

Blickbasierte Awarenessmechanismen zur Kollaborationsunterstützung

Philipp Schlieker-Steens¹, Christian Schlösser¹, Andreas Harrer², Andrea Kienle¹

Fachbereich Informatik, Fachhochschule Dortmund¹
Institut für Informatik, Technische Universität Clausthal²

Zusammenfassung

Mittels Eye-Tracking kann in computergestützten Anwendungen ermittelt werden, welche Bereiche Benutzer auf ihrem Bildschirm betrachten. Diese Information kann in kollaborativen Anwendungen in Echtzeit an den Partner übermittelt werden, um so einen zusätzlichen Informationskanal zu schaffen. In diesem Beitrag werden verschiedene Darstellungsarten der Blickdatenübermittlung in einer kollaborativen Anwendung miteinander verglichen. Dazu wird eine Studie mit drei Gruppen durchgeführt, bei der die Blickdaten der Probanden mittels Eye-Tracking aufgezeichnet werden, während sie gemeinsam eine Puzzleaufgabe lösen. In Echtzeit werden die Blickdaten an den Partner übermittelt und je nach Gruppe mit einer anderen Darstellungsmethode visualisiert. Ziel ist es, eine kontextbasierte Blickdatenübermittlung zu evaluieren, um die in der Literatur bekannten Vorteile der Blickdatenübertragung auf Koordinatenbasis auch außerhalb von What-You-See-Is-What-I-See (WYSIWIS) Oberflächen nutzbar zu machen.

1 Einleitung

Gruppenarbeit wird zunehmend computermediert unterstützt. Dabei wird die räumliche Distanz durch verteilte Anwendungen überbrückt. Diese kollaborativen Anwendungen dienen als Mediatoren und unterstützen die Zusammenarbeit (Reinmann-Rothmeier & Mandl 2002). Die Förderung der Kollaboration ist ein entscheidender Faktor und kann in den entsprechenden Anwendungen auf verschiedene Arten erfolgen. Sogenannte Awareness-Tools (zu Deutsch: Bewusstseins-, Gewährseins-Werkzeug) unterstützen den Benutzer der Anwendung dabei, seinem Partner ein Bewusstsein über den aktuellen Kontext zu vermitteln, sodass dieser seine Handlungen gezielt darauf abstimmen kann (Dillenbourg et al. 2009). Um eine solche Bewusstseinsunterstützung in einer kollaborativen Anwendung zu integrieren, kann Eye-Tracking als interaktive Methode herangezogen werden.

Effiziente Kollaboration ist stark von der sogenannten Joint Attention abhängig, die eine gemeinsame Konzentration auf ein Objekt von zwei oder mehr Personen bezeichnet (Richardson

& Dale 2005; Schneider & Pea 2013). Der Begriff ist sehr allgemein und in unterschiedlichsten Forschungsgebieten vertreten. Als schwächste Form wird Shared Gaze (zu Deutsch: geteilte visuelle Aufmerksamkeit) angesehen, bei dem mindestens zwei Individuen dasselbe Objekt betrachten. Pietinen et al. 2010 gehen davon aus, dass allein die Anzahl und Dauer von Shared Gaze Vorkommnissen auf die Intensität von Kollaboration schließen lassen können, auch wenn explizit erwähnt wird, dass Kollaboration auch außerhalb des Sensors Eye-Tracker stattfindet.

