer 18
1	75,7	62,1	52	61,7
2	49,3	64,4	69	74,3
3	79	85,7	55,3	62,4

Tabelle 37 Subjektive Belastung von Teilnehmer 17 und Teilnehmer 18

Wie man der Tabelle 37 entnehmen kann, haben sowohl Teilnehmer 17 als auch Teilnehmer 18 relativ hohe Ratings in allen Schwierigkeitsgraden vergeben. Der Umstand, dass beide Teilnehmer so hohe Ratings angegeben haben, lässt vermuten, dass die Aufgabe für beide Probanden eher komplex gewesen ist und das Belastungsniveau folglich entsprechend hoch gewesen ist. Teilnehmer 17 vergibt im Rahmen der persönlichen Belastung das höchste Rating dem dritten Level, während sein Partner das zweite Level als das schwerste bezeichnet. Auch die Belastung auf der Gruppenebene werten beide Teilnehmer als relativ hoch. Ein deutlicher Trend im Bereich der persönlichen Belastung und der gruppenbezogenen Belastung scheint hier nicht klar erkennbar zu sein. Allerdings lassen die hohen Ratings darauf schließen, dass die Belastung für diese beiden Teilnehmer eher hoch gewesen sein muss.

Interview: Nachdem auch die neunte Gruppe alle Schwierigkeitsgrade der Aufgabe vollendet hat, sind beide Mitglieder dieser Gruppe zum Interview gebeten worden. Beim Interview hat sich herausgestellt, dass beide Teilnehmer die Belastung im Allgemeinen eher hoch einstufen würde. Insbesondere sei dies für beide Probanden im dritten Level bemerkbar gewesen, weshalb diese Gruppe sich darüber einig ist, dass dieser Schwierigkeitsgrad die intensivste Belastung verursacht habe. Die Gruppe beurteilt die persönlichen Kommunikationsprobleme bei der Aufgabe als einen Aspekt, der ebenfalls für eine höhere Belastung gesorgt hat. Somit ist für die Mitglieder dieser Gruppe die Arbeit in der Gruppe deutlich höher gewesen, da die Aufwendungen der Kommunikation und Koordination nach deren Einschätzung nicht gut genug verwaltet worden sind. Des Weiteren merkt Teilnehmer 17 an, dass er den Erwartungen seines Kollegen gerecht werden wollte, was für ihn ebenfalls zusätzliche Belastung bedeutet habe.

5.6 Gesamtauswertung

Während sich der vorangegangene Teil mit den Ergebnissen der Gruppen und deren Mitglieder im Einzelnen befasst hat, fokussiert sich dieser Abschnitt der Bachelorarbeit darauf, die Daten in aggregierter Form zu betrachten und zu analysieren. Zunächst werden die Daten deskriptiv dargestellt und anschließend induktiv mit statistischen Tests auf Signifikanzen geprüft. Die

wichtigsten Parameter im individuellen Kontext stellen dabei die durchschnittlichen Pupillenweiten (in mm), der erzielte Index of Pupillary Activity (in Hz) und die erreichten Punkte des NASA Task Load Index. Im gruppenbezogenen Kontext wird der durchschnittliche Index der Gruppenbelastung (in %) und die summierte Punktzahl des Team Workload Assessment der beiden Mitglieder einer Gruppe verglichen. Als erklärende Variable dient hierbei der jeweilige Schwierigkeitsgrad (Level). Um zu prüfen, ob es einen signifikanten (linearen) Trend zwischen dem Schwierigkeitsgrad und den jeweiligen Parametern gibt ist der Korrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt und mit einem Test auf Korrelation auf Signifikanz geprüft worden. Ferner ist mit einem Friedman-Test (und Wilcoxon-Rangsummen-Test) ermittelt worden, ob es signifikante Unterschiede in den jeweiligen Mittelwerten gibt. Die statistischen Analysen sind dabei mit der Software *R* und den Basispaketen durchgeführt worden

5.6.1 Analyse der aggregierten individuellen Daten

Im folgenden werden die aggregierten Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer vorgestellt und analysiert. Im individuellen Kontext sind die Zielgrößen der durchschnittliche Pupillendurchmesser, der *Index of Pupillary Activity*, die Blinzelraten und die Ratings des *NASA Task Load Index*. In der folgenden Abbildung 11 werden die durchschnittlichen Pupillenweiten aller 18 Teilnehmer je Schwierigkeitsgrad durch Boxplots visualisiert.

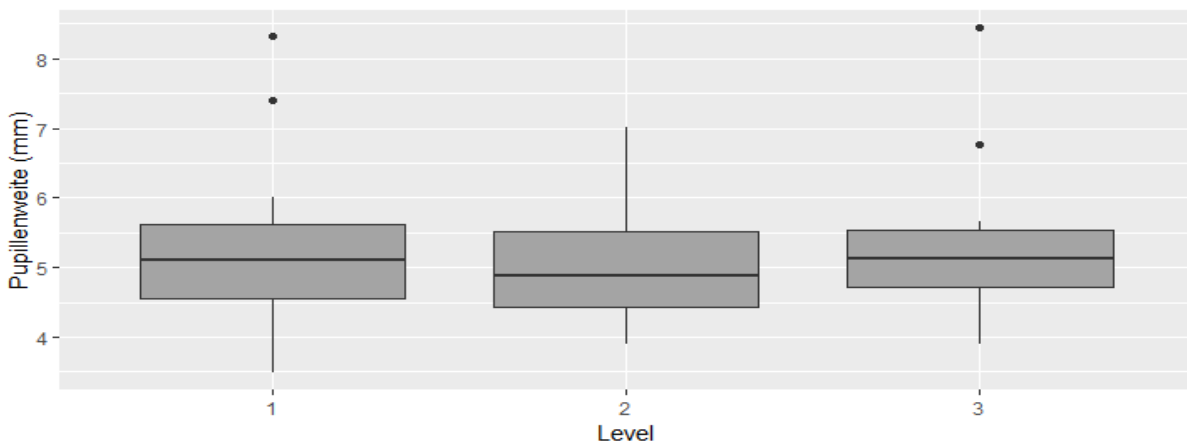


Abbildung 11 Durchschnittliche Pupillenweite aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden

Die individuellen Pupillenweiten zeigen nach Abbildung 11 unterschiedliche Ausprägungen auf. Im ersten Level beträgt der Mittelwert 5,23 mm (Standardabweichung 1,19 mm), im zweiten Level bei 5,03 mm (Standardabweichung 0,94 mm) und im dritten Level bei ca. 5,28 mm (Standardabweichung 1,01 mm). Diese Mittelwerte sind in der nachfolgenden Abbildung 12 durch ein Punkt-Linien-Diagramm dargestellt.

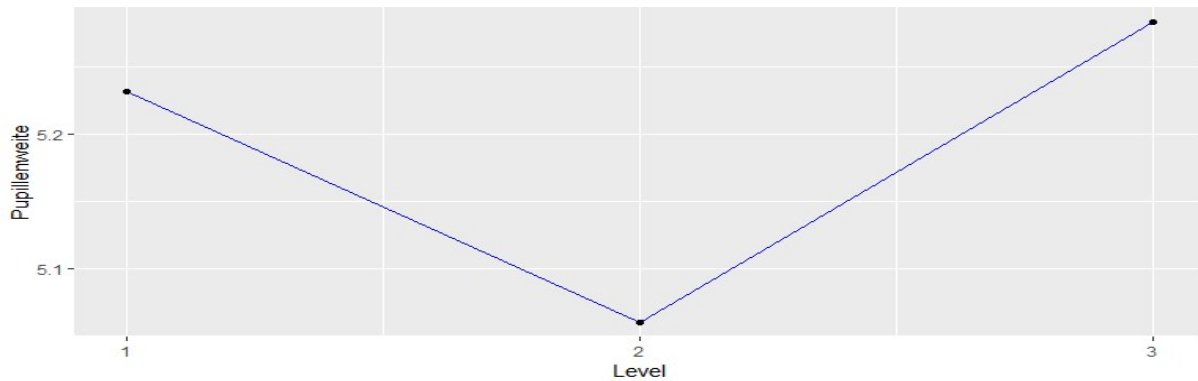


Abbildung 12 Gemittelte Pupillenweite in den Schwierigkeitsgraden

Gemäß des dargestellten Verlaufs der durchschnittlichen Pupillenweite in der Abbildung 11, sei ein Teilnehmer im zweiten Schwierigkeit am geringsten, im ersten Schwierigkeitsgrad am zweithöchsten und im dritten Schwierigkeitsgrad am stärksten belastet gewesen. Um den Einfluss des Levels bzw. des Schwierigkeitsgrads am Pupillendurchmesser zu prüfen, ist eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt worden. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt hierbei 0,03 ($S = 25471$, $p > 0,5$), was eine positive, allerdings sehr schwache Korrelation indiziert. Der statistische Test auf Korrelation weist hierbei, mit einem p-Wert von mehr als 0,5 zudem keine Signifikanz nach. Die erzielten einzelnen Mittelwerte in den jeweiligen Komplexitätsstufen weisen zudem unterschiedliche Ausprägungen auf. Der hierbei durchgeführte Friedman-Test indiziert, dass es bezüglich der Pupillenweiten keinen signifikanten Unterschied gibt ($\chi^2 = 4.33$, $df = 2$, $p > 0.05$).

In der folgenden Abbildung 13 wird der ermittelte *Index of Pupillary Activity* jedes Teilnehmers je Schwierigkeitsgrad durch Boxplots visualisiert.

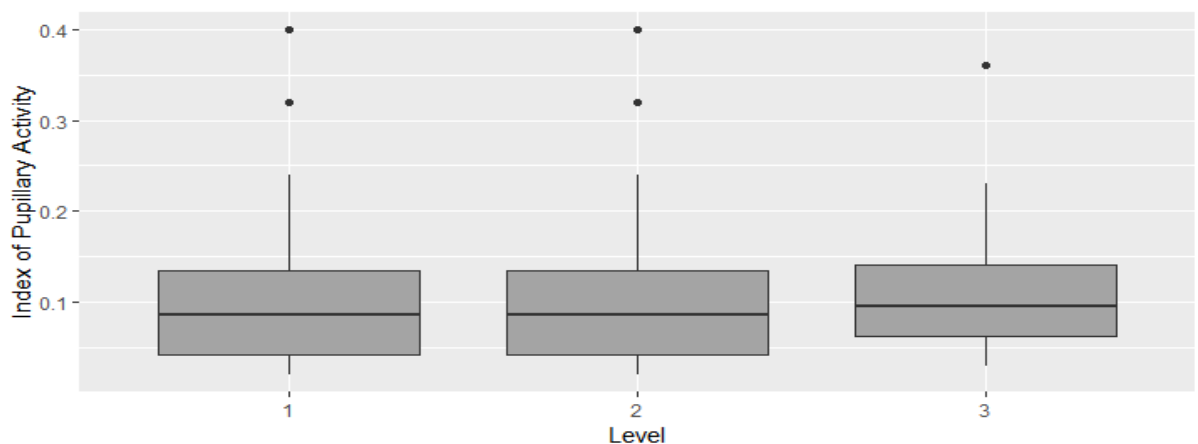


Abbildung 13 Index of Pupillary Activity aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden

Wie man der Abbildung 13 entnehmen kann, differieren die individuellen Werte auf allen Schwierigkeitsgraden. Hierbei beträgt der durchschnittliche *Index of Pupillary Activity* im ersten Level

jeweils 0,12 Hz (Standardabweichung im ersten und zweiten Level jeweils ca. 0,1 Hz, und im dritten Level 0,08 Hz). Diese Mittelwerte sind in der folgenden Abbildung 14 durch ein Punkt-Linien-Diagramm illustriert.

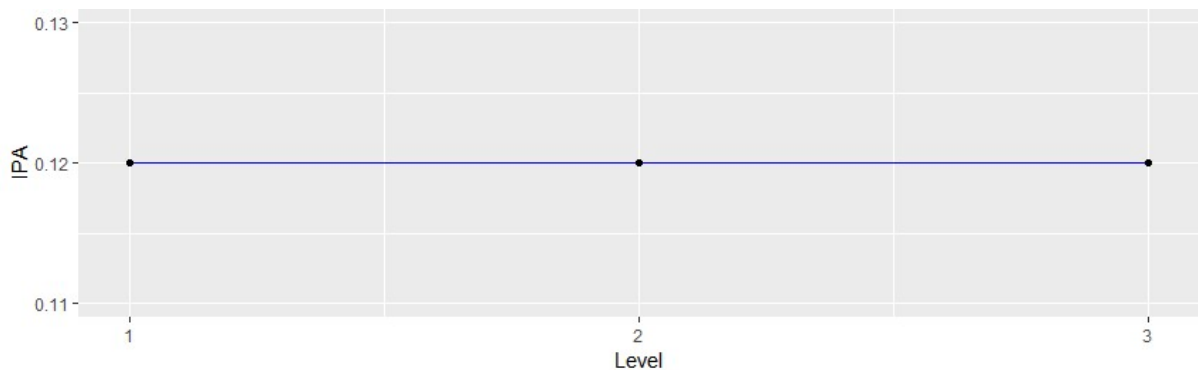


Abbildung 14 Durchschnittlicher Index of Pupillary Activity in den Schwierigkeitsgraden

Dem Verlauf nach Abbildung 14 haben sich für den mittleren *Index of Pupillary Activity* keine größeren Schwankungen in den drei Schwierigkeitsgraden ergeben. Demnach seien die Belastungszustände für einen Probanden im Mittel eher gleichmäßig geblieben. Ferner indiziert der Wert von 0,12 Hz, dass die kognitive Belastung eher gering ausgeprägt sei. Die durchgeführte Korrelationsanalyse nach Spearman ergibt an dieser Stelle einen Korrelationskoeffizienten von 0.06 ($S = 24742$, $p > 0,5$), was ebenfalls für einen positiven, jedoch sehr schwachen und nicht signifikanten Zusammenhang spricht. Der durchgeführte Friedman-Test zeigt in diesem Kontext ebenfalls keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Index of Pupillary Activity auf ($\chi^2 = 0.12$, $df = 2$, $p > 0.05$).

