

Blickbewegungen in der computermedierten Kooperation

Chancen und Schwierigkeiten in der Verwendung einer
weniger expliziten Kommunikationstechnologie

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum naturalium

(Dr. rer. nat.)

vorgelegt

der Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften

der Technischen Universität Dresden

von

Dipl.-Psych. Romy Müller

geboren am 26.03.1985 in Freital

Eingereicht am 06.03.2012

Die Dissertation wurde in der Zeit von 05/2008 bis 02/2012
am Institut für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie angefertigt.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Boris M. Velichkovsky – nicht nur für die Bereitschaft zur Betreuung und Begutachtung meiner Arbeit, sondern vor allem auch für seine Unterstützung und sein Vertrauen während der Jahre, die ich an seiner Professur verbringen durfte. Aufgrund seines beinahe enzyklopädischen Wissens, seiner praktischen Weisheit und seiner liebenswerten Art ist die Zusammenarbeit mit ihm eine wahre Bereicherung gewesen, nicht nur im Rahmen dieses Projektes.

Für die Zweitbegutachtung der Dissertation möchte ich Roland Deutsch herzlich danken.

Ich danke meinen Kollegen Jens R. Helmert und Sebastian Pannasch für die vielen produktiven Diskussionen und ihre außerordentlich wertvolle Unterstützung bei der Generierung und kritischen Prüfung neuer Ideen. Auch den anderen aktuellen und ehemaligen Mitarbeitern der Professur für Ingenieurpsychologie und Kognitive Ergonomie möchte ich von ganzem Herzen danken. Sie haben mich in der Zeit meiner Dissertation auf verschiedene Weise unterstützt und ein konstruktives, anregendes und gleichzeitig freundschaftliches Arbeitsklima geschaffen: Constanze Liebers, Sascha Weber, Sven-Thomas Graupner, Kerstin Kusch, Martin Cölln, Johannes Schulz und Michael Heubner.

Ein großes Dankeschön auch an die Studenten, die zu verschiedenen Zeiten Teil meiner Arbeitsgruppe „*Kommunikation und Blickbewegungen*“ waren. Sie haben mir nicht nur bei der Durchführung der Experimente, sondern auch durch kreative Ideen, wertvolle Diskussionen und eine hochgradig inspirierende Arbeitsmotivation sehr geholfen: Anett Reiche, Antje Grabowski, Josephine Hartwig, Caroline Gottschalk, Cynthia Pönicke, Bettina Götze, Faten Ahmed, Anke Vogel, Oana Georgiana Rus, Oxana Prikhodko und Natalia Tolmachev.

Gernot Pascher gilt mein Dank für die sorgfältige Programmierung der Experimente, sein Engagement und die hohe Bereitschaft zur technischen Umsetzung meiner Ideen. Dem Zentrum für Weiterbildung der TU Dresden bin ich zu großem Dank verpflichtet für die Bereitstellung des Stipendiums, das mir die Arbeit an dieser Dissertation ermöglichte.

Auch jenseits der konkreten, fachlichen Unterstützung möchte ich verschiedenen Personen meinen Dank aussprechen. Wenngleich sie nicht direkt an diesem Dissertationsprojekt beteiligt waren, wäre es ohne sie nicht in dieser Form möglich gewesen. Vor allem danke ich Karin Müller, Michael Müller und Katrin Kindermann, für alles. Danke auch an meine Bühlauer Nachbarn und Kinder, durch die ich meine Pferde immer gut behütet wusste, selbst wenn ich mal wieder zu lange im Büro oder auf Dienstreise war. Letztendlich danke ich Titum, Summy und Pia für all die Freude und Energie, sowie die wertvollen Lebenslektionen, die auch bei der Arbeit an dieser Dissertation von unschätzbarem Wert waren.

Zusammenfassung

Mit der wachsenden Notwendigkeit zur Zusammenarbeit von Personen an unterschiedlichen Standorten gewinnt eine effektive Gestaltung technisch medierter Kommunikation an Bedeutung. Ein wesentliches Problem liegt dabei darin, nonverbale Kommunikationsinhalte so zu übertragen, dass klare Bezüge zwischen der Aufmerksamkeit des Partners und den gemeinsamen Arbeitsobjekten hergestellt werden können. Da Blickbewegungen einen räumlich und zeitlich hochauflösenden Zugang zu Aufmerksamkeitsprozessen ermöglichen, kann ihre Übertragung als Cursor auf dem Bildschirm des Partners zu Verbesserungen im gegenseitigen Verständnis und damit auch der kooperativen Leistung führen. Eine detaillierte Untersuchung der Wirkweise von Blickfeedback und vor allem ein kritischer Vergleich mit herkömmlichen Formen der Cursorübertragung stehen jedoch noch aus.

