

Blickbasierte Awarenessmechanismen zur Kollaborationsunterstützung in offenen verteilten Lernanwendungen

Christian Schlösser¹, Philipp Schlieker-Steens², Andreas Harrer³ und Andrea Kienle⁴

Abstract: 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 Lernanwendung 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 kollaborative Aufgabe lösen. In Echtzeit werden die Blickdaten an den jeweiligen Partner übermittelt und je nach Gruppe mit verschiedenen Darstellungsmethoden visualisiert. Anschließend wird durch ein Bewertungsschema evaluiert, welche Darstellungsart sich am besten für die Unterstützung des kollaborativen Lernens in einer rechnergestützten Lernanwendung eignet.

Keywords: Eye-Tracking, Kollaboration, Gaze sharing, Awarenessmechanismen

1 Einleitung

Das kollaborative Lernen, also das Lernen mit anderen, unterstützt das individuelle Lernen und hilft uns viele Dinge einfacher zu verstehen [SP98]. Dieses Lernen muss nicht zwingend daraus bestehen, dass sich Menschen an einem Ort physisch treffen und Aufgaben zusammen bearbeiten, sondern kann auch aus der Ferne digital durchgeführt werden. Dazu können kollaborative Lernplattformen eingesetzt werden, die die Kollaboration unterstützen [RM02]. Eine Ausprägung sind ODLE (Open Distributed Learning Environment; zu Deutsch: Offene verteilte Lernumgebung) [Mü98]. Diese ODLE definieren sich durch die Unterstützung von Gruppeninteraktionen, die Kombination von intelligenter Unterstützung mit interaktiven Lernumgebungen, die Verwendung wiederverwendbarer Komponenten sowie einer verteilten Architektur [Mü98].

Kollaboratives Lernen wird nach [DJF09] in allen Altersklassen genutzt und zieht sich vom gemeinschaftlichen Werken in der Schule bis hin zum Bearbeiten von Projekten in der Universität und darüber hinaus.

Die Förderung der Kollaboration ist also ein unterstützender Faktor im Lernprozess und kann in entsprechenden Anwendungen auf verschiedene Arten erfolgen. Sogenannte

¹ Fachhochschule Dortmund, Emil-Figge Str. 42, 44227 Dortmund, christian.schloesser@fh-dortmund.de

² Fachhochschule Dortmund, Emil-Figge Str. 42, 44227 Dortmund, philipp.schlieker-steens@fh-dortmund.de

³ TU Clausthal, Adolph-Roemer-Straße 2A, 38678 Clausthal-Zellerfeld, andreas.harrer@tu-clausthal.de

⁴ Fachhochschule Dortmund, Emil-Figge Str. 42, 44227 Dortmund, andrea.kienle@fh-dortmund.de

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 [DJF09]. Um eine solche Bewusstseinsunterstützung in einer kollaborativen Anwendung zu integrieren, kann Eye-Tracking als interaktive Methode herangezogen werden. Verfügen die zusammenarbeitenden Partner an ihren Rechnern jeweils über einen Eye-Tracker, können die Blickdaten der Nutzer ausgetauscht und auf dem Monitor des jeweils anderen in Echtzeit dargestellt werden. Durch diesen Mechanismus ist beiden Benutzern bewusst, wohin der jeweilige Partner zum gegenwärtigen Zeitpunkt sieht und jede Partei kann diese Information zur Kollaboration nutzen.

Im folgenden Kapitel 2 werden vorangegangene Arbeiten dargestellt und das behandelte Themengebiet abgegrenzt. Daraufhin wird in Kapitel 3 ein Experiment beschrieben und durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Kapitel 4 diskutiert. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick.

2 Vorangegangene Arbeiten

Die Blickbewegungsverfolgung (Eye-Tracking) [Du07] ist im Umfeld der Evaluation von Benutzerschnittstellen an Einzelplatzsystemen weit verbreitet [SP10]. Auch die Untersuchung der Blickpfade [GH10], beispielsweise auf Webseiten, ist etabliert [NL06]. Die Blickbewegungsverfolgung bedient sich immer weiter wachsender Beliebtheit und ist längst nicht mehr nur in Laboren zu finden, sondern ist inzwischen auch für den Privatgebrauch erschwinglich [To14], [Th14].