In Abbildung 15 werden die verzeichneten Blinzelraten aller 18 Teilnehmer im jeweiligen Schwierigkeitsgrad durch Boxplots abgebildet.

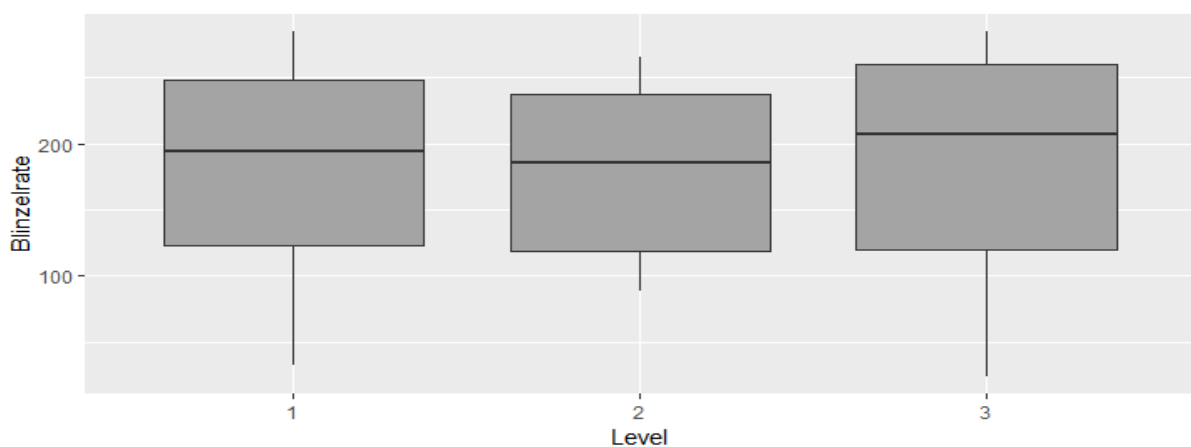


Abbildung 15 Blinzelrate aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden

Auch hier weisen die ermittelten Werte unterschiedliche Ausprägungen auf. Die mittlere Blinzelrate im ersten Level beträgt hierbei 187 (Standardabweichung 80), im zweiten Level 179

(Standardabweichung 63) und im dritten Level 190 (Standardabweichung 84). In der folgenden Abbildung 16 visualisiert ein weiteres Punkt-Linien-Diagramm diese Mittelwerte.

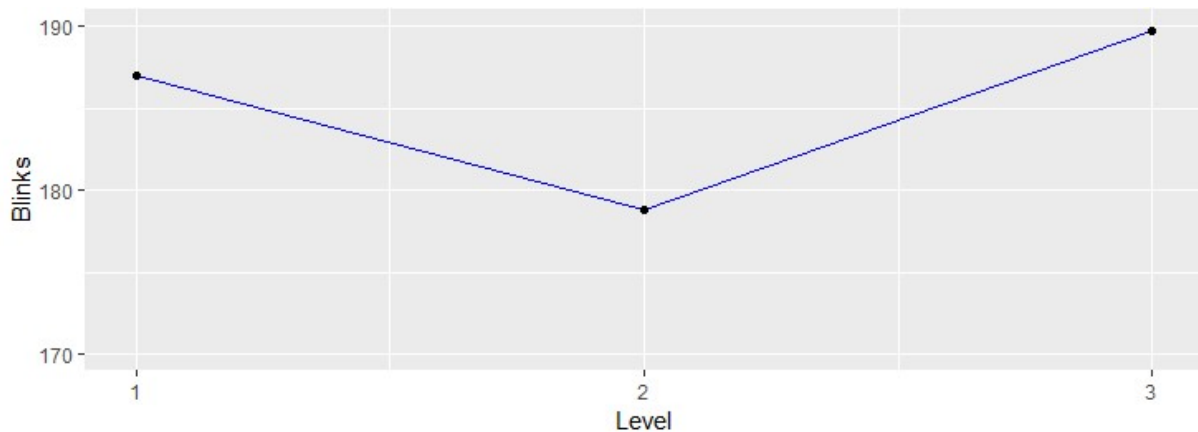


Abbildung 16 Durchschnittliche Blinzelrate in den Schwierigkeitsgraden

Der Abbildung 16 nach sei die mittlere Blinzelrate im zweiten Level am geringsten, im ersten Level höher und im dritten Level am höchsten ausgeprägt. Im Umkehrschluss wäre demnach die kognitive Belastung im Mittel betrachtet im zweiten Level am stärksten, im ersten Level geringer und im dritten Level am geringsten ausgeprägt. Der Einfluss zwischen Level und Blinzelrate ist an dieser Stelle ebenfalls mit einer Korrelation nach Spearman geprüft worden. Der Spearman-Koeffizient beträgt hierbei 0,03 ($S = 25414$, $p > 0,5$), was eine sehr schwache positive Korrelation indiziert. Diese ist nach Korrelationstest nicht signifikant. Nach dem durchgeführten Friedman-Test sind die Daten bezüglich der Blinzelraten nicht signifikant verschieden ($\chi^2 = 2,8$, $df = 2$, $p > 0,05$).

In Abbildung 17 wird das Rating im *NASA Task Load Index* aller Teilnehmer in den jeweiligen Leveln mittels Boxplots dargestellt.

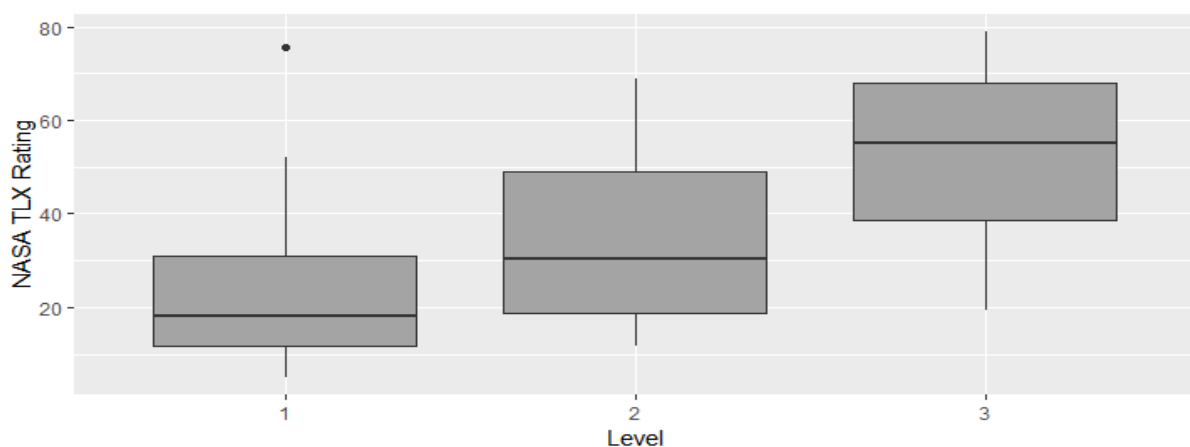


Abbildung 17 Rating (NASA TLX) aller Teilnehmer in den Schwierigkeitsgraden

Hierbei ist das mittlere Rating bei 23,40 Punkten (Standardabweichung 18,8) im ersten Level,

32,47 Punkte im zweiten Level (Standardabweichung 17,09) und 52,84 Punkte im dritten Level (Standardabweichung 18,2) gewesen. Diese Mittelwerte zeigt Abbildung 18 durch ein Punkt-Linien-Diagramm auf.

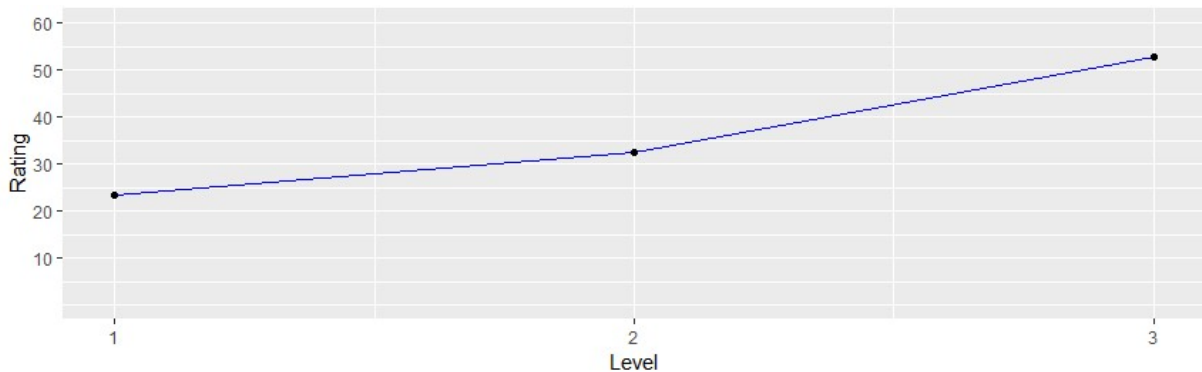


Abbildung 18 Durchschnittliches Rating im NASA Task Load Index in den Schwierigkeitsgraden

Wie man der Abbildung 18 entnehmen kann, ist das durchschnittliche Rating des *NASA Task Load Index* mit steigendem Schwierigkeitsgrad ebenfalls gestiegen, was im Umkehrschluss bedeutet, dass die kognitive Belastung eines Teilnehmers mit zunehmender Komplexität der Aufgabe ebenfalls angestiegen sei. Die hierauf durchgeführte Rangkorrelation nach Spearman indiziert einen Koeffizienten von 0,6 ($S = 10922$, $p < 0,5$), was eine signifikante mittelstarke Korrelation bedeutet. Der durchgeführte Friedman-Test indiziert hierbei einen signifikanten Unterschied bezüglich der Werte des NASA Task Load Index ($\chi^2 = 28.7$, $df = 2$, $p < 0,05$). In diesem Zuge ist eine Post-hoc Analyse mit dem Wilcoxon-Rangsummentest für paarweise Vergleiche (zwischen den Leveln) durchgeführt worden. Die berechneten p-Werte (Bonferroni korrigiert) sind der nachfolgenden Tabelle 38 zu entnehmen.

	Level 1	Level 2
Level 2	0.21	
Level 3	0.0004	0.0042

Tabelle 38 p-Werte des Wilcoxon-Rangsummentests für paarweise Vergleiche (NASA TLX - Level)

Wie man der Tabelle 38 entnehmen kann, liegen signifikante Unterschiede in den erzielten Werten insbesondere zwischen dem ersten und dem dritten Level ($p < 0,016$). Auch zwischen dem zweiten und dritten Level gibt es einen signifikanten Unterschied in den erzielten Werten ($p < 0,016$). Dahingegen scheinen die Werte zwischen dem ersten und dem zweiten Level nicht signifikant verschieden zu sein ($p > 0,016$).

5.6.2 Analyse der aggregierten gruppenbezogenen Daten

Nachfolgend werden die aggregierten Werte auf der Ebene der Gruppe vorgestellt. In Hinsicht der gruppenbezogenen Ebene beschreiben die summierten Werte des *Team Workload Assessment* und der Index der Gruppenbelastung die Zielgrößen. Die erzielten Punkte des *Team Workload Assessment* einer Zweiergruppe sind hierbei addiert worden, sodass dieser Wert mit dem Index der Gruppenbelastung verglichen werden kann. Sämtliche Zielgrößen werden jeweils vom Schwierigkeitsgrad (bzw. Level) erklärt.

Die nachfolgende Abbildung 19 visualisiert durch Boxplots den ermittelten Index der Gruppenbelastung (IGB) der neun Gruppen in den drei Schwierigkeitsgraden.