In drei Studien mit insgesamt sechs Experimenten wurde in dieser Dissertation untersucht, wie sich eine Blickübertragung auf den Prozess der technisch medierten Kommunikation auswirken kann. In der ersten Studie nutzten Personen ihren Blick zur Kommunikation von Bildinhalten. Es wurde geprüft, wie sich Blickparameter im Rahmen einer solchen intentional-kommunikativen Verwendung von Blickbewegungen unterscheiden, die lediglich der Aufnahme von Informationen dienen. Dieser Vergleich wurde bei freier Bildbetrachtung sowie im Rahmen einer restriktiver definierten Aufgabe durchgeführt, in der zu beachtende Bereiche vorab definiert waren. Die zweite Studie kontrastiert im Kontext von Puzzeaufgaben die Übertragung des Partnerblickes mit einer rein verbalen Interaktion und der Rückmeldung seiner Mausbewegungen. Während die Interaktivität zwischen den Partnern variiert wurde, standen sowohl Aufgabenleistung als auch der kommunikative Prozess an sich im Fokus der Untersuchungen. Zu diesem Zwecke wurden verbale Äußerungen der Partner, einzelne Handlungen auf dem Weg zur Lösung und Parameter der Blickbewegungen betrachtet. In der dritten Studie wurde der übertragene Blick genutzt, um mithilfe eines beweglichen Fensters diejenigen Bildbereiche sichtbar zu machen, die der Partner zur Lösung benötigte. Blickübertragung wurde auch hier mit dem Mauszeiger verglichen. Dabei wurde die Sichtbarkeit aufgabenrelevanter Objekte für den fensterverschiebenden Assistenten variiert und geprüft, wie sich dies auf die Koordination gemeinsamer Handlungen unter Verwendung beider Cursortypen auswirkte.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass eine kommunikative Nutzung von Blickbewegungen in visuell-räumlichen Aufgaben zu Leistungsverbesserungen im Vergleich zur rein sprachlichen Kommunikation führen kann. Verglichen mit der Mausübertragung geht Blickübertragung mit einer geringeren Sicherheit über die Cursorintention und die damit verbundene Handlungsrelevanz des Blickes einher. Dieses Problem besteht vor allem in interaktiven, weniger strukturierten Aufgaben und in Situationen, in denen der Partnerblick nicht zu den Objekten in Bezug gesetzt werden kann, auf die er sich bezieht. Anhand der Ergebnisse werden Potentiale und Schwierigkeiten in der Übertragung von Blickbewegungen diskutiert. Es werden Vorschläge unterbreitet, in welchen Kontexten ihr Einsatz zur Verbesserung der technisch medierten Kommunikation sinnvoll sein kann und was bei der Gestaltung solcher Anwendungen beachtet werden sollte.

Inhalt

1	THEORETISCHE BETRACHTUNGEN	5
1.1	Einleitung	5
1.2	Grundlagen menschlicher Kooperation und Kommunikation	6
1.2.1	Kooperation und die Koordination gemeinsamen Handelns	6
1.2.2	Kommunikation und das Schaffen gegenseitigen Verständnisses	8
1.2.3	Wege zum gegenseitigen Verständnis: Kommunikationsmittel.....	9
1.3	Technische Unterstützung kooperativer Kommunikationsprozesse	13
1.3.1	Die Auswahl von Kommunikationsmedien.....	14
1.3.2	Die Darstellung gemeinsamer Arbeitsobjekte	15
1.3.3	Die Übertragung von Aufmerksamkeitsinformation	16
1.4	Blickbewegungen in der technisch medierten Kommunikation	16
1.4.1	Interaktive Verwendung in Mensch-Maschine-Systemen.....	17
1.4.2	Kommunikative Verwendung in Mensch-Maschine-Mensch-Systemen	19
1.4.3	Empirische Evidenz zur Wirkung von Blickfeedback	21
2	FRAGESTELLUNGEN UND ABLAUF	25
3	EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN	27
3.1	Kommunikation von Bildinhalten	27
3.1.1	Experiment 1: Freies Zeigen von Bildinhalten	29
	Fragestellungen und Hypothesen	30
	Methoden.....	30
	Ergebnisse	32
	Diskussion	35
3.1.2	Experiment 2: Zeigen und Betrachten ähnlicher Bildinhalte	36
	Fragestellungen und Hypothesen	37
	Methoden.....	37
	Ergebnisse	39
	Diskussion	42
3.1.3	Gesamtdiskussion zur Kommunikation von Bildinhalten.....	43
3.2	Kooperatives Puzzeln	47
3.2.1	Experiment 3: Puzzeln mit unterschiedlicher Autonomie.....	50
	Fragestellungen und Hypothesen	50
	Methoden.....	51
	Ergebnisse	55
	Diskussion	66
3.2.2	Experiment 4: Puzzeln ohne Experten	71
	Fragestellungen und Hypothesen	72

Methoden.....	73
Ergebnisse	75
Diskussion	84
3.2.3 Gesamtdiskussion zum kooperativen Puzzeln	88
3.3 Blickbasiertes Verschieben des Sichtbereiches.....	97
3.3.1 Experiment 5: Bestimmung der Fenstergröße.....	101
Methoden.....	102
Ergebnisse	105
Diskussion	107
3.3.2 Experiment 6: Blickfeedback zur Verschiebung des Sichtbereiches	109
Fragestellungen und Hypothesen	110
Methoden.....	111
Ergebnisse	113
Diskussion	122
4 GESAMTDISKUSSION.....	127
4.1 Der Partnerblick in der direkten und technisch medierten Kommunikation...	128
4.2 Visualisierung von Blickinformation	133
4.3 Eine Zusammenfassung: Wann Blickübertragung?	136
5 LITERATUR.....	141
Abbildungsverzeichnis	154
Tabellenverzeichnis.....	156
Erklärung.....	157

1 THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

1.1 Einleitung

Die Fähigkeit, zusammen auf gemeinsame Ziele hinzuarbeiten, bildet eine wesentliche Grundlage menschlichen Fortschrittes (Moll & Tomasello, 2007; Ridley, 2010; Tomasello, Carpenter, Call, Behne, & Moll, 2005). Erst durch eine Kooperation mehrerer Menschen wird es möglich, Objekte und Ideen zu generieren, zu deren Herstellung kein Einzelner in der Lage wäre (Read, 1958). Gemeinsames Handeln ist in fast allen Lebensbereichen zu beobachten. Menschen bauen zusammen Häuser, schreiben gemeinsam Forschungsanträge, tragen zu zweit Gegenstände von einem Ort zum anderen und spielen miteinander Volleyball. In neuerer Zeit spielt auch die Kooperation zwischen räumlich entfernten Partnern eine immer größere Rolle (Hill, Ferris, & Märtinson, 2003).