In der persönlichen Interaktion, also ohne zwischengeschaltete Medien, kann Shared Gaze über die Verfolgung des jeweils anderen Blickes erfolgen. Da dieses Mittel in der computermedierten Interaktion fehlt, ist eine naheliegende Lösung die Übertragung des Blickpunktes (Gaze Cursor) zum jeweils anderen. Diese Methode ist als Gaze Sharing bekannt (Nüssli 2011; Schneider & Pea 2013). Voraussetzung für das Gaze Sharing sind What-You-See-Is-What-I-See (WYSIWIS) Oberflächen (Stefik et al. 1987), bei denen alle Nutzer die gleichen Inhalte sehen. Dies ist erforderlich, da sonst kein Zusammenhang zwischen dem Blickpunkt des Partners und den eigenen Bildschirmhalten besteht, weshalb z.B. auch das Seitenverhältnis des Monitors sowie dessen Auflösung berücksichtigt werden müssen. Da diese identischen Systemumgebungen außerhalb von Laborbedingungen in der Regel nicht vorhanden sind und das WYSIWIS-Prinzip nicht auf alle Anwendungsarten übertragbar ist, ist ein flexiblerer Ansatz zum Gaze Sharing, ohne den Zwang zu WYSIWIS-Oberflächen, wünschenswert. Dazu muss konsequenterweise von der koordinatenbasierten (Wo?) Blickdatenübermittlung auf eine kontextbasierte (Was?) Blickdatenübermittlung gewechselt werden. Dafür sprechen auch die Ergebnisse von (Müller 2012), dass Informationen über die Aufmerksamkeitsprozesse zwar relevant sein können, aber selten in dem Detaillierungsgrad der genauen Blickkoordinaten benötigt werden. Sie geht davon aus, dass das Wissen, dass sich ein Partner auf ein bestimmtes Objekt konzentriert, ausreicht.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, eine kontextbasierte Blickdatenübermittlung der koordinatenbasierten Blickdatenübermittlung gegenüberzustellen. Es soll also der Frage nachgegangen werden, ob sich dabei vergleichbare positive Effekte nachweisen lassen und somit ein Einsatz außerhalb der WYSIWIS-Oberflächen möglich ist.

2 Experiment

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden die beiden oben genannten Darstellungsarten einer Kontrollgruppe ohne jegliche Blickunterstützung in einem Experiment gegenübergestellt. Dazu wurde ein between-subjects Design mit drei Gruppen gewählt. Im Folgenden wird der Begriff Gaze Awareness für die Gruppe mit kontextbasierter Blickdatenübermittlung, der Begriff Gaze Cursor für die Gruppe mit koordinatenbasierter Blickdatenübermittlung (Blickpunkt) und der Begriff No Gaze für die Gruppe ohne Blickunterstützung verwendet. Jedes Probandenpaar durchlief das Puzzle nur einmal für ausschließlich eine Darstellungsart.

2.1 Untersuchungsanwendung

Als Studienmaterial kam ein browserbasiertes kollaboratives Puzzle zum Einsatz, welches in Anlehnung an das von (Mühlenbrock 2000) in Studien verwendete Schildkrötenpuzzle entwickelt wurde (siehe Abbildung 1). Ziel ist es dabei, zusammenpassende Köpfe und Körper zu verbinden.

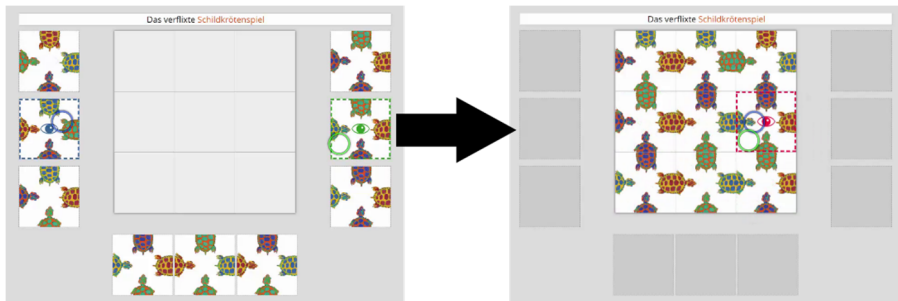


Abbildung 1 Untersuchungsanwendung; Links: ungelöstes Puzzle, Rechts: gelöstes Puzzle

Das Puzzle besteht aus neun Puzzleteilen, die zu Beginn um das eigentliche Spielfeld angeordnet sind. Die Teile müssen sich entweder auf einem dieser Ablagefelder oder auf dem Spielfeld befinden, sie können nicht im leeren Raum platziert oder gestapelt werden. Der Versuch, Puzzleteile zu stapeln führt zum automatischen Positionswechsel der Puzzleteile. Die Puzzleteile können nicht gedreht werden, da dies die Schwierigkeit enorm anhebt, was aus Sicht der Studie in einer zu langen Lösungszeit resultiert. Alle Bewegungen werden in Echtzeit an den Partner übermittelt. Währenddessen ist der Zugriff exklusiv. Für das Puzzle existiert nur eine gültige Lösung, die vom System automatisch erkannt wird.