Die Verwendung von Eye-Tracking in kollaborativen Anwendungen, bei denen jeder Benutzer an seinem Arbeitsplatz einen Eye-Tracker zur Verfügung hat, bietet die Möglichkeit der Untersuchung von Wechselwirkungen in der Bedienung solcher Anwendungen und ermöglicht die Einflussnahme des Blickes des Partners auf die eigenen Handlungen. Das sogenannte Gaze Sharing beschreibt das Übermitteln des eigenen Blickpunktes an den Partner und vice versa. Dabei werden die Fokusse der Benutzer – dargestellt durch Fixationen (Ansammlung von Blickpunkten an einer Position) – als Gaze Cursor auf ein gemeinsames Dokument projiziert, sei es auf einer Karte [CND10], in einem Dokument [Ve99] oder komplexere Inhalte wie Programmierumgebungen [BS12], [Sh13], [Pi12], interaktive Puzzles [Ca10], [DKR11] und Mind-Maps [Sa08].

Im Bereich der Programmierung wurde Gaze Sharing bereits einschlägig getestet und untersucht [Sh13]. Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass die Produktivität der beiden interagierenden Programmierer gesteigert wurde. Genauso wird die Effektivität bei Suchaufgaben [Br08], der Beschreibung von Objekten [MG02], bei kooperativen Puzzleaufgaben [Ve95] [Mü12] und Lernsessions [SP13] erhöht. Das bereits genannte Gaze Sharing wird anhand eines Blickpunktes dargestellt und basiert somit auf einer Übertragung von Blickkoordinaten (im Folgenden koordinatenbasierte Blickdatenübermittlung). Die Auswirkung auf die Qualität der Kollaboration durch eine koordinatenbasierte

Blickdatenübermittlung wurde in kollaborativen Anwendungen bereits untersucht. Dabei lag der Fokus bei [Mü12] beispielsweise auf einem Sprecher-Zuhörer Szenario mit Objektinteraktion (Puzzeln) und bei [SP13] bzw. [Sh13] auf einem Szenario mit freier Rollenverteilung aber ohne Objektinteraktion, also einer rein visuellen Nutzung.

Die Qualität einer computermedierten Kollaboration lässt sich durch ein multidimensionales Bewertungsschema messen. Das Bewertungsschema, im Original von [MSR07], wurde zur Untersuchung von Lernszenarien gestaltet und besteht aus den folgenden neun Dimensionen: gegenseitiges 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 somit selektiv im Betrachtungsrahmen der Dimension aber auch auf Basis der Gesamtpunkte durchgeführt werden.

3 Experiment

In diesem Beitrag wird eine Studie vorgestellt, die die Blickdatenübermittlung in einem Szenario mit freier Rollenverteilung und einer Objektinteraktion untersucht. Somit wird eine Konstellation geschaffen, die in dieser Ausprägung in der Literatur bisher noch nicht behandelt wurde. Neben der in den oben beschriebenen Studien genutzten koordinatenbasierte Blickdatenübermittlung (Gaze Cursor) soll dabei eine kontextbasierte Blickdatenübermittlung evaluiert werden, die eine selektivere Darstellung ermöglicht. Gerade diese Darstellung des Partnerblickes ist interessant, da der oft bemängelte Detaillierungsgrad des Gaze Cursors verringert wird und nur relevante Informationen – nämlich nur jene über das betrachtete Element – übertragen werden [Mü12].

Es 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. Innerhalb der Gruppen wird der Betrachtungsrahmen auf Dyaden festgelegt.

3.1 Untersuchungsanwendung

Als Studienmaterial kam ein browserbasiertes kollaboratives Puzzle zum Einsatz, welches in Anlehnung an das von [Mü00] in Studien verwendete Schildkrötenpuzzle entwickelt wurde (siehe Abbildung 1). Ziel ist es dabei, zusammenpassende Köpfe und Körper zu verbinden.