Will man diese Zusammenarbeit durch technische Mittel so gestalten, dass kommunikative Prozesse nicht gestört sondern optimal unterstützt werden, ist zunächst eine sorgfältige Charakterisierung dieser Prozesse notwendig. Daher wird das erste Kapitel der theoretischen Betrachtungen darauf fokussieren, wie gemeinsame Handlungen flüssig und präzise aufeinander abgestimmt werden können, so dass ein Erreichen gemeinsamer Ziele möglich wird. Es wird erläutert, welche Funktion der Kommunikation zwischen Partnern dabei zukommt und wie diese gestaltet sein muss, um ein gegenseitiges Verständnis sicherzustellen. Dabei wird diskutiert, dass eine gemeinsame Wissensbasis im interaktiven Dialog erzeugt und aufrecht erhalten wird. Die Eigenschaften verbaler und nonverbaler Kommunikationsmittel zur Herstellung eines solchen gemeinsamen Verständnisses werden genauer betrachtet.

Das zweite Kapitel wechselt vom Bereich der direkten zur technisch mediierten Kommunikation in Situationen, in denen räumlich getrennte Partner zusammen an objektzentrierten Aufgaben arbeiten. Es wird gezeigt, dass ein Wegfallen visueller Information und damit zahlreicher Möglichkeiten zur nonverbalen Verständigung die kooperative Kommunikation beeinträchtigt. Ansätze zur Lösung dieses Problems werden vorgestellt und es wird erläutert, wie eine Darstellung des gemeinsamen Arbeitsmaterials Personen in die Lage versetzen kann, eine gemeinsame Wissensbasis effizienter und präziser herzustellen. Am Schluss wird die Frage aufgeworfen, inwiefern ein Zugang zu Informationen über die Aufmerksamkeit des Partners zusätzliche Klarheit schaffen kann.

Im dritten Kapitel wird vorgeschlagen, dass diese Aufmerksamkeitsinformation durch eine Übertragung von Blickbewegungen gewährleistet werden kann. Es wird kritisch diskutiert, welche Potentiale und Probleme Blickübertragung einerseits in der Interaktion zwischen Mensch und Computer und andererseits in der technisch mediierten Kommunikation zwischen Menschen mit sich bringen kann. Einige Studien werden vorgestellt, in denen eine solche Blickübertragung zu instruktionalen und kommunikativen Zwecken bereits umgesetzt wurde. Es wird ein Überblick über wesentliche Erkenntnisse dieser Forschung gegeben. Dabei wird jedoch auch deutlich, welche Fragen bisherige Untersuchungen offen lassen.

1.2 Grundlagen menschlicher Kooperation und Kommunikation

1.2.1 Kooperation und die Koordination gemeinsamen Handelns

Kooperative Handlungen im engeren Sinne sind durch drei Merkmale gekennzeichnet (Moll & Tomasello, 2007): Erstens teilen die Partner ein *gemeinsames Ziel*. Um dieses zu erreichen, können sie reziproke oder komplementäre Rollen einnehmen und sind in der Lage, diese Rollen aus einer Art *Vogelperspektive* zu verstehen. Kooperationspartner sind generell *motiviert, einander dabei zu helfen*, die jeweilige Rolle zu erfüllen.

Diese Eigenschaften deuten bereits an, dass die Einzelhandlungen der Partner während kooperativer Aktivitäten aufeinander abgestimmt werden müssen. Um Handlungen räumlich und zeitlich so präzise koordinieren, dass ein flüssiger Handlungsverlauf zustande kommt, sind drei grundlegende koordinative Fähigkeiten erforderlich (Sebanz, Bekkering, & Knoblich, 2006): Menschen müssen erstens *verstehen* können, wie der Partner die Aufgabe, die Teilhandlungen auf dem Weg zu deren Bewältigung und die sich daraus ergebenden Zustände mental repräsentiert. Sie müssen zweitens in der Lage sein, Handlungen des Partners und daraus entstehende Handlungseffekte *vorherzusagen* und drittens müssen sie diese vorhergesagten Handlungseffekte des Partners mit den Effekten eigener Handlungen *integrieren* können. Diese drei Prozesse finden sich auf allen Ebenen kooperativer Aktivitäten wieder: Die Vorhersage von Handlungseffekten eines Partners kann sowohl bedeuten, dass man weiß welche Konsequenz die Fahrt in den Baumarkt zum Einkauf von Holz für den gemeinsamen Hausbau haben wird, als auch zu wissen, wie sich ein gemeinsam zu tragendes Brett bewegen wird, wenn der Partner es an einer Seite anhebt.

Will man die Koordination gemeinsamer Handlungen technisch unterstützen, so muss man zunächst wissen, wie Personen eine solche Koordination in der direkten Zusammenarbeit bewerkstelligen. Man muss also verstehen, welche Prozesse im Einzelnen es möglich machen, die Handlungen des Gegenübers zu verstehen, vorherzusagen und mit eigenen Handlungen zu integrieren.

Koordination durch Beobachtung

Der wohl grundlegendste Koordinationsmechanismus liegt in einer Beobachtung der Handlungen des Gegenübers begründet. Dabei entsteht beim Beobachter eine Tendenz, die jeweilige Handlung zu imitieren (Prinz, 2002). Personen ahmen Körperhaltungen, Gesten und Gesichtsausdrücke nach (Chartrand & Bargh, 1999) und passen Bewegungen wie die Neigung ihres Körpers während einer Konversation (Shockley, Santana, & Fowler, 2003) und der Schritttakt beim gemeinsamen Laufen (Van Ulzen, Lamoth, Daffertshofer, Semin, & Beek, 2008) aneinander an. Sie tendieren also dazu, ihr Verhalten zu synchronisieren.