Abbildung 2 Blickdatenvisualisierung in den Untersuchungsgruppen; Links: No Gaze, Mitte: Gaze Cursor, Rechts: Gaze Awareness

Um den oben genannten Bedingungen der einzelnen Gruppen gerecht zu werden, wurde für jede dieser Gruppen eine leicht modifizierte Version des Puzzles erstellt. Abbildung 2 zeigt die Art der Blickunterstützung, die dem jeweiligen Partner in den drei Gruppen übermittelt wurde. Die erste Gruppe erhielt keinerlei Blickunterstützung. Intern wurden diese Prozesse zwar im Rahmen der Datenerhebung angestoßen, es erfolgte aber keine Darstellung. Die

zweite Gruppe sah den Blickpunkt des jeweils anderen in Form eines Ringes der sich frei auf dem Bildschirm bewegen konnte und nicht an ein Element gebunden war. Die Größe des Ringes entsprach dabei annäherungsweise dem Durchmesser des fovealen Bereichs des menschlichen Sehens auf dem Bildschirm. Als Datenbasis für den Blickpfad wurden entrauschte Blickdaten mit einem Intervall von 50ms verwendet. Die Bewegung des Blickpunktes von zwei aufeinanderfolgenden Blickpositionen wurde über eine Animation geglättet, um eine ruhigere Darstellung zu erreichen. Der Blickpunkt wurde bei Ausbleiben des Blickdatenstroms umgehend ausgeblendet, z.B. also beim Wegsehen vom Bildschirm. Die Bedingung der dritten Gruppe führte zu einer Markierung von Puzzleteilen und Spielfeldern, sobald diese für 200ms fixiert wurden (dwell-based Methode). Die Anzeige erfolgte dabei nicht umgehend, sondern wurde innerhalb von 200ms eingblendet und analog bei Wegsehen ausgeblendet.

2.2 Ablauf

Insgesamt nahmen 60 Teilnehmer an der Studie teil. Diese 60 Teilnehmer wurden auf die drei Gruppen mit je 20 Probanden, also 10 Dyaden, verteilt. Das Durchschnittsalter der Probanden lag bei 23,2 Jahren ($SD=3,4$). Die geschlechtliche Verteilung war 14 Frauen zu 46 Männer. Allen Probanden wurden die gleichen Informationen zur Verfügung gestellt. Sie sollten gemeinsam das Puzzle lösen, wobei sie sich an unterschiedlichen Rechnern in separaten Räumen befinden, die über Netzwerk verbunden sind. Nach der Einweisung wurden die Probanden auf zwei Räume verteilt und mit dem Eye-Tracker vertraut gemacht. Zur Kommunikation diente ein gemeinsamer Voice-Chat. Zunächst wurde den Probanden ein Anleitungstext auf dem Bildschirm gezeigt, der noch einmal kurze Instruktionen zum Puzzle gab und die Spielmechanik erklärte. Ebenfalls wurden, entsprechend der jeweiligen Gruppe, Hinweise zu der Blickdatenunterstützung gegeben. Die maximale Zeit zur Lösung des Puzzles wurde auf 20 Minuten begrenzt. Diese zeitliche Limitierung wurde im Vorhinein nicht kommuniziert, um kein Gefühl des Zeitdrucks zu erzeugen. Falls sich die Probanden beim Ablauf der 20 Minuten kurz vor der Lösung befanden, wurden zusätzliche Minuten gewährt. Der Versuchsleiter gab durch den Voice-Chat den Start und das Ende bekannt und wies auf die Einhaltung der korrekten Sitzposition hin.

2.3 Erhobene Daten

Unabhängig von der Probanden-Gruppe wurden immer die gleichen Daten erhoben. Auf der einen Seite wurden spielspezifische Daten gesammelt, wie Drags und Drops sowie berechnete Werte für den aktuellen Stand des Spiels bzw. die Positionen der Spielkarten. Auf der anderen Seite wurden die Daten der Eye-Tracker gespeichert. Diese setzen sich aus den eigentlichen Blickrohdaten zusammen, sowie den Fixationen und Werte der Pupillengröße der Probanden. Fixationen wurden um Informationen der angesehenen Objekte gemäß einer abstandsbasierter HitDetection (Nüssli 2011) angereichert. Zusätzlich wurde ein Bildschirmvideo pro Dyade aufgezeichnet, das die Blickpfade und Aktionen beider Probanden parallel anzeigt.