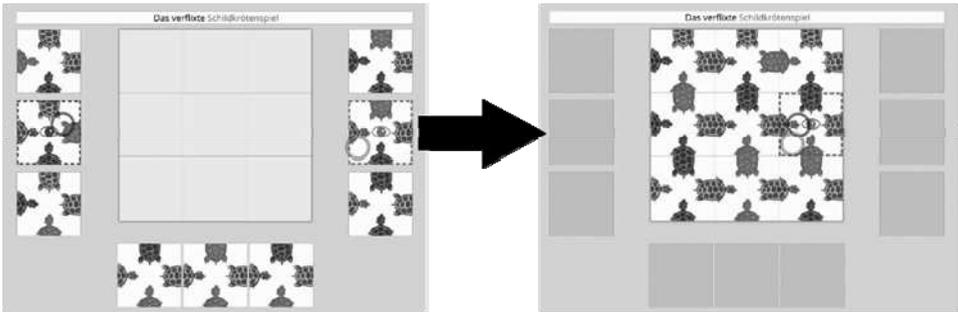


Abb. 1: Untersuchungsanwendung; links: ungelöstes Puzzle, rechts: gelöstes Puzzle

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.



Abb. 2: 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. 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. 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) [Ha03]. Die Anzeige erfolgte dabei nicht umgehend, sondern wurde innerhalb von 200ms eingeblendet und analog bei Wegsehen ausgeblendet.

3.2 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 Männern. Nach einer kurzen Kennenlernphase wurden die Probanden vom Versuchsleiter über den Studienablauf unterrichtet. 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. Es wurde den Probanden aufgezeigt, dass sie sich über einen Voice-Chat verständigen können. Des Weiteren wurde ihnen mitgeteilt, dass der Versuchsleiter ebenfalls am Voice-Chat zuhört und auch den Puzzleverlauf beobachtet. Nach der Einweisung wurden die Probanden auf zwei Räume verteilt und mit dem Eye-Tracker vertraut gemacht (siehe Abbildung 3).

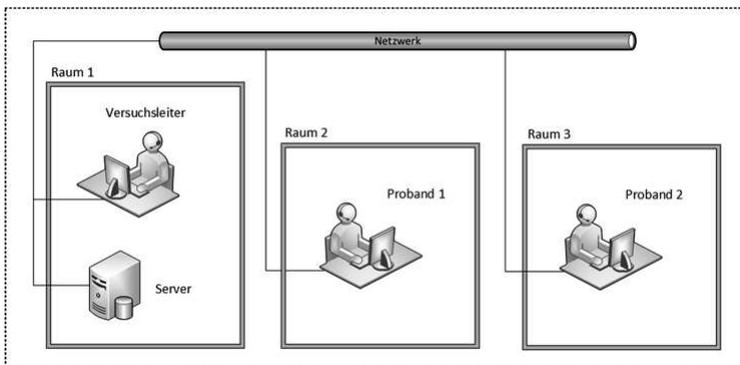


Abb. 3: Versuchsaufbau

Zunächst wurde eine nutzerspezifische Kalibrierung durchgeführt. Danach 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. Nach Ablauf der Bearbeitungszeit oder nach Lösen des Puzzles, füllten die Probanden in ihren Räumen einen Fragebogen aus, auf dem eventuelle Sehkorrekturen angegeben werden sollten. Außerdem wurden ihre Muttersprache, das Alter, das Geschlecht und eine Bewertung des Sitzkomforts bei der Aufnahme abgefragt. Danach kamen die Probanden im Raum des Versuchsleiters zusammen, um gemeinsam ein offenes Interview zu führen. Dabei wurde sich über die Blickunterstützung und die Kollaboration unterhalten. Das Gespräch wurde aufgezeichnet.

3.3 Erhobene Daten

Da im Rahmen des Bewertungsschemas eine Videoanalyse durchgeführt werden muss, wurde ein den Spielern nicht sichtbarer, weiterer Nutzer hinzugefügt. Dieser Beobachter wurde einerseits zur Steuerung und Kontrolle vom Versuchsleiter verwendet, andererseits aber auch zur Aufzeichnung eines Bildschirmvideos, da diesem Beobachter die Blickpfade und Aktionen beider Probanden parallel angezeigt wurden. Durch die What-You-See-Is-What-I-See (WYSIWIS) Oberfläche [St87] musste durch den Beobachter-Teilnehmer so nur ein Bildschirmvideo pro Dyade aufgezeichnet werden.