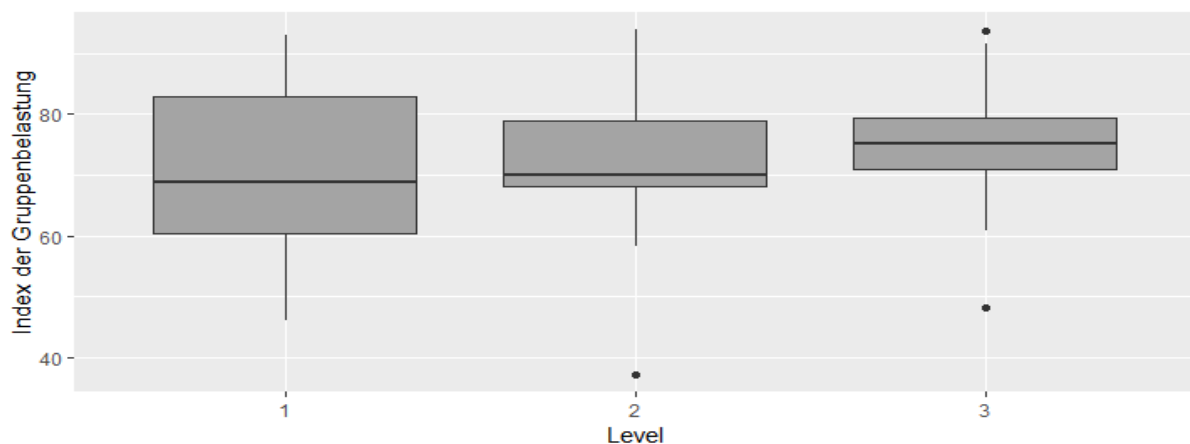


Abbildung 19 IGB aller Gruppen in den Schwierigkeitsgraden

Die Werte des IGB zeigen hierbei unterschiedliche Ausprägungen auf. Dabei liegt der mittlere IGB-Wert im ersten Level bei 71.06 % (Standardabweichung 15,7), im zweiten Level 71.22% (Standardabweichung 17,4) und im dritten Level 74,72% (Standardabweichung 14,08). Die nachfolgende Abbildung 20 illustriert diese Mittelwerte anhand eines Punkt-Linien-Diagramms

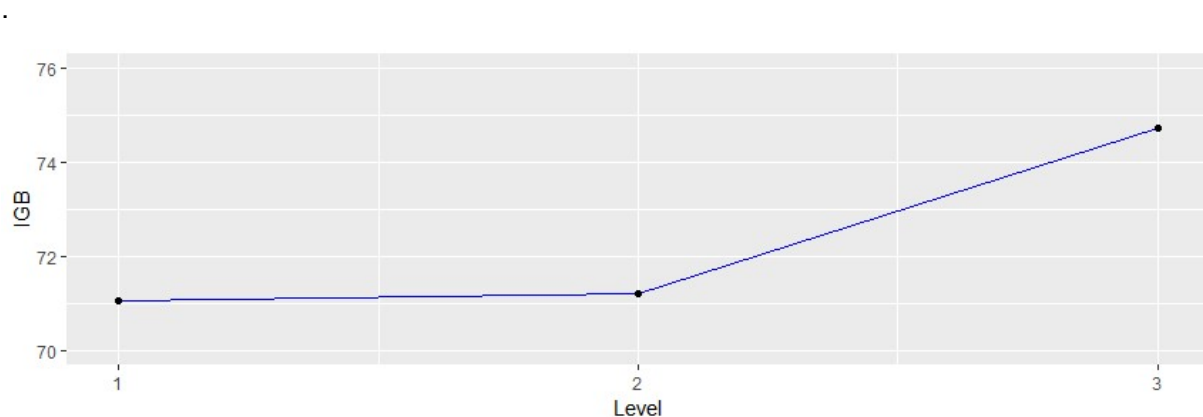


Abbildung 20 Durchschnittlicher IGB in den Schwierigkeitsgraden

Demnach sei die Gruppenbelastung bei zunehmendem Schwierigkeitsgrad im Mittel gestiegen. Ein bemerkbarer Zuwachs ist dabei im dritten Level zu verzeichnen. Die hierauf durchgeführte Korrelationsanalyse nach Spearman indiziert dabei einen Koeffizienten von 0,12 ($S = 2856.3$, $p > 0,05$), was eine positive schwache Korrelation zwischen dem Schwierigkeitsgrad bedeutet. Diese ist hierbei nicht signifikant. Der durchgeführte Friedman-Test zeigt auf, dass es in den Werten bezüglich des Index der Gruppenbelastung keinen signifikanten Unterschied gibt ($\chi^2 = 6$, $df = 2$, $p > 0,05$). Die nachfolgende Abbildung 21 zeigt das summierte Rating des *Team Workload Assessment (TWA)* der neun Gruppen in den drei Schwierigkeitsgraden mit Boxplots auf.

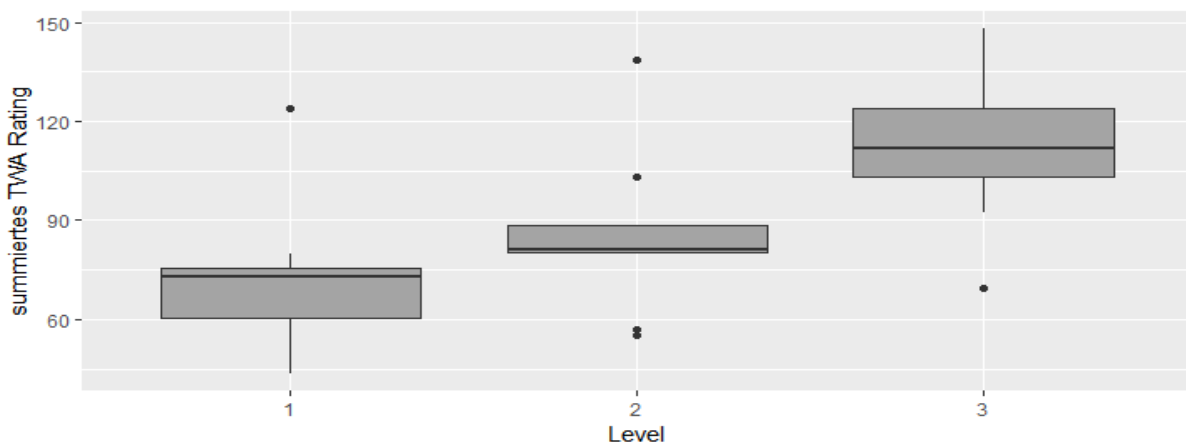


Abbildung 21 Summiertes Rating (TWA) in den Schwierigkeitsgraden

Auch hier gibt es unterschiedliche Ausprägungen. Das mittlere Rating im ersten Level ist hierbei bei 71,33 Punkten (Standardabweichung 23,3), im zweiten Level bei 85,82 Punkten (Standardabweichung 24.83) und im dritten Level bei 114 Punkten (Standardabweichung 25) gewesen. Abbildung 22 zeigt diese Mittelwerte anhand eines Punkt-Linien-Diagramms auf.

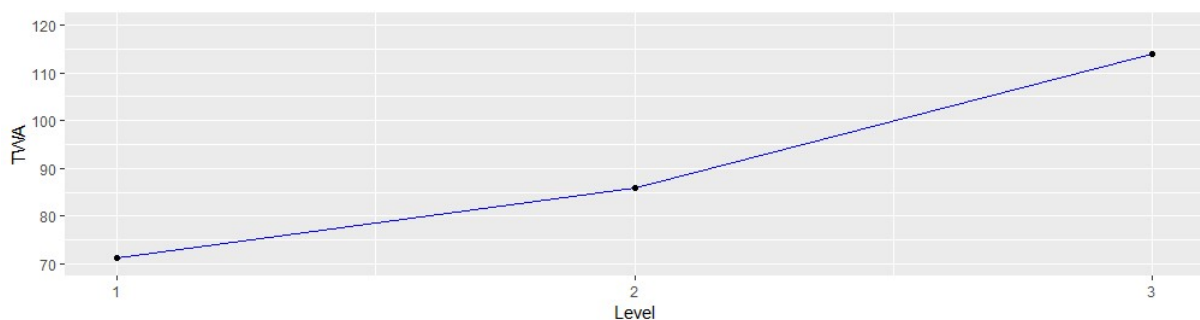


Abbildung 22 Durchschnittlich summierte Punkte des TWA in den Schwierigkeitsgraden

Wie man der Abbildung 22 entnehmen kann, ist das (summierte) Rating des *Team Workload Assessment* ebenfalls mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad angestiegen. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Gruppenbelastung mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad ebenfalls angestiegen sei. Der hierauf durchgeführte Korrelationstest nach Spearman weist einen Koeffi-

zienten von 0,62 ($S = 1215.5$, $p < 0,05$) auf, was für einen mäßig starken, signifikanten Zusammenhang spricht. Der durchgeführte Friedman-Test indiziert, dass es in den Werten der summierten Ratings bezüglich des *Team Workload Assessment* einen signifikanten Unterschied gibt ($\chi^2 = 18$, $df = 2$, $p < 0,05$). Im Rahmen eines Post-hoc Tests durch den Wilcoxon-Rangsummen Test für paarweise Vergleiche (zwischen den Leveln) sind die jeweiligen p-Werte ermittelt und in der nachfolgenden Tabelle 40 zusammengefasst worden.

	Level 1	Level 2
Level 2	0.231	
Level 3	0.017	0.056

Tabelle 39 p-Werte des Wilcoxon-Rangsummentests für paarweise Vergleiche (TWA - Level)

Bei näherer Betrachtung der p-Werte in Tabelle 40 scheint es hinsichtlich der paarweisen Vergleiche keinen signifikanten Unterschied in den einzelnen Schwierigkeitsstufen zu geben ($p > 0,016$).

Insgesamt ist ein relativ linearer Trend auf Seiten der subjektiven Maße festzustellen, während die physiologischen Daten diese linearen Verläufe nicht widerspiegeln. Dies ist sowohl auf Seiten der Daten im individuellen und im gruppenbezogenen Kontext der Fall. Signifikante Unterschiede ergeben sich lediglich auf Seiten der subjektiven Daten nicht jedoch auf Seiten der physiologischen Messungen. Diese sind aber lediglich auf individueller Ebene durch das Rating im *NASA Task Load Index* in den drei Schwierigkeitsstufen festzustellen.

6 Diskussion der Ergebnisse

Wie im vorherigen Kapitel ersichtlich geworden ist, liefern die subjektiven und physiologisch-objektiven Maße verschiedene Resultate. Während die subjektiven Maße bei erhöhtem Grad an Komplexität einen relativ linearen Anstieg in der kognitiven Belastung beim Individuum und bei der Gruppe als Ganzes indizieren, zeigt das physiologische Maß der Pupillenweite beispielsweise diesen Trend nicht auf. Hierbei werfen sich mehrere Fragen, wie zum Beispiel ob es Messungenauigkeiten auf Seiten der physiologischen Erhebungsmittel gegeben hat oder ob der Stichprobenumfang nicht ausreichend gewesen ist, auf. Bemerkenswert ist auch das Phänomen, dass das physiologische Maß der einzelnen Pupillenweiten - insgesamt betrachtet - einen U-förmigen Verlauf annimmt. Eine mögliche Erklärung könnte hierbei auch darin liegen, dass die Probanden beim Erfüllen der Aufgabe in ihrer einfachsten Gestaltung bedingt durch Unterforderung höher belastet gewesen sind, in der zweiten Komplexitätsstufe die Aufgabe mit einer tragbaren Belastung erfüllen konnten und im dritten Level erneut einen erhöhten Grad an Belastung erfahren haben, da diese hierbei wieder stärker gefordert worden sind. Dass die subjektiven Maße eher einen linearen Trend aufzeigen und die physiologischen Maße eine Art U-Funktion wiedergeben, könnte eventuell auch darin liegen, dass die Probanden in den Fragebögen für den Studienleiter aufgrund von Sympathie „passende“ Angaben liefern wollten. Der Indikator der Blinzelfrequenz hat nur bei vereinzelt Teilnehmern Effekte gezeigt. Dies könnte möglicherweise darin liegen, dass die Blinzeldetektion jeweils individuell eingestellt werden musste und die Schwellenwerte bei der Blinzelerkennung somit keine einheitlichen Werte zurückgeliefert haben. Auch der Indikator des *Index of Pupillary Activity* hat lediglich bei vereinzelt Probanden einen Effekt gezeigt. Dies könnte eventuell darin liegen, dass der *Index of Pupillary Activity* das Herausrechnen der Pupillendaten um 200 ms vor und nach einem Zwinkern erfordert und die Zeiten des Zwinkerns mit dem jeweils individuell eingestellten Schwellenwerten der Blinzelerkennung in Relation stehen. Obwohl jeweils eine Korrelation zwischen dem Grad an Komplexität und der physiologischen Merkmale gezeigt werden konnte, ist diese sehr schwach ausgeprägt und nicht signifikant. Dass die Probanden subjektiv eine steigende Belastung unter den drei Schwierigkeitsgraden angeben konnten, spiegelt wieder, dass die Aufgabe im Grunde genommen sich eignen sollte um einen Einfluss auf die kognitive Belastung festhalten zu können. Auf die im dritten Kapitel formulierte Hypothese 1 (Eine höhere Komplexität der

Aufgabe lässt die Gruppenbelastung steigen) kann somit keine eindeutige Antwort zugeordnet werden. Zieht man lediglich die subjektiven Maße heran, so lässt sich diese Hypothese bestätigen. Betrachtet man jedoch lediglich die physiologischen Maße (speziell den formulierten Index der Gruppenbelastung) so ist diese Hypothese eher zu verneinen. Die zweite Hypothese (Die kognitive Belastung einer Gruppe ist unterschiedlich verteilt) des dritten Kapitels lässt sich hingegen eher bestätigen, da innerhalb jeder Gruppe unterschiedliche Punktwerte in den subjektiven Maßen erhoben worden sind und auch die physiologischen Maße sich unterschiedlich ausprägen.