2.4 Hypothesen

Zur Überprüfung der Forschungsfrage wurden drei Hypothesen formuliert, die aus unterschiedlichen Betrachtungswinkeln die Wirksamkeit der kontextbasierten Blickdatenübertragung unterstellen. Ziel ist es festzustellen, ob sich die positiven Effekte der koordinatenbasierten Blickdatenübermittlung auch bei der kontextbasierten Blickdatenübermittlung nachweisen lassen und somit ein Einsatz außerhalb der WYSIWIS-Oberflächen möglich ist.

1. Die Qualität der Kollaboration erhöht sich unter der Zuhilfenahme der Gaze Awareness und dem Gaze Cursor im Vergleich zur No Gaze Gruppe.
2. Die Häufigkeit der geteilten visuellen Aufmerksamkeit ist in der Gaze Awareness Gruppe auf einem vergleichbaren Niveau zur Gaze Cursor Gruppe und höher als in der No Gaze Gruppe.
3. Die Verwendung der Gaze Awareness und des Gaze Cursors erzeugt bei den Probanden eine geringere kognitive Belastung als bei der No Gaze Gruppe.

2.5 Methoden

Zur Beantwortung der oben aufgestellten Hypothesen wurden drei Methoden verwendet, die nachfolgend beschrieben werden.

Methode 1 – Bewertungsschema der Kollaboration: Die Qualität einer computermedierten Kollaboration lässt sich durch ein multidimensionales Bewertungsschema messen. Das Bewertungsschema, im Original von (Meier et al. 2007), wurde zur Untersuchung von Lernszenarien gestaltet und besteht aus den folgenden neun Dimensionen: Verständnis schaffen, Dialogmanagement, Informationsaustausch, Konsensschaffung, Aufgabenteilung, Zeitmanagement, technische Koordination, Wechselwirkung der Interaktion und individuelle Aufgabenorientierung (sustaining mutual understanding, dialogue management, information pooling, reaching consensus, task division, time management, technical coordination, reciprocal interaction and individual task orientation). Diese Dimensionen werden von mindestens zwei Personen unabhängig voneinander bewertet. Dadurch ergeben sich Punktesummen für jede Dimension sowie ein Gesamtergebnis. Vergleiche können also selektiv im Betrachtungsrahmen der Dimension aber auch auf Basis der Gesamtpunkte durchgeführt werden. Dieses Schema wurde im Bereich des Dual-Eye-Tracking bereits verwendet (Nüssli 2011; Schneider & Pea 2013), sodass die Ergebnisse verglichen werden können. Das Bewertungsschema wurde in Anlehnung an die bereits modifizierte Version von (Kahrmanis et al. 2009) entsprechend der hier verwendeten kollaborativen Anwendung erneut angepasst, da bei dem zu lösenden Puzzle nicht alle Kriterien zu bewerten waren. Aus dem Katalog entfernt wurden das Zeitmanagement und die technische Koordination. Das Zeitmanagement ist aufgrund der nicht bekannten zeitlichen Limitierung nicht Bestandteil der Bewertung. Die technische Koordination entfiel, da den Probanden als Hilfsmittel lediglich die Maus zur Verfügung stand. Die Bedienung wurde eingangs erklärt und die Verwendung der Spielmechanik verdeutlicht. Die Aufgabenteilung wurde hinsichtlich ihrer Bedeutung in eine Art des Konfliktmanagements umgewandelt und entsprechend umbenannt (Kahrmanis et al. 2009). Hierbei wurde bewertet,

inwiefern sich die Probanden gegenseitig behindert haben, beispielsweise wenn beide das gleiche Puzzleteil aufnehmen wollten. Die individuelle Aufgabenorientierung wurde in den Aspekt der ausgeglichenen Handlungen umgewandelt, da bei den einzelnen Probanden kein individueller Lerneffekt zu bewerten war. Stattdessen ist in die Bewertung eingeflossen, ob die Handlungen gleich verteilt waren oder ob ein Proband die Aufgabe alleine gelöst hat.