3.4 Methoden

Zur Untersuchung kollaborativer Anwendungen wurde das oben beschriebene Bewertungsschema von [MSR07] benutzt. Dieses Schema wurde im Bereich des Dual-Eye-Tracking bereits verwendet [Nü11], [SP13], sodass die Ergebnisse verglichen werden können. Das Bewertungsschema wurde in Anlehnung an die bereits modifizierte Version von [Ka09] entsprechend der hier verwendeten kollaborativen Lernanwendung 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 und der Blick des Anderen zur Verfügung standen. Beide Mechanismen wurden eingangs erklärt und die Verwendung der Spielmechanik verdeutlicht. Die Aufgabenteilung wurde hinsichtlich ihrer Bedeutung in eine Art des Konfliktmanagements umgewandelt und entsprechend umbenannt [Ka09]. 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.

3.5 Hypothesen

Ziel der Studie ist es, die beiden Darstellungsarten der koordinaten- und kontextbasierten Blickdatenübermittlung miteinander zu vergleichen und zur Überprüfung einer generellen Auswirkung auf die Kollaboration einer nicht blickunterstützten Kontrollgruppe gegenüberzustellen. Dazu wurden zwei Hypothesen formuliert:

- (1) Die Verwendung einer koordinatenbasierten Blickdatenübermittlung (Gaze Cursor) führt zu einer qualitativ besseren Kollaboration im Vergleich zu fehlender Blickunterstützung (No Gaze).
- (2) Eine kontextbasierte Blickdatenübermittlung (Gaze Awareness) führt zu einer qualitativ besseren Kollaboration im Vergleich zur koordinatenbasierten Blickdatenübermittlung (Gaze Cursor).

4 Ergebnisse

Insgesamt wurden über sechs Stunden Videomaterial von insgesamt 30 Dyaden (10 pro Gruppe) aufgezeichnet. Dieses Material wurde zur Anwendung des angepassten Bewertungsschemas von zwei unabhängigen Analysten vollständig gesichtet und bewertet. 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. Tab. 1 bildet den ICC für die Dimensionen ab.

#	Dimension	ICC
1	Gegenseitiges Verständnis schaffen	0,69
2	Dialogmanagement	0,75
3	Informationsaustausch	0,71
4	Konsensschaffung	0,69
5	Konfliktmanagement*	0,67
8	Wechselwirkung der Interaktion	0,65
9	Subjektiver Handlungsausgleich*	0,75

Tab. 1: ICC-Vergleich innerhalb der Dimensionen

Die Anwendung des angepassten Bewertungsschemas wurde unter der Vergabe von

Punkten zwischen -2 (sehr schlecht) bis +2 (sehr gut) durchgeführt und ist in Tab. 2 zu sehen. Die Nummerierung der Dimensionen wurde anhand der ursprünglichen Dimensionen durchgeführt. Die umformulierten Dimensionen sind mit einem Asterisk gekennzeichnet.

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

Tab. 2: 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 subjektiver 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.

5 Diskussion der Ergebnisse

Die Dimension des Informationsaustauschs unterscheidet sich in den Gruppen fast signifikant ($p=0,06$). Dies könnte darauf schließen lassen, dass durch die fehlende Blickunterstützung die Kommunikation leidet. Zum einen beim generellen Informationsaustausch

über geplante Handlungen und zum anderen bei der Erklärung von Ideen. Vergleicht man die Mittelwerte der Dimension Konsensschaffung unter den Gruppen, so ist zu erkennen, dass die Gaze Awareness Gruppe am besten abschneidet. Eine Erklärung dessen könnte sein, dass durch das Umrahmen der angesehenen Puzzleteile ein direkter Kontext zum Gesprochenen hergestellt werden kann und die Probanden daher gezielter miteinander kommunizieren und die Gaze Awareness auch aktiv nutzen. Überraschenderweise hat die Dimension subjektiver Handlungsausgleich einen höheren Wert bei der Gruppe No Gaze, als im Vergleich zu den beiden blickunterstützten Gruppen. Dieses Ergebnis wird in folgenden Arbeiten überprüft werden, um der Frage nachzugehen, ob Blickunterstützung ein Ungleichgewicht in der wechselseitigen Handlung auslöst. In Bezug auf die oben aufgestellten Hypothesen, lassen sich folgende Aussagen treffen:

Hypothese 1: Die Gruppe mit koordinatenbasierter Blickunterstützung (Gaze Cursor) erreicht im Bewertungsschema einen höheren Punktwert als die Gruppe ohne Blickunterstützung (No Gaze). Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass der Koordinationsaufwand durch die Blickunterstützung sinkt. Beide Probanden haben durch die passive Ergänzung eines weiteren Informationskanals einen direkten Bezug zum fokussierten Objekt des Partners. Die Hypothese wurde somit bestätigt.