7 Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass das Messen von kognitiver Belastung in Gruppenkonstellationen technisch realisierbar ist. Obwohl mit steigender Komplexität in der gestellten Aufgabe ein Anstieg in den physiologischen Indikatoren der kognitiven Belastung zu erwarten wäre, weisen die erhobenen physiologischen Daten der vorliegenden empirischen Studie diese (lineare) Tendenz nicht auf. Die subjektiven Maße hingegen zeigen einen deutlicheren linearen Trend auf. Demnach lässt sich die im Kapitel 3 formulierte Forschungsfrage, ob ein erhöhter Grad an Komplexität sich auf die Belastungszustände einer Gruppe auswirkt, nur teilweise beantworten. An dieser Stelle ist jedoch anzumerken, dass der Stichprobenumfang mit 18 Teilnehmern bzw. neun Gruppen sehr klein gewesen ist. Wie sich die Daten allerdings unter anderen Konditionen, wie beispielsweise bei einem größeren Stichprobenumfang, angepassten technischen Einstellungen der Eye Tracker, durch modifizierte Komplexitätsstufen oder bei der Durchführung einer anderen Aufgabe charakterisieren, müsste in einem weiteren Vorhaben geprüft werden. Die Annahme, dass sich die kognitive Belastung innerhalb einer Gruppe unterschiedlich verteilt, lässt sich hingegen bestätigen, da sich die erzielten Werte der Teilnehmer (im Einzelnen betrachtet) jeweils differieren und individuell charakterisieren. Mit dieser Bachelorarbeit ist der aktuelle Stand zur Messung von kognitiver Belastung bei Gruppen mit physiologischen Mitteln zusammengefasst worden. Zudem ist mit dieser Arbeit der *Index der Gruppenbelastung* bzw. ein Indikator formuliert worden, der ein Rahmenwerk zur Kombination der individuellen physiologischen Werte zu einem globalen Gruppenwert bietet. Auch wenn im Rahmen der durchgeführten Studie zu dieser Bachelorarbeit kein signifikantes Ergebnis festgestellt werden konnte, sollte diese Studie unter anderen Konditionen (beispielsweise mit einem größeren Stichprobenumfang oder anderen technischen Einstellungen der Eye Tracker) erneut durchgeführt werden. Unter diesen Voraussetzungen könnten künftige Arbeiten andere Ergebnisse erzielen und Effekte zurückgeben. Sollte in einer anderen Forschungsunternehmung zeigen, dass der Index der Gruppenbelastung signifikante Tendenzen hervorbringt, müsste zudem geprüft werden, welche Werte für eine typisch geringe bzw. hohe Belastung innerhalb einer Gruppe bedeuten. Dadurch könnte man dem Ziel, die Belastungszustände von Gruppen objektiv und in Echtzeit zu operationalisieren, näher kommen.

Literaturverzeichnis

- Piotr D. Adamczyk Michael B. Twidale. Supporting multidisciplinary collaboration: requirements from novel hci education. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 2007.
- R.C. Atkinson, J.W. Brelsford, R.M. Shiffrin. Multiprocess models for memory with applications to a continuous presentation task. *Journal of Mathematical Psychology*, 1967.
- Alan D. Baddeley Graham Hitch. Working memory. In *Psychology of Learning and Motivation*. Elsevier, 1974.
- Petra Badke-Schaub, Gesine Hofinger, Kristina Lauche. *Human Factors*. Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- M T Banich A Belger. Interhemispheric interaction: how do the hemispheres divide and conquer a task? *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 1990.
- Michael Bartels Sandra P. Marshall. Measuring cognitive workload across different eye tracking hardware platforms. In *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications - ETRA '12*, 2012.
- Andy Belyavin. Construction of appropriate gauges for the control of augmented cognition systems. *Foundations of augmented cognition*, 2005.
- Christopher Blake. Eye-tracking: Grundlagen und anwendungsfelder. In *Handbuch standardisierte Erhebungsverfahren in der Kommunikationswissenschaft*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013.
- Malcolm A. Bonner Glenn F. Wilson. Heart rate measures of flight test and evaluation. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2002.
- Clint A Bowers, Curt C Braun, BB Morgan. Team workload: Its meaning and measurement. *Team performance assessment and measurement: Theory, methods, and applications*, 1997.
- John M. Carroll. *HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science (Interactive Technologies)*. Morgan Kaufmann, 2003. ISBN 9780080491417. URL <https://www.amazon.com/HCI-Models-Theories-Frameworks-Multidisciplinary-ebook/dp/B00CLC3TLC?SubscriptionId=0JYN1NVW651KCA56C102&tag=techkie-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=B00CLC3TLC>.
- Charles S. Carver Michael F. Scheier. The self-attention-induced feedback loop and social facilitation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1981.
- John G. Casali Walter W. Wierwille. A comparison of rating scale, secondary-task, physiological, and primary-task workload estimation techniques in a simulated flight task emphasizing communications load. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1983.
- Claudio Ciborra Margrethe H. Olson. Encountering electronic work groups: a transaction costs perspective. In *Proceedings of the 1988 ACM conference on Computer-supported cooperative work - CSCW'88*, 1988.
- Robert D. O'Donnell F Thomas Eggemeier. Workload assessment methodology. *Handbook of Perception and Human Performance: Cognitive Processes and Performance*, 1986.
- S. G. de Groot J. W. Gebhard. Pupil size as determined by adapting luminance*. *Journal of the*

- Optical Society of America*, 1952.
- Pierre Dillenbourg Mireille Betrancourt. Collaboration load. In *Handling complexity in learning environments: theory and research*. J. Elen and R. E. Clark, 2006.
- Barbara A. Doshier. Working memory. In *Encyclopedia of Cognitive Science*. Nature Publishing Group, 2003.
- Alan W. Dow, Xi Zhu, Daniel Sewell, Colin A. Banas, Vimal Mishra, Shin-Ping Tu. Teamwork on the rocks: Rethinking interprofessional practice as networking. *Journal of Interprofessional Care*, 2017.
- Andrew T. Duchowski, Krzysztof Krejtz, Izabela Krejtz, Cezary Biele, Anna Niedzielska, Peter Kiefer, Martin Raubal, Ioannis Giannopoulos. The index of pupillary activity. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, 2018.
- K. Anders Ericsson Walter Kintsch. Long-term working memory. *Psychological Review*, 1995.
- Kristin L. Fraser, Paul Ayres, John Sweller. Cognitive load theory for the design of medical simulations. *Sim Healthcare*, 2015.
- Gregory J. Funke, Benjamin A. Knott, Eduardo Salas, Davin Pavlas, Adam J. Strang. Conceptualization and measurement of team workload. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2011.
- Daniel Gopher Emanuel Donchin. Workload - an examination of the concept. *Wiley & Sons*, 1986.
- A. Gurtner. *Zweimal musst du es schon sagen. Strategieentwicklung und Kommunikationsmuster in hierarchisch organisierten Teams*. PhD thesis, Bern: Universität, Inst. für Psychologie, 2003.
- Sandra G. Hart Lowell E. Staveland. Development of NASA-TLX (task load index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in Psychology*. Elsevier, 1988.
- William S. Helton, Samantha Epling, Neil de Joux, Gregory J. Funke, Benjamin A. Knott. Judgments of team workload and stress. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2015.
- Peter R. Hofstätter. *Gruppendynamik: Kritik der Massenpsychologie (Rowohlts Enzyklopädie) (German Edition)*. Rowohlt Taschenbuch, 1986.
- Nina Hollender, Cristian Hofmann, Michael Deneke, Bernhard Schmitz. Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction. *Computers in Human Behavior*, 2010.
- Jeroen Janssen, Femke Kirschner, Gijsbert Erkens, Paul A. Kirschner, Fred Paas. Making the black box of collaborative learning transparent: Combining process-oriented and cognitive load approaches. *Educational Psychology Review*, 2010.
- Gunnar Johannsen. Workload and workload measurement. In *Mental Workload*. Springer US, 1979.
- Klaus Jonas, Wolfgang Stroebe, Miles Hewstone. *Sozialpsychologie*. Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- Femke Kirschner, Fred Paas, Paul A. Kirschner. Individual versus group learning as a function of task complexity: An exploration into the measurement of group cognitive load. In *Beyond Knowledge: The Legacy of Competence*. Springer Netherlands, 2008.
- Femke Kirschner, Fred Paas, Paul A. Kirschner. A cognitive load approach to collaborative learning: United brains for complex tasks. *Educational Psychology Review*, 2009a.
- Femke Kirschner, Fred Paas, Paul A. Kirschner. Individual and group-based learning from complex cognitive tasks: Effects on retention and transfer efficiency. *Computers in Human Behavior*, 2009b.
- Femke Kirschner, Fred Paas, Paul A. Kirschner. Task complexity as a driver for collaborative

- learning efficiency: The collective working-memory effect. *Applied Cognitive Psychology*, 2010.
- Femke Kirschner, Fred Paas, Paul A. Kirschner, Jeroen Janssen. Differential effects of problem-solving demands on individual and collaborative learning outcomes. *Learning and Instruction*, 2011.
- Paul A. Kirschner, John Sweller, Femke Kirschner, Jimmy Zambrano R. From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2018.
- Uwe Kleinbeck Klaus-Helmut Schmidt. *Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie*. Hogrefe Verlag, 2010.
- Naveen Kumar Jyoti Kumar. Measurement of cognitive load in HCI systems using EEG power spectrum: An experimental study. *Procedia Computer Science*, 2016.
- Tomi Laamanen, Markku Maula, Markus Kajanto, Peter Kunnas. The role of cognitive load in effective strategic issue management. *Long Range Planning*, 2017.
- Bibb Latané, Kipling Williams, Stephen Harkins. Many hands make light the work: The causes and consequences of social loafing. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1979.
- Chiuhsiang Joe Lin, Tsung-Ling Hsieh, Ping-Jung Tsai, Chih-Wei Yang, Tzu-Chung Yenn. Development of a team workload assessment technique for the main control room of advanced nuclear power plants. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 2011.
- Sandra P. Marshall. The index of cognitive activity: Measuring cognitive workload. In *IEEE 7 ' Human Factors Meeting 7-5 Scottsdale Arizona 2002*, 2002.
- Sandra P. Marshall. What the eyes reveal: Measuring the cognitive workload of teams. In *Digital Human Modeling*, pages 265–274. Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- James G. May, Robert S. Kennedy, Mary C. Williams, William P. Dunlap, Julie R. Brannan. Eye movement indices of mental workload. *Acta Psychologica*, 75(1):75–89, oct 1990.
- Maria Laura Mele Stefano Federici. Gaze and eye-tracking solutions for psychological research. *Cognitive Processing*, 2012.
- Sarah Miller. Workload measures. *National Advanced Driving Simulator*, 2001.
- Neville Moray, editor. *Mental Workload*. Springer US, 1979.
- T. Morris, P. Blenkhorn, Farhan Zaidi. Blink detection for real-time eye tracking. *Journal of Network and Computer Applications*, 2002.
- Judith M Orasanu. Decision-making in the cockpit. *Cockpit resource management*, 1993.
- Karl F. Van Orden, Wendy Limbert, Scott Makeig, Tzyy-Ping Jung. Eye activity correlates of workload during a visuospatial memory task. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2001.
- Fred Paas John Sweller. An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 2011.
- Fred Paas, Alexander Renkl, John Sweller. Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 2003.
- Fred Paas, Tamara van Gog, John Sweller. Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review*, 2010.
- Fred Paas, Juhani E. Tuovinen, Huib Tabbers, Pascal W. M. Van Gerven. Cognitive load as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 2017.
- Friedrich Rödiger. *Computergestützte Gruppenarbeit (CSCW)*. Berichte des German Chapter of the ACM. Vieweg+Teubner Verlag, 2013. ISBN 9783322921406.