Methode 2 – Shared Gaze Intervalle: Innerhalb einer Kollaboration sind Shared Gaze Intervalle auf Elementen Indikator für den Grad der Zusammenarbeit. Besonders mittels Eye-Tracking lässt sich dieser Wert bestimmen (Schneider & Pea 2013). Je dichter die Partner zusammenarbeiten, desto häufiger treffen sich ihre Blicke auf Elementen, die im aktuellen Kontext von Interesse sind (Pietinen et al. 2010). Ob die zusammenarbeitenden Partner das gleiche Objekt betrachten, wurde automatisch vom System erkannt. Dazu wurde eine distanzbasierte HitDetection (Nüssli 2011) verwendet, sodass kein Algorithmus zur nachträglichen Berechnung notwendig ist. Um zufällig auftretende Shared Gaze Vorkommnisse auszusortieren, wurde die durchschnittliche Fixationslänge aller Probanden als Mindestlänge eines Shared Gaze Intervalls genommen. Da bisher keine generellen Aussagen über die Häufigkeit von Shared Gaze Intervallen getätigt wurden und dieses stark vom gewählten Szenario abhängig sind, wurde ein Vergleich zur No Gaze Gruppe durchgeführt.

Methode 3 – Pupillometrie: Das Verfahren zur Messung des Pupillendurchmessers wird als Pupillometrie bezeichnet. Wie Holmqvist 2011 schreibt, lassen sich diese Werte für Interpretationen zur kognitiven Belastung sowie der Erkennung von Emotionen verwenden, denn die Pupillengröße variiert je nach mentaler Beanspruchung. Werden diese Interpretationen mit den parallel durchgeführten Aktionen des Probanden in Verbindung gesetzt, so lassen sich z.B. Rückschlüsse zur Komplexität einer Aufgabe oder Reaktion auf einen präsentierten Stimulus ziehen. Er betont dabei jedoch ausdrücklich, dass eine Vielzahl von äußeren Faktoren den Pupillendurchmesser beeinflussen und ein Versuchsaufbau dieses berücksichtigen muss. Es ist also sicherzustellen, dass die psychische Belastung den tatsächlichen Auslöser der Pupillenveränderung darstellt. Die eklatanteste Einflussgröße sind die Lichtverhältnisse. Dabei ist neben dem Umgebungslicht auch der Stimulus zu beachten. Wird bei einem Computermonitor zwischen hellen und dunklen Bildern oder Oberflächen gewechselt, beeinflusst das die Pupillengröße in gleichem Ausmaß. Eye-Tracking Geräte sind in der Lage, den Pupillendurchmesser zu bestimmen, weshalb die Pupillometrie eine sinnvolle Ergänzung zu Eye-Tracking Studien darstellt.

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden über sechs Stunden Videomaterial aufgenommen. Das Eye-Tracking als solches bringt eine gewisse Einschränkung der Bewegungsfreiheit der Probanden mit sich, da bei starken Neigungen des Kopfes falsche oder gar keine Blickdaten aufgezeichnet werden können. Aus diesem Grund mussten einige der Teilnehmer immer wieder an ihre korrekte Sitzposition erinnert werden, wodurch drei der 30 aufgezeichneten Dyaden aussortiert werden mussten, da auf Basis ihrer Blickdaten keine verlässlichen Auswertungen durchgeführt werden konnten. Es ergeben sich dadurch folgende Grundgesamtheiten: No Gaze n=10; Gaze Cursor

n=9; Gaze Awareness n=8. Bei Auswertungen, bei denen keine Blickdaten hinzugezogen wurden, sind alle 30 Dyaden ausgewertet worden.