Hypothese 2: Die kontextbasierte Blickdatenunterstützung (Gaze Awareness) erzielt ein höheres Ergebnis als die Gaze Cursor Gruppe. Die Blickdaten werden dabei ausschließlich auf relevante Bereiche der kollaborativen Lernanwendung beschränkt und somit der Detaillierungsgrad reduziert, indem irrelevante Blickbewegungen eliminiert werden. Die Filterung dieser Blickbewegungen führt vermutlich zu einer ablenkungsfreieren Darstellung, die sich somit geringfügig auf die Qualität der Kollaboration auswirkt. Die Hypothese wurde somit ebenfalls bestätigt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Arbeit war es, innerhalb einer kollaborativen Lernplattform die kontextbasierte Blickdatenunterstützung der koordinatenbasierten Blickdatenunterstützung sowie einer Gruppe ohne Blickdatenunterstützung gegenüberzustellen. Dazu wurden ein Experiment durchgeführt und anhand der Ergebnisse die drei genannten Gruppen miteinander verglichen. Gegenstand der Studie war eine offene verteilte Lernumgebung (ODLE) in Form eines Puzzles mit freier Rollenverteilung und Objektinteraktion. Zur Überprüfung der Hypothesen wurde das oben beschriebene Bewertungsschema verwendet. Dabei hat sich für die hier verwendete kollaborative Lernanwendung herausgestellt, dass die Qualität der Kollaboration durch die Blickunterstützung mittels Eye-Tracking grundsätzlich erhöht wird. Die kontextbasierte Blickdatenübermittlung erreichte dabei ein geringfügig besseres Ergebnis. Aufgrund der vergleichsweise geringen Grundgesamtheit konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt werden. Deswegen könnte ein weiteres Experiment von einer Erweiterung der Probandenzahlen profitieren. Dazu könnte durch

den Nachweis der signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ohne und mit Blickunterstützung die Kontrollgruppe eingespart werden und dessen Probanden auf die Gruppen des Gaze Cursors und der Gaze Awareness Gruppe aufgeteilt werden. Das Puzzle als kollaborative Lernaufgabe innerhalb der ODLE hat sich als leicht erlern- und durchführbar erwiesen und eignet sich daher für diese Art der Untersuchungen. Zur Forcierung der Kollaboration ist allerdings zu erwägen, die Aufgabenverteilung innerhalb des Puzzles klar voneinander abzugrenzen. Dies könnte durch eine Verteilung der Puzzleteile für jeden Probanden geschehen, sodass das Puzzle nur gelöst werden kann, wenn die Partner kollaborieren und ihre Teile untereinander austauschen.

Literaturverzeichnis

- [Br08] Brennan, S. E. et al.: Coordinating cognition: the costs and benefits of shared gaze during collaborative search. In *Cognition*, 2008; S. 1465–1477.
- [BS12] Bednarik, R.; Shipilov, A.: Usability of gaze-transfer in collaborative programming: How and when could it work, and some implications for research agenda: DUET 2012. ACM, New York, NY, USA, 2012.
- [Ca10] Carletta, J. et al.: Eyetracking for two-person tasks with manipulation of a virtual world. In *Behavior Research Methods*, 2010, 42; S. 254–265.
- [CND10] Cherubini, M.; Nüssli, M.-A.; Dillenbourg, P.: This is it!: Indicating and looking in collaborative work at distance. In *Journal of Eye-Movement Research*, 2010, 3; S. 1–20.
- [Cy14] Cymek, D. H. et al.: Entering PIN Codes by Smooth Pursuit Eye Movements. In *Journal of Eye Movement Research*, 2014, 7; S. 1–11.
- [DJF09] Dillenbourg, P.; Järvelä, S.; Fischer, F.: The evolution of research on computer-supported collaborative learning: Technology-enhanced learning. Springer, Niederlande, 2009; S. 3–19.
- [DKR11] Dale, R.; Kirkham, N. Z.; Richardson, D. C.: How two people become a tangram recognition system: DUET 2011. ACM, New York, NY, USA, 2011.
- [Du07] Duchowski, A. T.: Eye tracking methodology. Theory and practice. Springer, London, 2007.
- [GH10] Goldberg, J. H.; Helfman, J. I.: Visual scanpath representation: Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications. ACM, New York, NY, USA, 2010; S. 203–210.
- [Ha03] Hansen, J. P. et al.: Command without a click: Dwell time typing by mouse and gaze selections: Proceedings of Human-Computer Interaction-INTERACT. IOS Press, Amsterdam, Niederlande, 2003; S. 121–128.
- [Ka09] Kahrmanis, G. et al.: Assessing collaboration quality in synchronous CSCL problem-solving activities: Adaptation and empirical evaluation of a rating scheme: Learning in the Synergy of Multiple Disciplines. Springer, 2009; S. 267–272.