- Alexander Salle. *Selbstgesteuertes Lernen mit neuen Medien: Arbeitsverhalten und Argumentationsprozesse beim Lernen mit interaktiven und animierten Lösungsbeispielen*. Springer Spektrum, 2015.
- Holger Schultheis. Pupillengröße und kognitive belastung. Master's thesis, Universität des Saarlandes, 2004.
- James Sellers, William S. Helton, Katharina Näswall, Gregory J. Funke, Benjamin A. Knott. Development of the team workload questionnaire (TWLQ). *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2014.
- James Sellers, William S. Helton, Katarina Näswall, Gregory J. Funke, Benjamin A. Knott. The team workload questionnaire (TWLQ). *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2015.
- John Sweller. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 1988.
- John Sweller. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 1994.
- John Sweller. Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 2010.
- John Sweller, Paul Chandler, Paul Tierney, Martin Cooper. Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1990.
- John Sweller, Paul Ayres, Slava Kalyuga. *Cognitive Load Theory*. Springer New York, 2011.
- Peter R. Wellhöfer. *Gruppendynamik und soziales Lernen. Theorie und Praxis der Arbeit mit Gruppen*. UTB, Stuttgart, 2001.
- R. B. Zajonc. Family configuration and intelligence. *Science*, 1976.
- Philip G. Zimbardo. *Psychologie*. Siegfried Hoppe-Graff AND Barbara Keller AND Irma Engel, 1995.

Anhang A - Dokumente zur Studie

Herzlich Willkommen zu unserer Studie

Sehr geehrte Teilnehmer,

hiermit möchten wir Sie recht herzlich zu unserer Studie am Lehrstuhl Mensch-Computer-Interaktion der Universität Konstanz begrüßen.

Unsere Studie thematisiert das Messen von kognitiver Belastung im Rahmen von Gruppenarbeiten. Da vermehrt technische Systeme entwickelt werden, die in der Gruppe bedient werden, möchten wir die Belastungssituationen bei Gruppenarbeiten evaluieren, sodass Gruppenarbeiten an solchen Systemen künftig verbessert werden können.

Im Rahmen unserer Studie werden wir Ihnen drei Aufgaben stellen. Sie werden dabei mit Ihrem Teampartner zusammen eine kollaborative Variante des Computerspiels „Tetris“ spielen. Es gibt dabei verschiedene Schwierigkeitsgrade. Während des Bearbeitens der Aufgabe bzw. während des Spielens werden Sie einen sog. Eye Tracker tragen. Dieses Gerät zeichnet dabei Ihre Augendaten (wie z.B. Pupillengröße) auf. Nach jeder Aufgabe werden Sie einen Fragebogen über Ihre subjektiv empfundene Belastung ausfüllen. Am Ende der Studie führen wir ein kurzes Interview durch. Durch diese Erhebungsmittel möchten wir Anhaltspunkte auf die kognitive Belastung ausfindig machen.

Bevor Sie anfangen bitten wir Sie darum die Einverständniserklärung zu lesen und diese schriftlich zu bestätigen, sodass wir mit Ihnen die Studie durchführen können. Bitte füllen Sie dabei auch den demografischen Fragebogen aus. Sie dürfen sich hierbei gerne Zeit lassen und Rückfragen an den Studienleiter stellen.

Sämtliche erfasste Daten zu Ihrer Person und Ihrem Belastungszustand werden hierbei selbstverständlich anonym und vertraulich behandelt. Wir werden diese Information lediglich für den Zweck unserer Studie benutzen und nicht an Dritte weiterleiten! Für die Studie benötigen wir ca. 45 – 60 Minuten Ihrer Zeit.

Wir werden den Aufwand mit 10,- € vergüten.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme

Kinan Ayub (Studienleiter)

Einverständniserklärung

Ich stimme zu an der Studie, welche unter der Leitung von Kinan Ayub (Versuchsleiter) an der Universität Konstanz durchgeführt wird, teilzunehmen.

Ich verstehe, dass die Teilnahme an dieser Studie freiwillig ist und ich stimme zu dem Versuchsleiter sofort Bescheid zu geben, falls ich mich während der Durchführung der Studie in irgendeiner Weise unwohl fühle. Ich bin mir dessen bewusst, dass ich jederzeit die Studie abbrechen oder unterbrechen darf, auch ohne Angabe von Gründen.

Im Rahmen dieser Studie werden wir persönliche Informationen von Ihnen aufnehmen und einzelne Aufzeichnungen (Video und Audio) durchführen. Mit Ihrer Unterschrift geben Sie uns Ihre Erlaubnis die für die Studie relevanten Maßnahmen (d.h. Erhebung und Auswertung der Daten und die Präsentation der Ergebnisse) mit Ihnen ausführen zu dürfen.

Bitte unterschreiben Sie unten und zeigen Sie damit, dass Sie alle Informationen auf diesem Schreiben gelesen und verstanden haben und alle offenen Fragen beantwortet wurden.

Name: _____

Vorname: _____

Datum, Unterschrift: _____

Vielen Dank!

Demographischer Fragebogen

ID: _____

Gruppe: _____

Information

Wir führen eine Studie durch, um die kognitive Belastung bei Gruppenarbeiten zu messen. Die Ergebnisse sollen uns dabei unterstützen, Gruppenarbeiten an interaktiven Systemen zu verbessern. Zunächst benötigen wir ein paar Hintergrundinformationen zu Ihrer Person. Diese Daten werden dabei vertraulich und anonym behandelt und nur für die Zwecke dieser Studie verwendet. Sie werden nicht an Dritte weitergegeben.

Bitte nehmen Sie sich Zeit zum Ausfüllen der Fragen. Dies wird höchstens 5 Minuten in Anspruch nehmen.

Für Ihre Teilnahme sind wir bereits jetzt schon sehr dankbar.

1. Wie alt sind Sie?

_____ (Alter in Jahre)

2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an (Bitte nur ein Kreuz machen)

- Männlich
- Weiblich
- Divers

3. Welchen höchsten Schulabschluss besitzen Sie?

(Bitte nur ein Kreuz machen oder Textantwort)

- Realschulabschluss (Mittlere Reife)
- Fachhochschulreife
- Allgemeine Hochschulreife (Abitur)
- Sonstiger Abschluss: _____

4. Was ist Ihre aktuelle berufliche Tätigkeit?

Falls Sie „Student“ angegeben haben: Welchen Studiengang studieren Sie?

5. Kennen Sie das Spiel Tetris? (Bitte nur ein Kreuz machen)

- Ja
- Nein

6. Wie oft spielen Sie Tetris? (Bitte nur ein Kreuz machen oder Textantwort)

- Noch nie / Ich kenne Tetris nicht
- Selten / Nur zum Zeitvertreib
- Ich spiele Tetris gelegentlich aber regelmäßig
- Ich spiele sehr oft Tetris
- Andere Antwort: _____

7. Wann haben Sie zuletzt Tetris gespielt? (Bitte nur ein Kreuz machen)

- Im Zeitraum: Gestern bis vor 3 Monaten
- Im Zeitraum: Vor 3 Monaten bis vor 6 Monaten
- Im Zeitraum: Vor 6 Monaten und länger

8. Kennen Sie Ihr zugeordnetes Teammitglied? (Bitte nur ein Kreuz machen)

- Ja
- Nein

Team Workload Assessment (TWA)

Bitte geben Sie zu den nachfolgenden Aussagen eine Antwort, die Ihre Zustimmung bzw. Ablehnung ausdrückt. Machen Sie hierzu bitte jeweils nur ein Kreuz.

Coordination

1. Team members always reply to you instantly.

Lowly agree Highly agree

2. Team members always immediately understand what you express.

Lowly agree Highly agree

3. Team members always behave the way you expect.

Lowly agree Highly agree

4. Team members always do what is commanded.

Lowly agree Highly agree

5. I always immediately understand what team members express.

Lowly agree Highly agree

Communication

6. Team members always communicate in formal language (or terminology).

Lowly agree Highly agree

7. Team members always communicate concise and clear information.

Lowly agree Highly agree

8. Team members always communicate instant information.

Lowly agree Highly agree

9. Team members always explain their behavior.

Lowly agree Highly agree

10. We need to communicate to each other during the task constantly.

Lowly agree Highly agree

Leadership and Support

11. Team members always provide the procedure information clearly.

Lowly agree Highly agree

12. Team members always remind me to prevent mistakes timely.

Lowly agree Highly agree

13. Team members always confirm the priority of tasks.

Lowly agree Highly agree

14. Team members always offer guidance and suggestions.

Lowly agree Highly agree

15. Team members always offer leadership and support actively.

Lowly agree Highly agree

Time Sharing

16. The tasks always interfere with each other.

Lowly agree Highly agree

17. The personnel tasks would intervene in executing the personnel tasks constantly.

Lowly agree Highly agree

18. The personnel tasks would intervene in executing the team tasks constantly.

Lowly agree Highly agree

19. The tasks need to switch constantly

Lowly agree Highly agree

Gewichtung der Dimensionen des NASA TLX

Im Folgenden erhalten Sie eine Darstellung von Paaren der Dimensionen des NASA TLX Fragebogens. Bitte kreisen Sie für jedes Paar die Dimension ein, die Sie für die Aufgabe als vergleichsweise wichtiger betrachten. Falls Sie z.B. Performance wichtiger als Effort betrachten, dann kreisen Sie bitte Performance ein.

Performance	–	Effort
Mental Demand	–	Frustration
Physical Demand	–	Temporal Demand
Effort	–	Frustration
Physical Demand	–	Performance
Mental Demand	–	Effort
Physical Demand	–	Effort
Mental Demand	–	Temporal Demand
Physical Demand	–	Frustration
Temporal Demand	–	Effort
Mental Demand	–	Physical Demand
Temporal Demand	–	Frustration
Performance	–	Frustration
Mental Demand	–	Performance
Temporal Demand	–	Performance

Erläuterungen:

- **Mental Demand:** Wie viel geistige Anforderung war bei der Informationsaufnahme und bei der Informationsverarbeitung erforderlich (z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Hinsehen, Suchen ...)?
- **Physical Demand:** Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z.B. ziehen, drücken, drehen, steuern, aktivieren ...)?
- **Temporal Demand:** Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt mit dem die Aufgaben oder Aufgabenelemente auftraten?
- **Performance:** Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht?
- **Effort:** Wie hart mussten Sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen?
- **Frustration:** Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe?

Gewichtung der Dimensionen des TWA – Teil 1

Im Folgenden erhalten Sie eine Darstellung von Paaren der Dimensionen des TWA Fragebogens. Bitte kreisen Sie für jedes Paar die Dimension ein, die Sie für diese Aufgabe als vergleichsweise wichtiger betrachten. Falls Sie z.B. Coordination wichtiger als Communication betrachten, dann kreisen Sie bitte Coordination ein.

Coordination – Communication

Communication – Leadership and Support

Coordination – Leadership and Support

Communication – Time Sharing

Leadership and Support – Time Sharing

Coordination – Time Sharing

Erläuterungen:

- **Communication:** Wie viel Kommunikationsaufwand war für Sie nötig?
- **Coordination:** Wie viel Aufwand bezüglich der Koordination und Aufeinanderabstimmung der Aufgaben war für Sie nötig?
- **Leadership and Support:** Wie viel Aufwand zur Anweisung in der Gruppe bzw. wie viel Aufwand bezüglich der Unterstützung in der Gruppe war für Sie nötig?
- **Time Sharing:** Wie aufwändig war für die das festlegen der Zeitanforderungen für die Interaktionen und Koordination?

Gewichtung der Dimensionen des TWA – Teil 2

Im Folgenden erhalten Sie eine Darstellung von Paaren der Dimensionen des NASA TLX Fragebogens und der Dimension „Team Work Skills“. Die Team Work Skills umfassen alle vier Dimensionen des TWA Fragebogens (Communication, Coordination, Leadership and Support und Time Sharing). Bitte kreisen Sie für jedes Paar die Dimension ein, die Sie für diese Aufgabe als vergleichsweise wichtiger betrachten. Falls Sie z.B. Team Work Skills wichtiger als Mental Demand betrachten, dann kreisen Sie bitte Team Work Skills ein. Erläuterungen finden Sie auf den vorhergehenden Seiten.

Performance	–	Effort
Frustration	–	Team Work Skills
Mental Demand	–	Frustration
Frustration	–	Effort
Performance	–	Frustration
Team Work Skills	–	Temporal Demand
Physical Demand	–	Temporal Demand
Mental Demand	–	Team Work Skills
Physical Demand	–	Performance
Mental Demand	–	Effort
Team Work Skills	–	Physical Demand
Physical Demand	–	Effort
Effort	–	Team Work Skills
Mental Demand	–	Temporal Demand
Physical Demand	–	Frustration
Temporal Demand	–	Effort
Mental Demand	–	Physical Demand
Temporal Demand	–	Frustration
Mental Demand	–	Performance
Performance	–	Team Work Skills
Temporal Demand	–	Performance

INTERVIEW

1. Wie habt ihr die generelle Belastung (sowohl gruppenbezogen als auch individuell) beim Spielen von Collaborative Tetris empfunden?