In der direkten Kommunikation basieren solche automatischen Imitationseffekte auf einer Aktivierung des Spiegelneuronensystems (Di Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese, & Rizzolatti, 1992). Bestimmte Neuronen im präfrontalen und posterior parietalen Kortex feuern sowohl beim Ausführen einer Handlung, als auch bei der bloßen Beobachtung der gleichen oder einer ähnlichen Handlung. Diese motorische Resonanz erlaubt ein Verstehen der Handlungen Anderer, weil sie sozusagen selbst „erlebt“ werden (Rizzolatti & Craighero, 2004). Auf diesem Wege werden Partnerhandlungen während kooperativer Aktivitäten mental

simuliert (Sebanz, Knoblich, Prinz, & Wascher, 2006). Es entsteht ein Handlungsverständnis auch ohne die Notwendigkeit zu kognitivem Aufwand oder symbolischer Kommunikation. Sogar eine Vorhersage von Handlungseffekten und zukünftigen Handlungsschritten des Partners kann stattfinden (Kilner, Vargas, Duval, Blakemore, & Sirigu, 2004), so dass eine flüssige und präzise Koordination möglich wird.

Arbeiten Personen während der technisch medierten Kooperation nicht am gleichen Ort, so entfällt diese direkte Möglichkeit zum Verstehen der Handlungen des Partners. Um eine effektive Handlungskoordination dennoch möglich zu machen, müssen andere Wege zur Übermittlung von Feedback über Partnerhandlungen gefunden werden und eine Handlungsbeobachtung auf künstliche Weise umzusetzen. Auf diese Notwendigkeit und die Möglichkeiten zu ihrer Realisierung wird in späteren Teilen dieser Arbeit noch ausführlich eingegangen.

Koordination durch Aufgabenwissen

Da situative Aspekte das Verhalten von Personen mitbestimmen, können Partnerhandlungen auch durch Eigenschaften der Aufgabe verstanden und vorhergesagt werden. Sind die Aufgabenanforderungen bekannt, so können daraus Vorhersagen über Handlungsschritte des Gegenübers getroffen werden und ein entsprechendes Reagieren wird möglich (Sebanz, Bekkering, et al., 2006). Zum Beispiel gehen Personen davon aus, dass ein von links kommender Autofahrer an einer Kreuzung bremsen und ihnen Vorfahrt gewähren wird. Deshalb fahren sie weiter, obwohl sie noch kein vollständiges Abbremsen beobachtet haben.

Experimentell konnte nachgewiesen werden, dass Personen angesichts von Stimuli, die eine bestimmte Reaktion des Partners erfordern, entsprechende motorische Aktivierungen zeigen, noch bevor das Verhalten des Partners beobachtet wurde (van Schie, Mars, Coles, & Bekkering, 2004). Wenn Personen die Regeln einer Aufgabe kennen, erzeugt das Beobachten eines Partnerfehlers eine Negativierung im EEG (*error related negativity, ERN*), die der elektrophysiologischen Reaktion auf einen eigenen Fehler ähnelt (Miltner, Brauer, Hecht, Trippe, & Coles, 2004). Diese Befunde liefern Evidenz dafür, dass mentale Repräsentationen von Partnerhandlungen gebildet werden und das Verhalten des Partners in Relation zu den Aufgabenanforderungen bewertet wird.

Solche Repräsentationen werden auch dann gebildet, wenn die Aufgabe an sich keine Zusammenarbeit erfordert (Sebanz, Knoblich, & Prinz, 2005). In kooperativen Situationen sind sie aber umso hilfreicher, weil sie die Überwachung und Vorhersage der Handlungen des Partners leiten (Pacherie & Dokic, 2006). Auch die Handlungsplanung kann durch Wissen über die gemeinsame Aufgabe stärker auf einer Antizipation des Partnerverhaltens basieren. Die Koordination gemeinsamen Handelns in Echtzeit wird möglich.

Koordination in komplexen Situationen

Die Beobachtung des Partners und das Wissen über Aufgabenabläufe erlauben eine automatische Herausbildung mentaler Repräsentationen von Partnerhandlungen. Sie helfen dabei, die Intentionen des Partners zu erschließen, seine Handlungsschritte zu verstehen und eigene Handlungen auf sein Verhalten abzustimmen. Zum Erreichen gemeinsamer Ziele sind jedoch oft kooperative Aktivitäten nötig, die über eine einfache Bewegungskoordination hinausgehen. Angesichts eines ähnlichen Partnerverhaltens (oder sogar in Abwesenheit direkt

beobachtbaren Verhaltens) können unterschiedliche und zum Teil hoch komplexe Handlungen notwendig sein. Auch ist in vielen Situationen zwar ein Wissen über den generellen Verlauf der Aufgabe vorhanden, dieses reicht aber nicht aus, um auf sämtliche Handlungsdetails zu schließen. Hinzu kommt, dass die gleiche Situationen verschiedene Verhaltensweisen und Lösungsschritte erlauben kann. Daher legt die Situation nicht vollständig fest, wie sich der Partner verhalten wird und welche Handlungen man selbst ausführen muss. Eine flexiblere Möglichkeit zur Abstimmung von Tätigkeiten ist erforderlich.

Das wichtigste Mittel zur Koordination gemeinsamen Handelns in komplexen Situationen ist die Kommunikation mit dem Partner. Im folgenden Abschnitt wird erläutert, wie Menschen gegenseitiges Verständnis in einem interaktiven Prozess herstellen und aufrechterhalten. Da die Auswahl und Gestaltung von Mitteln zur technischen Unterstützung genau an dieser Stelle ansetzen muss, bilden diese Prozesse die wohl entscheidendste Grundlage zum Verständnis der praktischen Inhalte dieser Dissertation.