Hypothese 1: Zur Untersuchung der Kollaborationsqualität wurde das oben beschriebene Bewertungsschema benutzt. Um die Objektivität der beiden Analysten zu bewerten, wurde das Verfahren der Intra-Klassen-Korrelation (ICC) zur Bestimmung des Intra-Klassen-Korrelationskoeffizienten angewendet. Dieser Koeffizient nimmt Werte zwischen -1 (vollständig negativ abhängig) und +1 (vollständig positiv abhängig) an. Entspricht der Wert 0, so ist keine Abhängigkeit vorhanden. Bei einem Wert von 0,7 spricht man von einer akzeptablen Übereinstimmung. Ist der Wert geringer, so muss bei der Interpretation der Ergebnisse eine subjektive Bewertung im Einzelfall stattfinden. Getestet wurden die Bewertungen der Dimensionen und der einzelnen Dyaden, um ggf. Unterschiede festzustellen (siehe letzte Spalte Tabelle 1). Die Anwendung des angepassten Bewertungsschemas wurde unter der Vergabe von Punkten zwischen -2 (sehr schlecht) bis +2 (sehr gut) von zwei unabhängigen Analysten durchgeführt und ist in Tabelle 1 zu sehen. Die Nummerierung der Dimensionen ist anhand der originalen Tabelle durchgeführt worden und die umformulierten Dimensionen mit einem Asterisk gekennzeichnet.

		No Gaze		Gaze Cursor		Gaze Awareness					
#	Dimension	M	SD	M	SD	M	SD	F(2,27)	p	η^2	ICC
1	Verständnis schaffen	0,35	1,25	0,40	0,94	0,70	0,75	0,32	0,73	0,02	0,69
2	Dialogmanagement	0,95	1,01	1,10	0,83	0,75	0,51	0,42	0,66	0,03	0,75
3	Informationsaustausch	-0,15	1,18	0,40	1,07	1,00	0,63	3,04	0,06	0,18	0,71
4	Konsensschaffung	-0,65	0,74	0,35	1,07	0,75	0,72	6,33	0,01	0,32	0,69
5	Konfliktmanagement*	0,30	1,10	0,65	0,71	0,55	0,82	0,37	0,70	0,03	0,67
8	Wechselwirkung der Interaktion	1,00	0,89	1,20	0,46	1,20	0,60	0,26	0,77	0,02	0,65
9	Handlungsausgleich*	1,20	0,60	0,30	0,64	0,40	0,92	4,08	0,03	0,23	0,75
Punktesumme		3,00		4,40		5,35					

Tabelle 1 Ergebnisse der Qualitätsbewertung

Im Gesamtvergleich schneiden die Gruppen mit Blickunterstützung in Bezug auf die Kollaborationsqualität besser ab als die Gruppen ohne Blickunterstützung. Die Kollaboration ist also unter Vorbehalt als qualitativ hochwertiger zu bezeichnen. Ebenso ist zu erkennen, dass die Gruppe der Gaze Awareness qualitativ hochwertiger zusammenarbeitet als die Gaze Cursor Gruppe. Die Varianzanalyse bildet die Ergebnisse der Dimensionen im Gruppenvergleich ab.

Daraus ist zu entnehmen, dass ausschließlich die Dimensionen Konsensschaffung und Handlungsausgleich signifikante Unterschiede aufweisen. Die Dimension des Informationsaustauschs ist mit $p=0,06$ fast signifikant unterschiedlich. Vergleicht man die Endergebnissummen der Dimensionen unter den Gruppen, so ist zu erkennen, dass die Gaze Awareness Gruppe am besten abschneidet. Allerdings ist dieses Ergebnis als statistisch nicht signifikant zu interpretieren ($F(2,18)=0,90$; $p=0,42$; $\eta^2=0,09$), was auf die geringe Anzahl der Probanden zurückzuführen ist.

Hypothese 2: Zur Messung der auftretenden Shared Gaze Intervalle pro Minute innerhalb der Untersuchungsgruppen, wurden die in Methode 2 beschriebenen Daten verwendet. Abbildung 3 stellt die Ergebnisse der Messung von Shared Gaze Intervallen im Gruppenvergleich dar. Es ist zu erkennen, dass die blickunterstützten Gruppen häufiger zur gleichen Zeit die gleichen Elemente betrachten als die nicht blickunterstützte Gruppe. Die durchschnittliche Dauer der Shared Gaze Intervalle war über alle Gruppen hinweg fast identisch (No Gaze: 0,44s; Gaze Cursor: 0,46s; Gaze Awareness: 0,44s).