2. Gab es einen Aspekt, der besonders belastend gewesen ist?

3. Welchen Durchlauf würdet ihr als den Schwierigsten bezeichnen und weshalb?

4. Würdet ihr sagen, dass das Gruppensetting auch die Belastungssituationen beeinflusst hat? Warum bzw. Warum nicht? Arbeitet ihr sonst auch zusammen?

5. Gab es aus eurer Sicht noch äußere Einflüsse die für euch belastend gewesen sind?

6. Möchtet ihr etwas zum Thema der empfundenen Belastung bei der Durchführung der Aufgabe anfügen/anmerken?

Empfangsbestätigung Studiengeld

Hiermit bestätige ich, dass ich das Studiengeld in Höhe von 10,- € für die Teilnahme an der Studie unter der Leitung von Herrn Kinan Ayub erhalten habe.

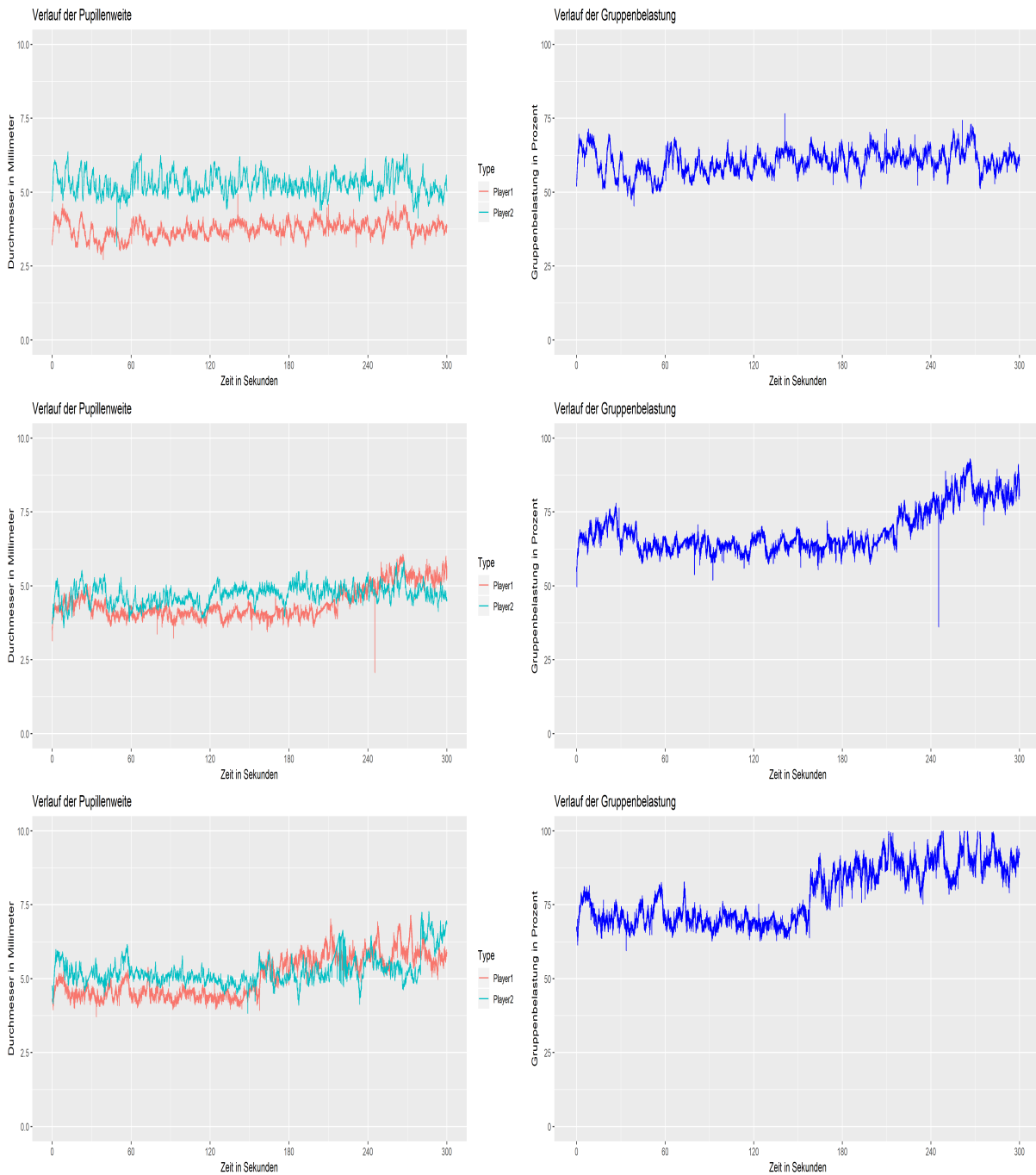
Name: _____

Vorname: _____

Ort, Datum: _____

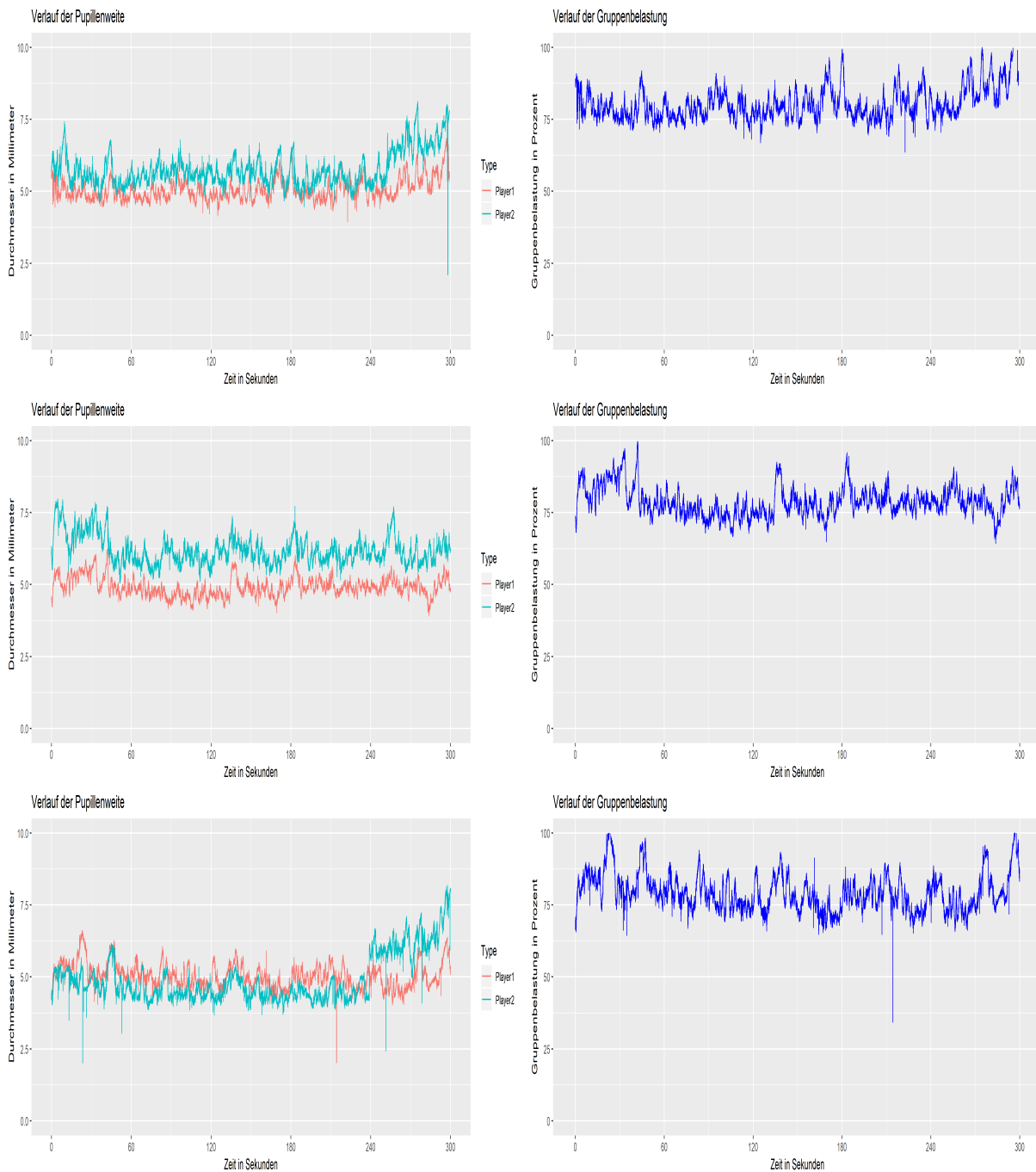
Unterschrift: _____

Anhang B - Visualisierungen zur ersten Gruppe



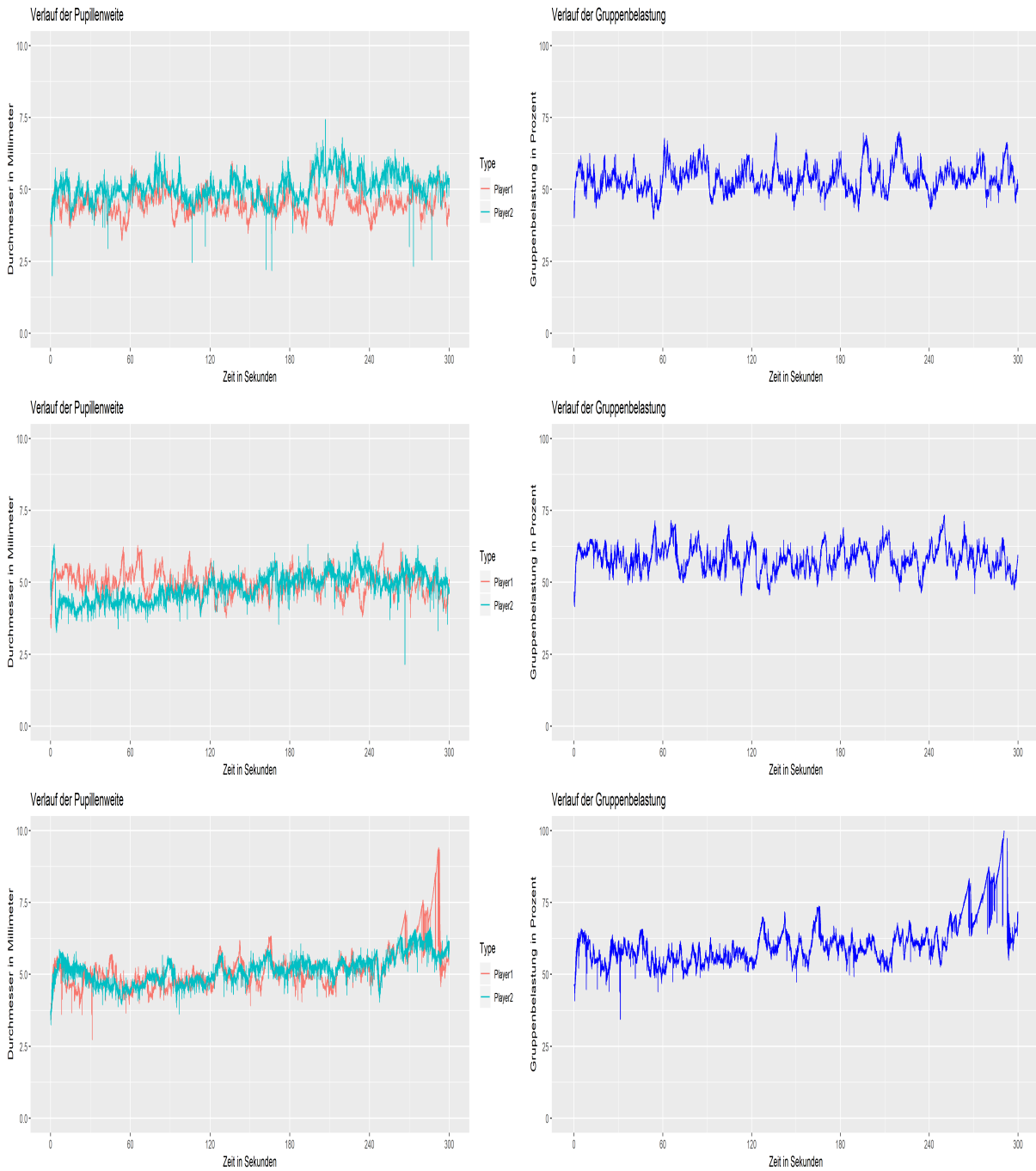
Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang C - Visualisierungen zur zweiten Gruppe