1.2.2 Kommunikation und das Schaffen gegenseitigen Verständnisses

Die Besonderheiten menschlicher Kommunikation scheinen sich im Laufe der Evolution aus der Notwendigkeit zur Koordination gemeinsamer Handlungen entwickelt zu haben (Tomasello, 2008). Zu diesem Zwecke müssen Kommunikationspartner ein gemeinsames Verständnis der Situation und der darin notwendigen Aktionen aufbauen. Dies geschieht auf interaktive Weise im Dialog, vermittelt über zwei Arten kooperativer Prozesse: die Angleichung interner Repräsentationen beider Partner und das aktive Herstellen einer gemeinsamen Wissensbasis.

Eine Angleichung von Repräsentationen, das sogenannte *interactive alignment* (Pickering & Garrod, 2004), vollzieht sich meist implizit. Analog zur automatischen Anpassung an Gesichtsausdrücke, Körperhaltungen und Bewegungen des Partners (siehe Abschnitt 1.2.1) kann eine ähnliche Angleichung auch im verbalen Bereich beobachtet werden: Menschen einigen sich implizit auf Namen für neue Objekte (Brennan & Clark, 1996) und stimmen die räumlichen Bezugsrahmen aufeinander ab, in denen sie über diese Objekte sprechen (Schober, 1993). Sie verwenden die gleichen syntaktischen Strukturen (Branigan, Pickering, & Cleland, 2000) und sogar die Akzente von Gesprächspartnern werden mit der Zeit ähnlicher (Giles, Coupland, & Coupland, 1992). Diese Annäherung findet nicht nur durch eine Imitation von Oberflächenmerkmalen statt, sondern basiert vor allem auf einer Verarbeitung von Informationen, die auf beide Partner verteilt ist (Garrod & Pickering, 2004). Verwendet ein Sprecher zum Beispiel die gleichen Objektbezeichnungen, mit denen er als Hörer soeben konfrontiert war, so muss er diese nicht erst neu verarbeiten. Infolgedessen sind konversationale Handlungen hochgradig von denen des Gegenübers abhängig. Ähnlich wie die Übernahme mentaler Repräsentationen des Partners im Kontext gemeinsamen Handelns führt dieser kommunikative Abgleich zu einer flüssigen, präzisen Konversation.

Neben diesen weitgehend automatischen Prozessen nutzen Gesprächspartner aber auch kommunikative Strategien, um sicherzustellen, dass sie verstanden werden. Hauptsächliches Ziel dabei ist es, dass der Partner die Situation und die Inhalte der Kommunikation so begreift wie der Sprecher selbst – dass beide Partner also „auf einer Ebene“ sind. Der Prozess des Schaffens und Aufrechterhaltens einer solchen gemeinsamen Wissensbasis (*common ground*) wird als *grounding* bezeichnet (Clark & Brennan, 1991). Diese Basis wird nicht nur zu

Beginn einer Konversation hergestellt, sondern im Laufe des Dialoges kontinuierlich überprüft und aktualisiert (Clark & Krych, 2004).

Um sicherzustellen, dass beide Partner tatsächlich über das Gleiche sprechen, müssen Mehrdeutigkeiten vermieden und ausgeräumt werden. Man sollte zum Beispiel ein Kind auf einem Spielplatz nicht als „das Kind“ bezeichnen, wenn der Partner nicht sicher wissen kann, welches von mehreren Kindern gemeint ist. Woher aber weiß man, was der Partner weiß und welche Äußerungen er versteht? Während einer Konversation geben Partner fortlaufend Evidenz für das eigene Verständnis und sammeln Evidenz für das Verständnis des Gegenübers (Clark & Brennan, 1991). Eine eindeutige Form von Evidenz ist die negative Evidenz (z.B. „Warte, ich habe es nicht verstanden.“). Diese allein würde jedoch zu einem hohen Anteil falsch positiver Annahmen führen: Zu oft würde fälschlich davon ausgegangen, vom Partner verstanden worden zu sein. Daher wird vor allem positive Evidenz benötigt, die entweder durch explizite Bestätigungen (z.B. „Ja“, Nicken) oder implizit gegeben werden kann. Implizite Evidenz liefern Personen vor allem in Form von relevanten nächsten Kommunikationsschritten (z.B. passenden Antworten und Handlungen) oder durch fortgesetzte Aufmerksamkeit (z.B. Aufrechterhaltung des Blickkontaktes oder Blickes auf das relevante Objekt).

Ist eine gemeinsame Wissensbasis vorhanden, so wirkt sie komplexitätsmindernd, weil Interpretationen von Aussagen des Gegenübers auf diejenigen Objekte oder Sachverhalte beschränkt werden, die Teil dieser Basis sind (Hanna, Tanenhaus, & Trueswell, 2003). Aber schon im Prozess der Erstellung und Aufrechterhaltung einer gemeinsamen Wissensbasis selbst versuchen Kommunikationspartner, die kollaborativ erbrachte Anstrengung zu minimieren (*principle of least collaborative effort*, Clark & Wilkes-Gibbs, 1986). Die Mühe, die beide Partner von der Initiierung eines Beitrages bis hin zu seiner gegenseitigen Akzeptanz investieren müssen, wird also möglichst gering gehalten. Damit deutet sich bereits an, dass Sprache nicht das einzige Mittel sein kann, das zu diesem Zwecke genutzt wird. Auch das Potential zur technischen Unterstützung kooperativer Prozesse wird vor allem darin liegen, direktere Wege zur Schaffung einer gemeinsamen Wissensbasis bereitzustellen. Bevor diese Unterstützung jedoch im Kapitel 1.3 ausführlich behandelt wird, werden im folgenden Abschnitt zunächst die verschiedenen Kommunikationsmittel vorgestellt, die Personen zur gegenseitigen Verständigung heranziehen können.