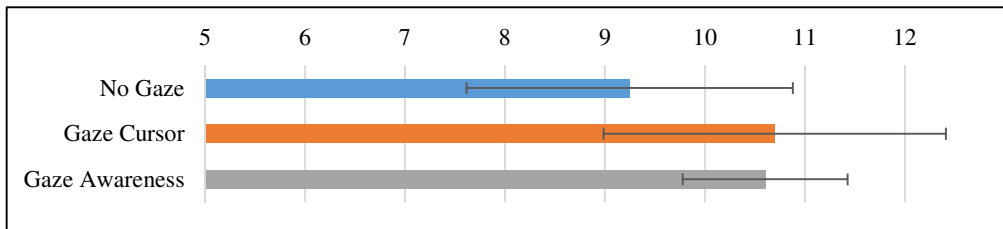


Abbildung 3 Shared Gaze Vorkommnisse im Vergleich; Häufigkeit von Shared Gaze im Mittel und Darstellung der Standardabweichung

Daraus ist zu schließen, dass die blickunterstützten Gruppen schneller einen gemeinsamen Kontext herstellen können als die Gruppe ohne, da das gemeinte Teil oder Ablagefeld direkt markiert ist. Es ist auch festzustellen, dass über alle Parametersätze hinweg die Gruppe mit dem Gaze Cursor mehr Shared Gaze erzeugt als die anderen beiden Gruppen. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Bewegung des Gaze Cursors die Aufmerksamkeit der Benutzer schneller erregt als der sich einblendende Rahmen bei der Gaze Awareness. Dies ist auch eine Begründung für den signifikanten Unterschied in Parametersatz Fünf. Da mit der Erhöhung der Toleranz die Gaze Cursor Gruppe sich signifikant von den anderen beiden Gruppe abhebt, ist darauf zu schließen, dass die Bewegungen des Gaze Cursors die Blicke der Probanden anzieht und deren Blicke sich somit nicht immer direkt auf den Elementen befinden und häufiger abschweifen.

Hypothese 3: Abbildung 4 zeigt einen Vergleich der Durchschnittspupillengröße der Probanden in den unterschiedlichen Untersuchungsgruppen. Aufgrund der Veränderung der Pupille bei Lichteinfall, waren die Untersuchungsräume abgedunkelt. Zur Vermeidung von Messfehlern durch unterschiedliche Beschaffenheit der Augen der Probanden, wurden die geringsten Werte entfernt und eine Trennlinie bei ca. 3 mm angesetzt.

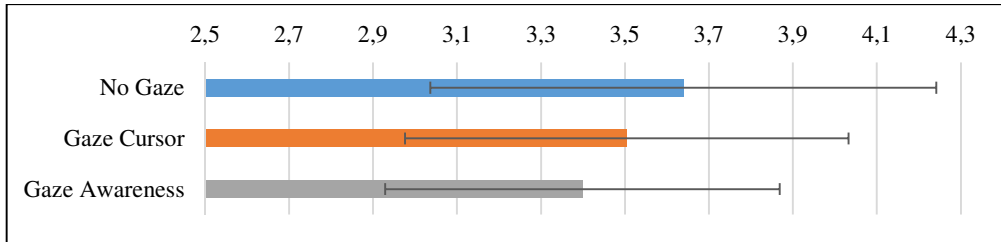


Abbildung 4 Auswertung der kognitiven Belastung; Mittelwert des Pupillendurchmessers in mm und Darstellung der Standardabweichung

Die Gaze Awareness Gruppe zeigt eine geringere kognitive Belastung im Vergleich zum Gaze Cursor und der No Gaze Gruppe ($F(2,27)=26,53$; $p=4,6E-12$; $\eta^2=0,032$).

4 Diskussion und Zusammenfassung

Hypothese 1: Die Qualität der Kollaboration steigt unter der Zuhilfenahme von gegenseitiger Blickdatenübermittlung. Dabei ist es nicht entscheidend, ob die Probanden durch den Gaze Cursor oder der Gaze Awareness unterstützt werden. Beide Modi erzielen im Bewertungsschema bessere Resultate als die No Gaze Gruppe.

Hypothese 2: Die Betrachtung der Shared Gaze Intervalle hat ergeben, dass die Gaze Cursor Gruppe eine häufigere Bildung von Shared Gaze erzeugt als die Gaze Awareness und die No Gaze Gruppe. Dieses Ergebnis ist vermutlich auf die permanente Bewegung des Gaze Cursors zurückzuführen. Der Gaze Cursor steht, bedingt durch die Beschaffenheit des Auges, niemals stillt und bewegt sich somit permanent auf dem Bildschirm des Probanden. Durch diese Bewegung erregt er immer wieder die Aufmerksamkeit des Partners, sodass eine höhere Anzahl von Shared Gaze Vorkommnissen gemessen wird.