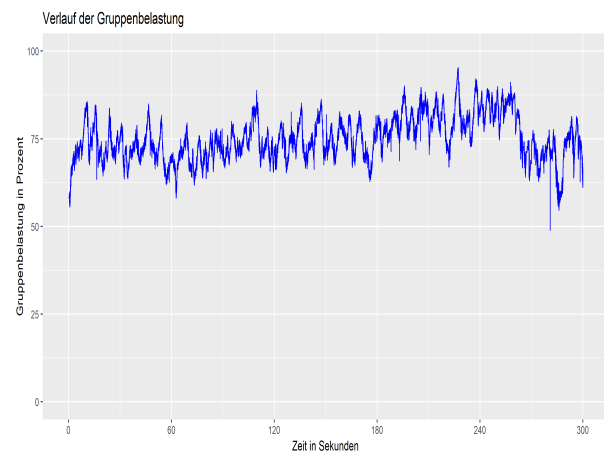
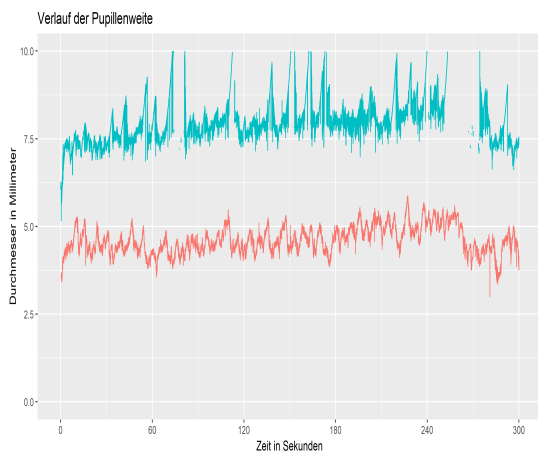
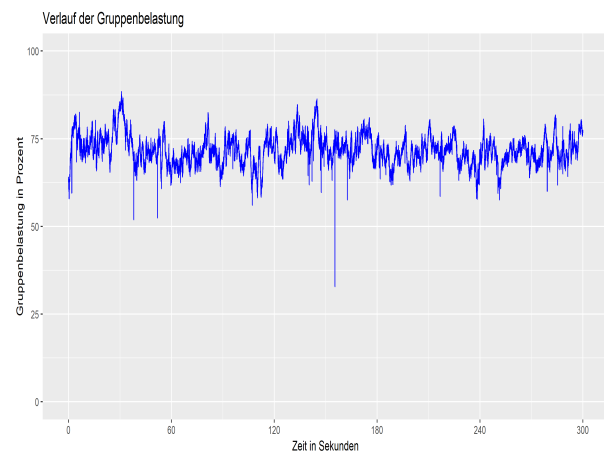
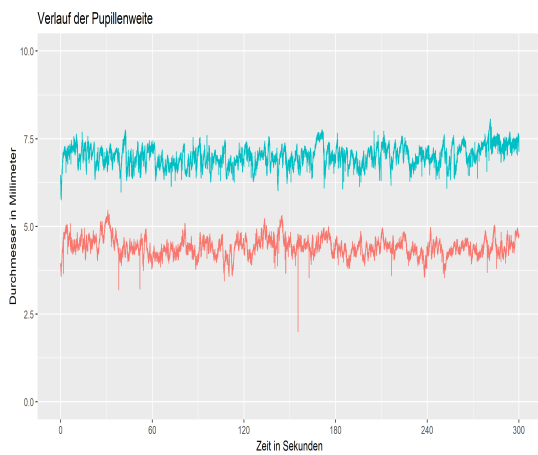
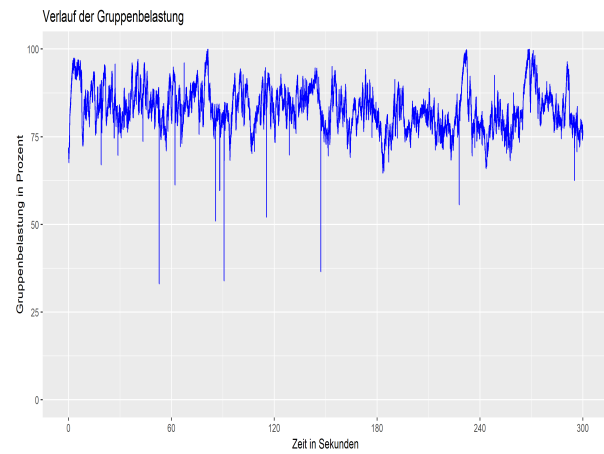
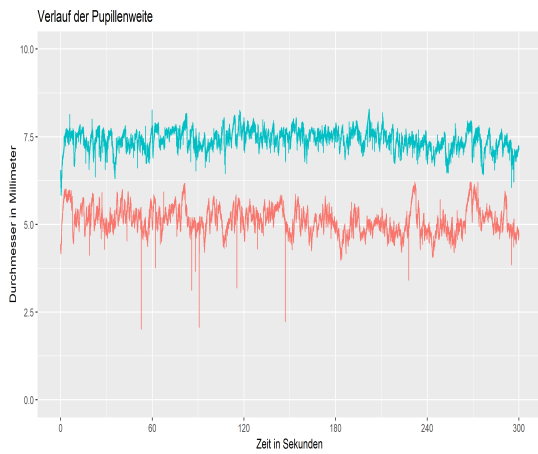
Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang D - Visualisierungen zur dritten Gruppe



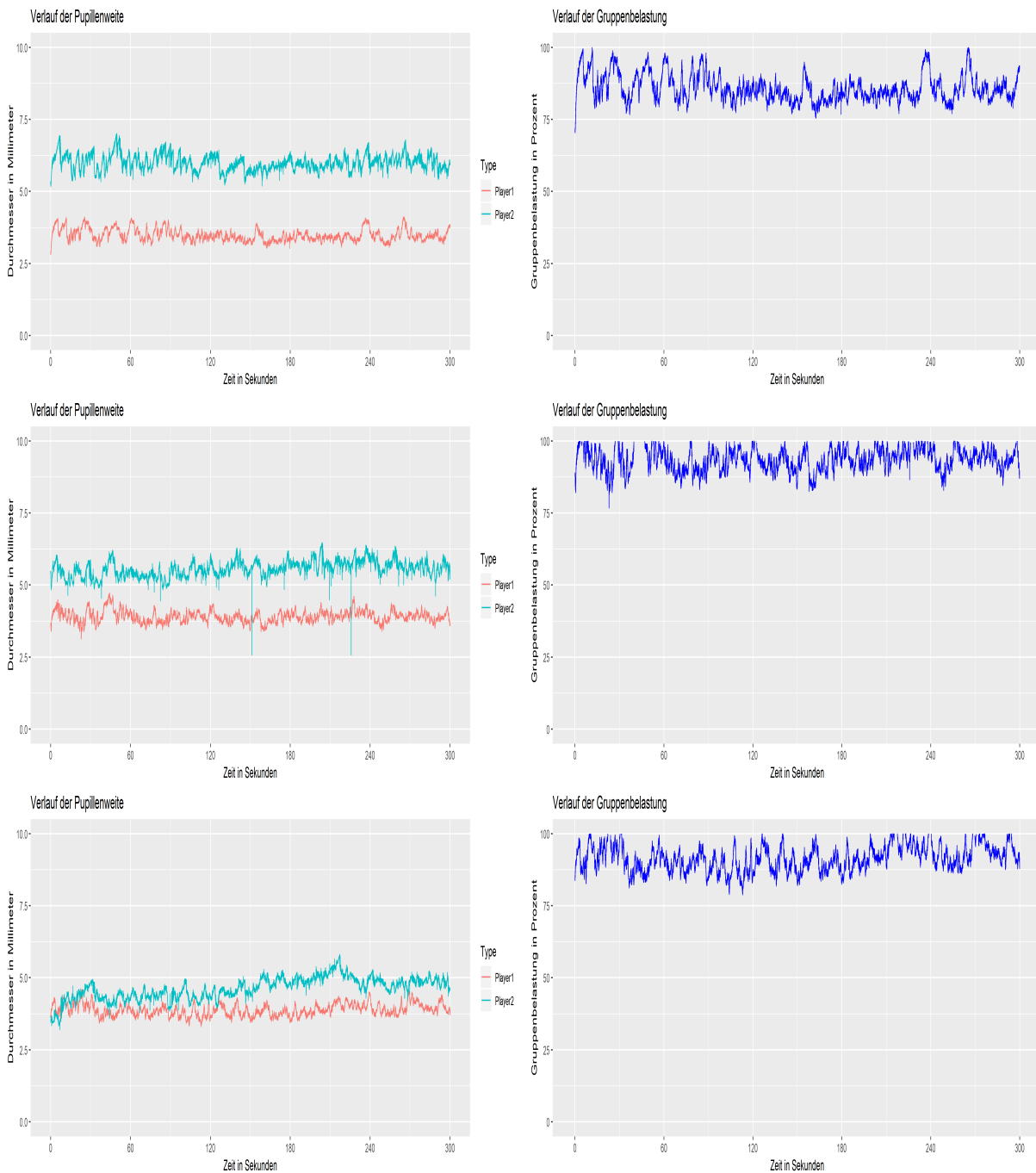
Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang E - Visualisierungen zur vierten Gruppe



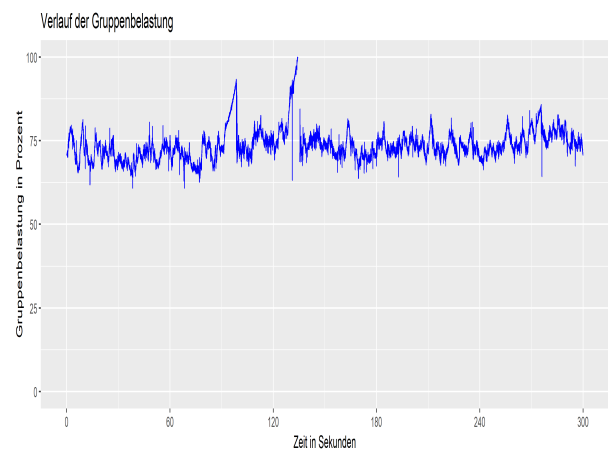
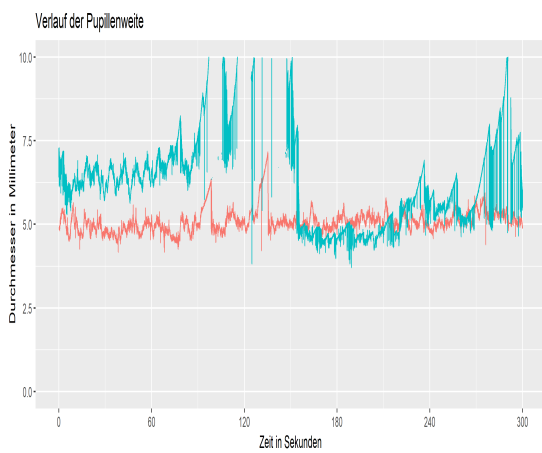
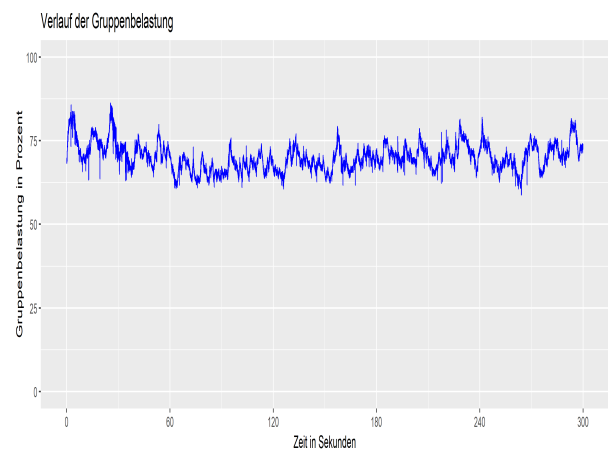
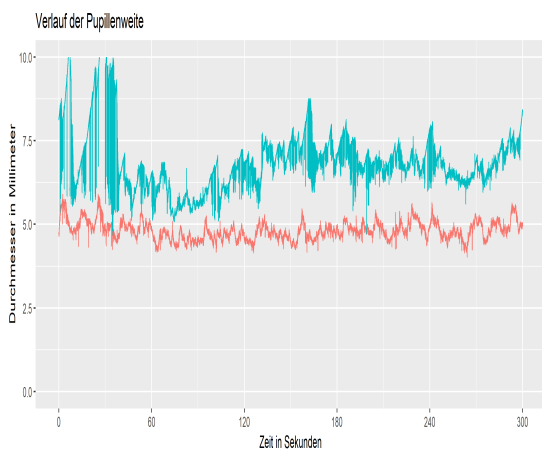
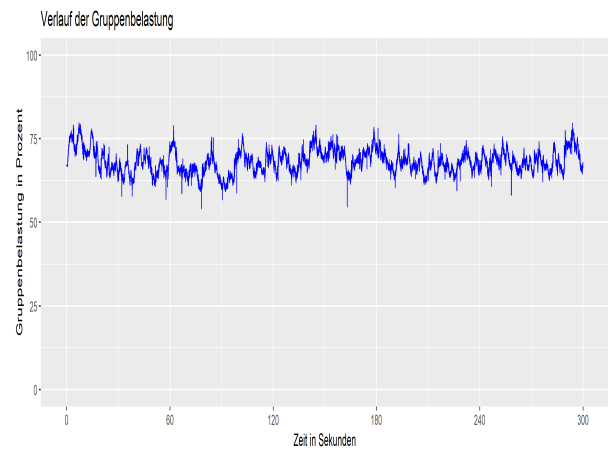
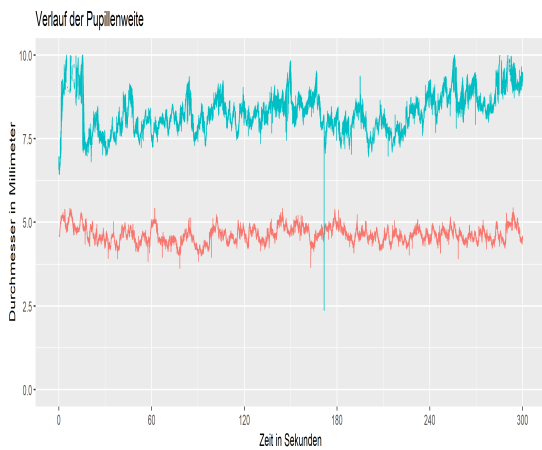
Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang F - Visualisierungen zur fünften Gruppe