1.2.3 Wege zum gegenseitigen Verständnis: Kommunikationsmittel

Um mit möglichst wenig Aufwand eine möglichst eindeutige gemeinsame Wissensbasis zu schaffen, stehen verschiedene Mittel der Kommunikation zur Verfügung. Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, wird in diesem Kapitel auf Sprache, Gesten und Blickbewegungen fokussiert, die auch im praktischen Teil dieser Dissertation eine Rolle spielen werden. Wie sich zeigen wird, geht jedes dieser Kommunikationsmittel mit spezifischen Vor- und Nachteilen einher und erst die Kombination verschiedener Mittel bildet die Basis für eine klare und effiziente Verständigung.

Sprache

Die Möglichkeiten dessen, was durch Sprache übermittelt werden kann, sind praktisch unbegrenzt. Dies lässt sich in drei Prinzipien zusammenfassen, den sogenannten

linguistischen Universalien (Hockett, 1960): Durch stabile Bezüge zur Außenwelt und zu anderen Sprachelementen übermittelt Sprache Bedeutungsinhalte (*semanticity*), Symbole können auf immer neue Weise zu sinnhaften und bedeutungstragenden Einheiten kombiniert werden (*generativity/ productivity*) und mithilfe dieser sprachlichen Bedeutungseinheiten ist es möglich, sich auf Objekte zu beziehen, die physikalisch nicht anwesend sind (*displacement*).

Im Gegensatz zu diesen beinahe unbegrenzten Möglichkeiten ergeben sich in der tatsächlichen Nutzung von Sprache jedoch verschiedene Beschränkungen. Um ihr Gegenüber zu verstehen und auch von ihm verstanden zu werden, halten sich Konversationspartner an bestimmte implizite Regeln (Grice, 1975): Sprachliche Äußerungen sollen informativ sein, aber keine unnötigen Informationen enthalten, sie sollen wahr sein (bzw. zumindest vom Sprecher für wahr gehalten werden) und Unklarheiten sollen vermieden werden. Insgesamt soll der Diskurs also so gestaltet werden, dass er dem verfolgten Zweck dient. Die konkrete Form, in der Sprache eingesetzt wird, hängt demzufolge von der gemeinsamen Wissensbasis ab – eine breitere gemeinsame Wissensbasis macht eine sparsamere Kommunikation möglich. Entsprechend kann man beobachten, dass bestimmte Äußerungen im Verlauf einer Konversation immer stärker vereinfacht und damit effizienter werden (Brennan & Clark, 1996). Um jedoch gleichzeitig Missverständnisse zu vermeiden, geht Sprache andererseits vielfach mit Redundanzen einher. Äußerungen im Dialog sind also oftmals Kompromisse zwischen dem Bestreben zur Sparsamkeit und dem Versuch, eine möglichst hohe Verständlichkeit sicherzustellen.

Einer der wesentlichsten Nachteile sprachlicher Interaktion liegt in ihrer Mehrdeutigkeit. Diese kann zum Beispiel infolge unterschiedlicher Bezugssysteme, verschiedener Standpunkte oder kultureller Differenzen entstehen (Hermann & Grabowski, 1994). Aber auch das Vorhandensein mehrerer ähnlicher, potentiell relevanter Objekte kann Mehrdeutigkeiten zur Folge haben, wenn über diese Objekte gesprochen wird. Da die Produktion von Sprachäußerungen sequentiell erfolgt, kostet das verbale Auflösen von Mehrdeutigkeiten Zeit. Bis zum Beispiel klar ist, welche Tasse im Schrank mit „die kleine weiße Tasse links oben mit dem breiten Henkel und dem blauen Rand“ gemeint ist, vergehen einige Sekunden. Sprachinteraktion bringt also einen großen Aufwand und hohe Kosten beim Erstellen einer gemeinsamen Wissensbasis mit sich (*grounding costs*, Clark & Brennan, 1991).

Diese Kosten können durch Kombination von sprachlichen Äußerungen und anderen Kommunikationsmitteln minimiert werden. Auf linguistischer Seite geschieht dies mittels syntaktischer und lexikalischer Variationen, Veränderungen in der Intonation und expressiven Geräusche wie Seufzen, Lachen oder Pfeifen. Aber auch nichtsprachliche Hinweisreize wie Gesten, Gesichtsausdrücke und Blickbewegungen können den Konversationsprozess regulieren, indem sie zum Beispiel die Aufmerksamkeit des Partners auf ein bestimmtes Objekt lenken. Im nächsten Teil wird zunächst auf Gesten und deren Verbindung mit sprachlichen Äußerungen eingegangen, um im Anschluss in die Bedeutung des Blickes als konversationaler Hinweisreiz einzuführen.

Gesten

Obwohl Gesten zur Auflösung sprachbedingter Mehrdeutigkeiten genutzt werden können, wäre es irreführend, sie lediglich als Ergänzung verbaler Äußerungen anzusehen. Die

Fähigkeit zur Manipulation der Aufmerksamkeit des Gegenübers durch Gesten entsteht in der kindlichen Entwicklung prälinguistisch (Baldwin, 1995) und vielfach als eine Folgeerscheinung objektbezogener Handlungen (Vygotsky, 1978). So gehen zum Beispiel Zeigebewegungen aus den Versuchen des Kleinkindes hervor, nach einem Objekt zu greifen. Auch evolutionsgeschichtlich wird angenommen, dass einige Gesten wie das Zeigen oder Pantomimisieren vor der verbalen Sprache entstanden sind (Tomasello, 2008). Dementsprechend können zumindest diese ursprünglicheren Gesten als vollständige, kommunikative Handlungen für sich allein stehen.