Hypothese 3: Ebenfalls bedingt durch die ablenkenden Bewegungen des Gaze Cursors, die die Aufmerksamkeit reflexartig auf diesen lenken, tritt eine erhöhte kognitive Belastung der Probanden im Vergleich zur Gaze Awareness auf. Die No Gaze Gruppe hat erwartungsgemäß die häufigste kognitive Belastung, da der Koordinationsaufwand durch den fehlenden Informationskanal vermutlich höher ist.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass alle drei Hypothesen bestätigt wurden und damit die Forschungsfrage zu bejahen ist. Eine kontextbasierte Blickdatenübermittlung erzielte also in der hier verwendeten kollaborativen Anwendung einen vergleichbar positiven Effekt auf die Kollaboration wie eine koordinatenbasierte Blickdatenübermittlung. Somit ist also ein Einsatz außerhalb der WYSIWIS-Domäne denkbar. Aufgrund des eingeschränkten Szenarios sowie der relativ geringen Grundgesamtheit soll hier keine Verallgemeinerung vorgenommen werden. Die Ergebnisse sind jedoch vielversprechend und sollten in umfangreicheren Studien weiter vertieft werden.

Kontaktinformationen

Philipp Schlieker-Steens¹, Christian Schlösser¹, Andreas Harrer², Andrea Kienle¹

Fachhochschule Dortmund, Emil-Figge Str. 42, 44227 Dortmund
{philipp.schlieker-steens, christian.schloesser, andrea.kienle}@fh-dortmund.de¹

Technische Universität Clausthal, Adolph-Roemer-Straße 2A, 38678 Clausthal-Zellerfeld
andreas.harrer@tu-clausthal.de²

Literaturverzeichnis

- Dillenbourg, P., Järvelä, S. & Fischer, F. (2009): The evolution of research on computer-supported collaborative learning. In: *Technology-enhanced learning*. Niederlande: Springer, S. 3–19.
- Holmqvist, K. (2011): *Eye tracking. A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Kahrmanis, G., Meier, A., Chounta, I.-A., Voyiatzaki, E., Spada, H., Rummel, N. & Avouris, N. (2009): Assessing collaboration quality in synchronous CSCL problem-solving activities: Adaptation and empirical evaluation of a rating scheme. In: *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines*: Springer, S. 267–272.
- Meier, A., Spada, H. & Rummel, N. (2007): A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. In: *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 2 (1), S. 63–86.
- Mühlenbrock, M. (2000): Qualitative Analyse von Gruppeninteraktionen in offenen verteilten Lernumgebungen. In: *Kognitionswissenschaft* 9 (1), S. 32–44.
- Müller, R. (2012): *Blickbewegungen in der computermedierten Kooperation*. Dissertation. Technische Universität Dresden, Dresden.
- Nüssli, M.-A. (2011): *Dual eye-tracking methods for the study of remote collaborative problem solving*. Dissertation. ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, Lausanne, Schweiz.
- Pietinen, S., Bednarik, R. & Tukiainen, M. (2010): Shared visual attention in collaborative programming: a descriptive analysis. In: *CHASE '10 Proceedings of the 2010 ICSE Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*. New York, NY, USA: ACM, S. 21–24.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2002): Analyse und Förderung kooperativen Lernens in netzbaasierten Umgebungen. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 34 (1), S. 44–57.
- Richardson, D. C. & Dale, R. (2005): Looking to understand: The coupling between speakers' and listeners' eye movements and its relationship to discourse comprehension. In: *Cognitive science* 29 (6), S. 1045–1060.
- Schneider, B. & Pea, R. (2013): Real-time mutual gaze perception enhances collaborative learning and collaboration quality. In: *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 8 (4), S. 375–397.
- Stefik, M., Bobrow, D. G., Foster, G., Lanning, S. & Tatar, D. (1987): WYSIWIS revised: early experiences with multiuser interfaces. In: *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)* 5 (2), S. 147–167.