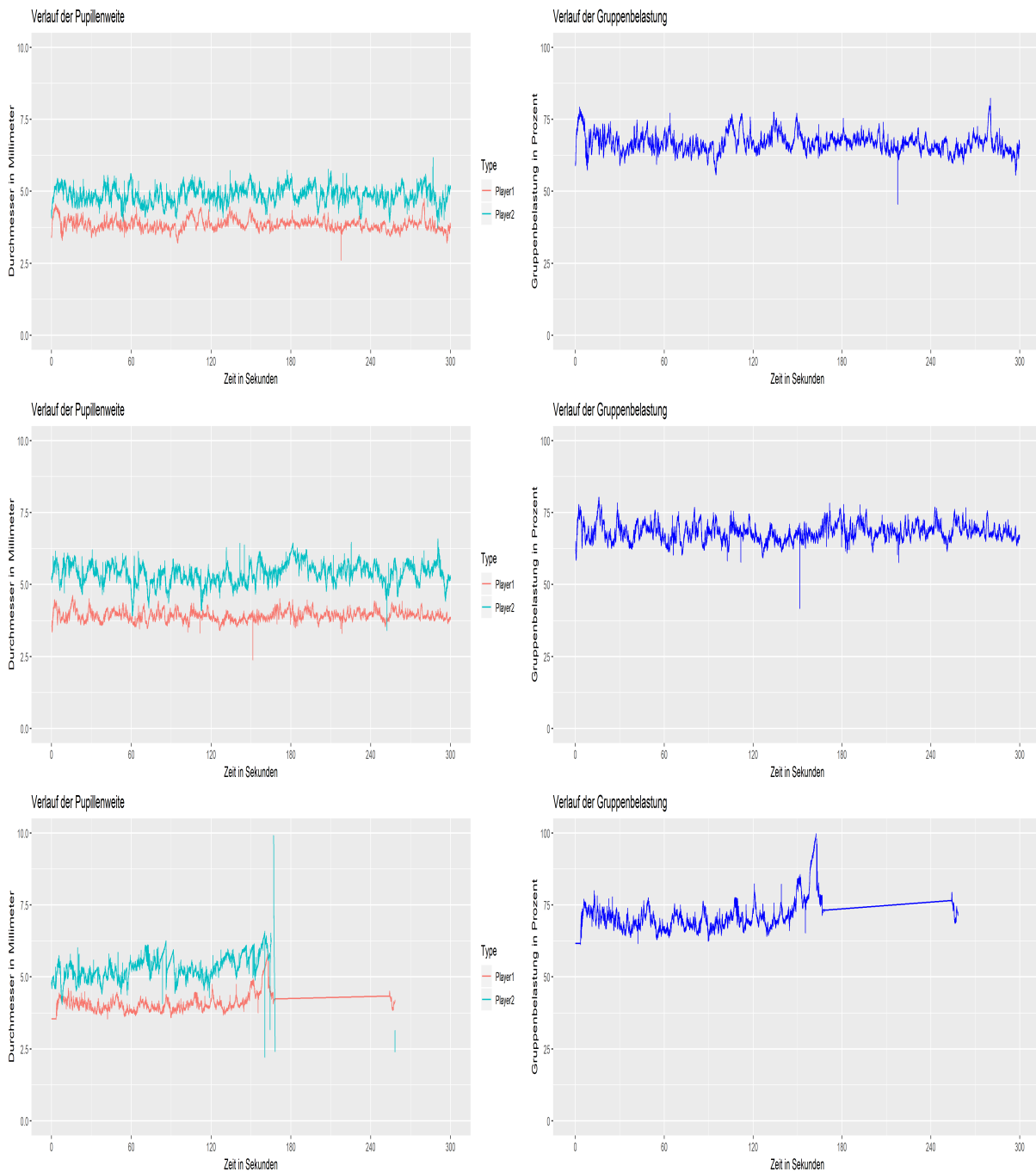
Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang G - Visualisierungen zur sechsten Gruppe



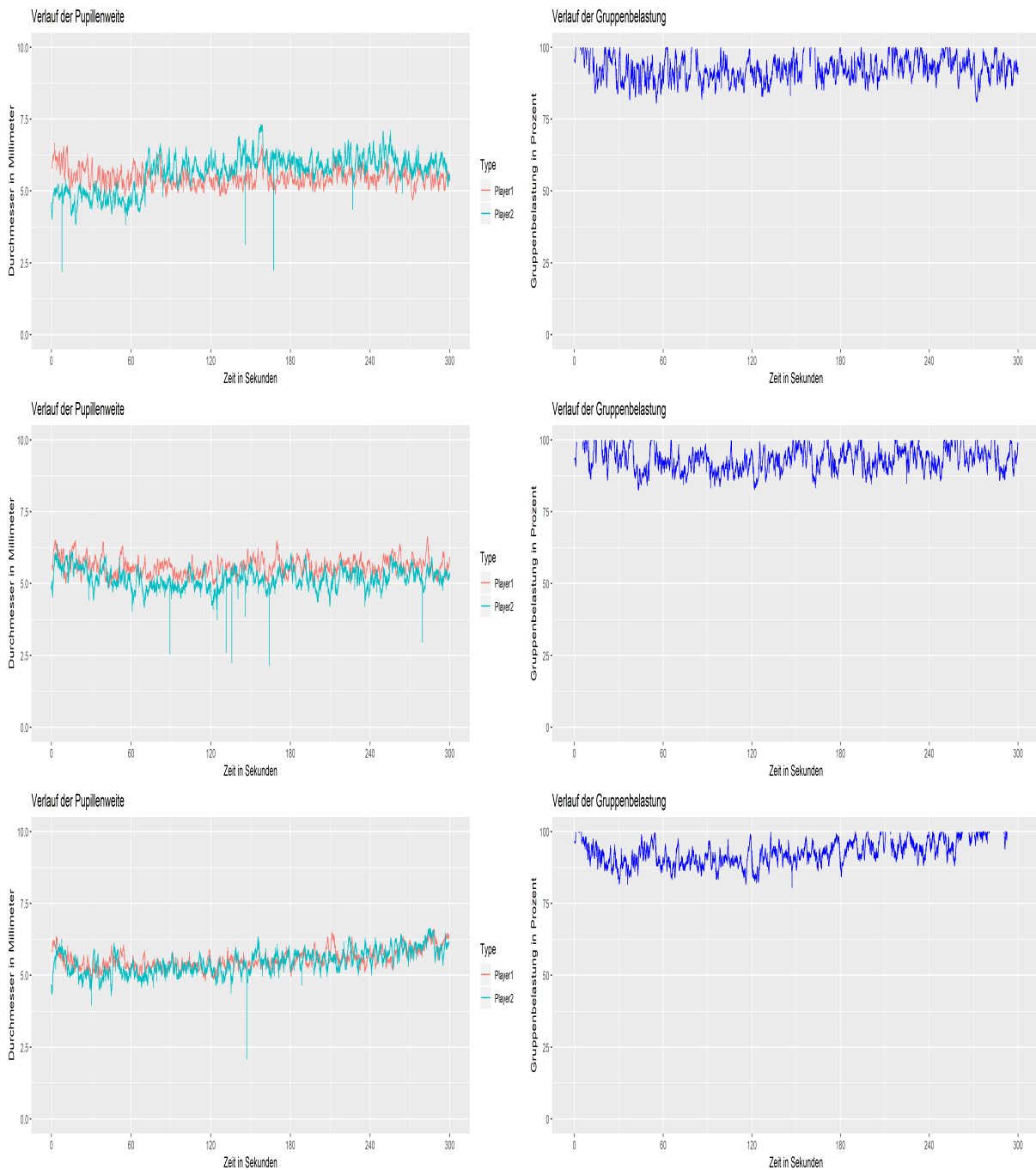
Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang H - Visualisierungen zur siebten Gruppe



Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

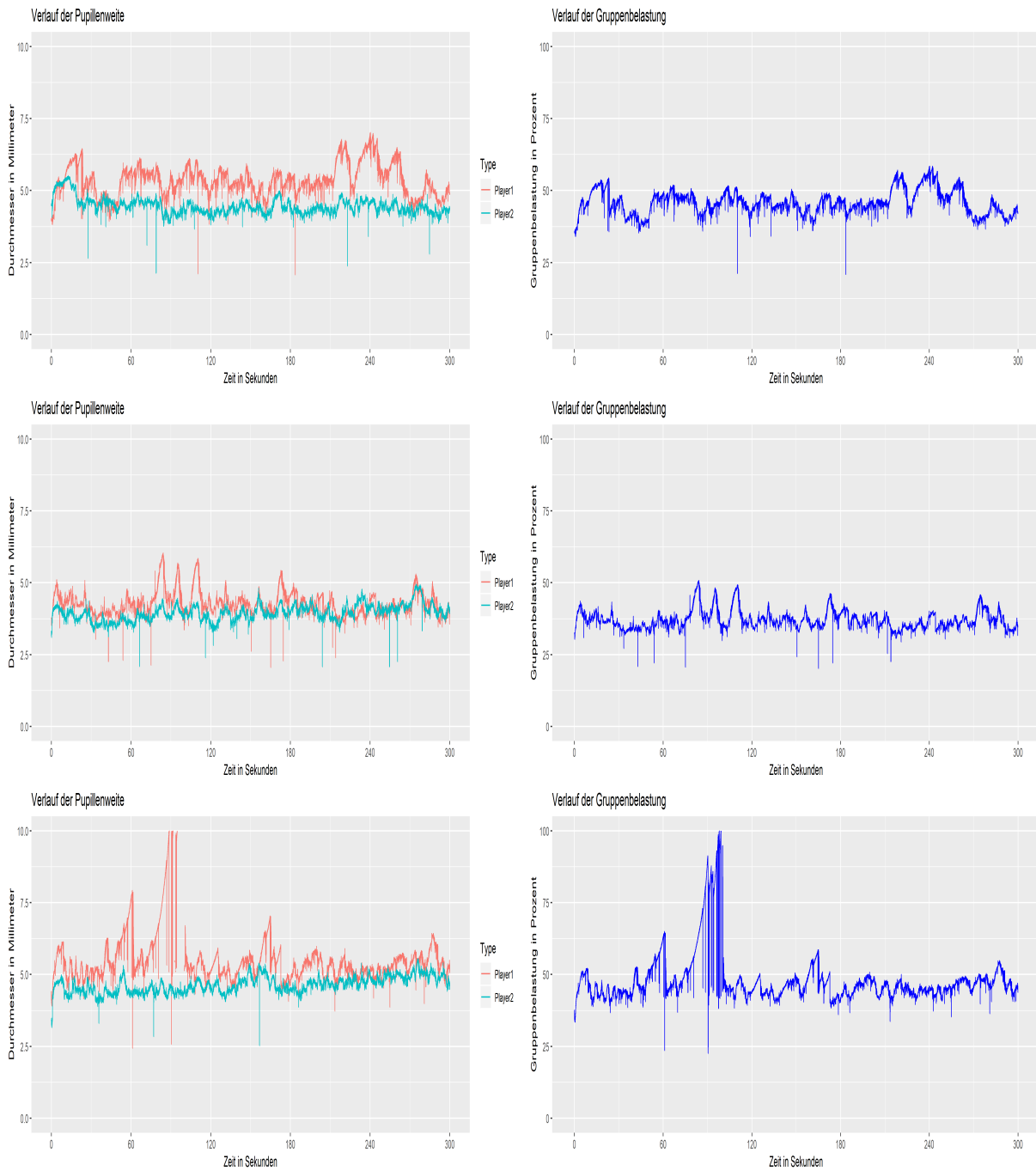
Anhang I - Visualisierungen zur achten Gruppe



Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)

Anhang J - Visualisierungen zur neunten Gruppe

T



Verlauf der Pupillenweiten und des Index der Gruppenbelastung
(Level 1: oben, Level 2: mitte, Level 3: unten)