In den meisten Fällen werden Sprache und Gesten jedoch gemeinsam eingesetzt und stehen in engem Bezug zueinander (Cassell, McNeill, & McCullough, 1999; McNeill, 1985). Obwohl Sprache und Gesten aus einer gemeinsamen Verarbeitungsstufe hervorzugehen scheinen, sind Letztere viel direktere Manifestationen von Denkprozessen des Sprechers. Sie sind immun gegen sprachtypische Fehler (z.B. Vertauschungen von Silben oder Wortverwechslungen), zeigen Eigenschaften von Ereignissen an, die durch Sprache nicht übermittelt werden (z.B. die Form einer Bewegung, Duncan, 2008) und können Sachverhalte antizipieren, die sprachlich erst später ausgedrückt werden (McNeill, 1985). Diese Eigenschaften bilden angesichts der limitierten zeitlichen und psychischen Ressourcen von Kommunikationspartnern wesentliche Vorteile von Gesten. Dennoch sollte die Frage nach dem Nutzen von Sprache und Gesten nicht als eine Entscheidung zwischen zwei Alternativen gestellt werden. Beide Kommunikationsmittel ergänzen sich während der kooperativen Interaktion (Clark & Krych, 2004) und werden dabei oftmals nicht redundant, sondern zur Verdeutlichung unterschiedlicher Aspekte eines Sachverhaltes eingesetzt (Bangerter, 2004; McNeill, 1985). Während Sprache eher den Inhalt einer Nachricht beschreibt, liefern Gesten vor allem Informationen über Form und Ort (McNeill, 2005).

Es gibt eine Vielzahl von Gesten, die den unterschiedlichsten Zwecken dienen. Während der objektbezogenen Kommunikation sind jedoch vor allem referentielle Gesten von Bedeutung, also Gesten zum Verweisen auf Objekte. Diese treten in zwei Formen auf: Lokalisierende Gesten lenken die Aufmerksamkeit des Partners räumlich auf ein Objekt im visuellen Umfeld und ikonische Gesten simulieren eine Handlung, eine Beziehung oder ein Objekt (Kendon, 2004). Da im Rahmen dieser Dissertation vor allem lokalisierende Gesten im Allgemeinen und Zeigegesten im Besonderen eine Rolle spielen werden, wird der Fokus im Folgenden auf diese gelegt.

In der direkten Kommunikation werden Zeigegesten vor allem herangezogen, um auf komplexere Objekte zu verweisen (Bergmann & Kopp, 2010) oder zwischen mehreren Objekten zu differenzieren (Bangerter, 2004) und somit verbalen Aufwand bei deren Beschreibung zu sparen. Da sie wahrscheinlich aus Bewegungen zur tatsächlichen Objektmanipulation entstanden sind (Carter, 1975), stehen sie im direktem Zusammenhang zu Prozessen der Handlungssteuerung. Auch zu Aufmerksamkeitsprozessen scheint ein direkter Bezug zu bestehen, da Zeigegesten von Kleinkindern ursprünglich zur Lenkung der eigenen Aufmerksamkeit und erst später imperativ oder zum Teilen von Interesse und Aufmerksamkeit verwendet werden (Lempert & Kinsbourne, 1985). Das Ausführen von Zeigegesten ist also sehr natürlich und daher mit geringem kognitivem Aufwand verbunden.

Probleme entstehen eher in der Interpretation von Zeigegesten. Einerseits können sie weit entfernt liegende Objekte nur ungenau identifizieren. Dieses Problem ist in der technisch medierten Kommunikation jedoch weniger relevant und wird daher an dieser Stelle

vernachlässigt. Ein schwerwiegenderes und der Zeigegeste inhärentes Problem besteht darin, dass sie an einen bestimmten Kontext und das Wissen beider Partner über diesen Kontext gebunden ist. Zeigegesten sind nur auf Grundlage einer gemeinsamen Wissensbasis interpretierbar (Tomasello, 2008), da ohne dieses Wissen nicht klar wird, was der Partner durch sein Zeigen auf ein Objekt zum Ausdruck bringen will. Diese mangelnde Eindeutigkeit resultiert daraus, dass Zeigegesten rein lokationsbasiert sind und nicht-räumliche Aspekte eines Objektes wie dessen Farbe oder Bedeutung unberücksichtigt lassen. Durch eine Kombination mit Sprache können diese Probleme umgangen werden, indem Zeigegesten die Lokalisation übernehmen und inhaltliche Aspekte verbal vermittelt werden (Bangerter, 2004).

Zeigegesten werden oft mit Fingerzeigen gleichgesetzt. Die Aufmerksamkeit eines Partners kann jedoch nicht nur mit dem Finger auf ein Objekt gelenkt werden, sondern prinzipiell mit jedem Körperteil, mit dem ein Vektor erzeugt werden kann (für eine Übersicht siehe Clark, 2003). Eine besondere Rolle in dieser Aufmerksamkeitslenkung kommt dabei den Augen zu.

Blickbewegungen zur Kommunikation

Die kommunikative Funktion von Blickbewegungen kann in zwei Hauptbereiche aufgeteilt werden, den Augenkontakt und die Nutzung des Blickes bei der Verständigung über Objekte. Augen sind wichtige soziale Hinweisreize und ziehen die Aufmerksamkeit von Betrachtern auf sich (Birmingham, Bischof, & Kingstone, 2008; Kingstone, 2009). In Verbindung mit dem Gesichtsausdruck liefern sie wesentliche Informationen über Emotionen, Intentionen, Zustimmung oder Unverständnis des Partners. Während einer Konversation schauen Menschen etwa 60 Prozent der Zeit auf die Person, mit der sie sprechen und in etwa 30 Prozent stehen die Partner im gegenseitigen Augenkontakt (Argyle & Cook, 1976). Die Blickrichtung einer Person zeigt in einem Gespräch mit mehreren Konversationspartnern zuverlässig an, wem eine Person zuhört oder wen sie anspricht (Vertegaal, Slagter, Van der Veer, & Nijholt, 2001). Unterbrechungen im Augenkontakt können Sprecherwechsel initiieren (Kendon, 1967).