- [MG02] Monk, A. F.; Gale, C.: A Look Is Worth a Thousand Words: Full Gaze Awareness in Video-Mediated Conversation. In *Discourse Processes*, 2002; S. 257–278.
- [MSR07] Meier, A.; Spada, H.; Rummel, N.: A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. In *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2007, 2; S. 63–86.
- [Mü00] Mühlenbrock, M.: Qualitative Analyse von Gruppeninteraktionen in offenen verteilten Lernumgebungen. In *Kognitionswissenschaft*, 2000, 9; S. 32–44.
- [Mü12] Müller, R.: Blickbewegungen in der computermediierten Kooperation. Dissertation, Dresden, 2012.
- [Mü98] Mühlenbrock, M. et al.: A framework system for intelligent support in open distributed learning environments. In *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 1998, 9; S. 256–274.
- [NL06] Nielsen, J.; Loranger, H.: *Prioritizing web usability*. New Riders, San Francisco, USA, 2006.
- [Nü11] Nüssli, M.-A.: Dual eye-tracking methods for the study of remote collaborative problem solving. Dissertation. EPFL, Lausanne, Schweiz, 2011.
- [Pi12] Pietinen, S.: GazeShare - An Eclipse IDE Plugin for Remote Dyadic Gaze-mediated Communication: DUET 2012. ACM, New York, NY, USA, 2012.
- [RM02] Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H.: Analyse und Förderung kooperativen Lernens in netzbasierten Umgebungen. In *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 2002, 34; S. 44–57.
- [Sa08] Sangin, M. et al.: How learners use awareness cues about their peer's knowledge?: insights from synchronized eye-tracking data: Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences - Volume 2. Springer, Berlin, 2008; S. 287–294.
- [Sh13] Sharma, K. et al.: Understanding Collaborative Program Comprehension: Interlacing Gaze and Dialogues: Interlacing Gaze and Dialogues. *Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2013)*. Springer, Berlin, 2013.
- [SP10] Shneiderman, B.; Plaisant, C.: *Designing the user interface. Strategies for effective human-computer interaction*. Addison-Wesley, Boston, 2010.
- [SP13] Schneider, B.; Pea, R.: Real-time mutual gaze perception enhances collaborative learning and collaboration quality. In *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2013, 8; S. 375–397.
- [SP98] Salomon, G.; Perkins, D. N.: Individual and social aspects of learning. In *Review of research in education*, 1998; S. 1–24.
- [St87] Stefik, M. et al.: WYSIWIS revised: early experiences with multiuser interfaces. In *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 1987, 5; S. 147–167.
- [Th14] The EyeTribe: THE EYE TRIBE TRACKER. WORLD'S FIRST \$99 EYE TRACKER. <https://theeyetribe.com/products/>, 05.12.2014.

- [To14] Tobii, T.: Tobii EyeX – experience eye tracking in consumer devices. <http://www.tobii.com/eye-experience/>, 05.12.2014.
- [Ve95] Velichkovsky, B. M.: Communicating attention: Gaze position transfer in cooperative problem solving. In *Pragmatics & Cognition*, 1995, 3; S. 199–223.
- [Ve99] Vertegaal, R.: The GAZE groupware system: mediating joint attention in multiparty communication and collaboration: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, NY, USA, 1999; S. 294–301.