Sprechen Personen allerdings über im visuellen Feld befindliche Objekte, so sinkt der Anteil des gegenseitigen Anschauens auf nur 3-7 Prozent (Argyle & Graham, 1977). Diese kurzen Perioden des Augenkontaktes dienen vermutlich der Überprüfung von Aufmerksamkeit und Verständnis des Partners (Clark & Krych, 2004) sowie der Abstimmung im Umgang mit Problemen (Boyle, Anderson, & Newlands, 1994). Den größten Teil der Zeit liegt der Blick auf den Objekten, die im Rahmen der Konversation relevant sind. Welche dies sind, wird ebenfalls zu großen Anteilen über den Blick des Gegenübers erschlossen.

Gesprächspartner achten stark darauf, wohin ihr Partner schaut. Dies wird jedem bekannt sein, der schon einmal versucht hat, während einer Unterhaltung unbemerkt einen Blick auf seine Armbanduhr zu werfen. Dem Blick eines Gesprächspartners zu folgen (*gaze following*) ist beinahe unvermeidlich: Sobald ein Wechsel des Blickortes beobachtet wird, verlagert sich die Aufmerksamkeit des Beobachters an die gleiche Position (für einen Überblick siehe Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007). Diese *gaze cueing* Effekte sind hochgradig automatisch und langanhaltender als die eines herkömmlichen *spatial cueing* (Posner, 1980). Sie treten sogar noch bei Latenzen von 2400 Millisekunden nach Erscheinen des Cues auf (Frischen & Tipper, 2004). Blickfolgen kann nicht nur in der direkten Interaktion zwischen Menschen beobachtet werden, sondern auch in Reaktion auf abstrakte,

augenähnliche Symbole, selbst wenn diese keine Vorhersagewirkung haben oder sogar kontraproduktiv sind (Friesen & Kingstone, 1998; Friesen, Ristic, & Kingstone, 2004).

Das hochautomatisierte Verfolgen des Blickes bildet eine Grundvoraussetzung für die Fähigkeit zum Herstellen eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus, auch bekannt als *joint attention* (Bruner, 1981). Der Blick des Partners kann ab einem frühen Zeitpunkt genutzt werden, um die Interpretation seiner verbalen Objektbeschreibungen auf diejenigen Objekte einzuschränken, die von ihm angesehen werden (Hanna & Brennan, 2007). Geteilte Aufmerksamkeit bildet die Basis gemeinsamen Handelns, indem sie eine Art *perceptual common ground* erzeugt, also eine gemeinsame Wissensbasis darüber, um welche Objekte es geht (Sebanz, Bekkering, et al., 2006). Tatsächlich ruft das Beobachten von Blickverlagerungen des Partners auf ein Objekt neuronale Reaktionen hervor, die auch beim Beobachten von Greifbewegungen entstehen und mit mentaler Simulation assoziiert werden (Pierno et al., 2006). Auch erkennen Beobachter von Blickbewegungen nicht nur, welche Objekte für den Partner relevant sind, sondern berechnen sogar automatisch dessen räumliche Perspektive auf diese Objekte mit (Böckler, Knoblich, & Sebanz, 2011). Ein Verstehen seiner Sicht auf die gemeinsam relevanten Dinge wird möglich.

Im Rückblick auf Kapitel 1.2 soll zusammenfassend festgehalten werden, dass kooperative Prozesse die Koordination gemeinsamer Handlungen erforderlich machen, um ein Erreichen gemeinsamer Ziele zu ermöglichen. Diese Abstimmung kann zum Teil durch Prozesse der automatischen Übernahme mentaler Repräsentationen geschehen, macht aber gerade in komplexeren Situationen eine Kommunikation zwischen den Beteiligten notwendig. Während dieser Kommunikation erzeugen Partner eine gemeinsame Wissensbasis, die sie im Laufe ihrer Interaktion kontinuierlich überprüfen und erneuern. Zu diesem Zwecke nutzen sie nicht nur Sprache, sondern auch nonverbale Kommunikationsmittel wie Gesten und Blickbewegungen. Im zweiten Kapitel wird argumentiert, dass diese Möglichkeiten zur nonverbalen Erzeugung einer gemeinsamen Wissensbasis in der medierten Kommunikation begrenzt sind. Ausgehend von einer Analyse dieser Beschränkungen werden verschiedene Möglichkeiten der Unterstützung diskutiert.

1.3 Technische Unterstützung kooperativer Kommunikationsprozesse

Räumlich entfernte Partner verständigen sich in den meisten Fällen nur über gängige Medien wie Telefon oder Email. Dabei entfallen sämtliche nonverbale, visuelle Hinweisreize, die eine essentielle Rolle im Kommunikationsprozess spielen (siehe Abschnitt 1.2.3). Übrig bleibt allein die Sprache. Folglich sind die Möglichkeiten zur Herstellung einer gemeinsamen Wissensbasis stark eingeschränkt. Teilweise sind Menschen in der Lage, dies durch detailliertere verbale Beschreibungen zu kompensieren (Koesling, Jang, Weiss, & Sichelschmidt, 2007) und gegenseitiges Verständnis über verbale Feedbackäußerungen sicherzustellen (Doherty-Sneddon et al., 1997; Whittaker, 1995). Dieser erhöhte verbale Aufwand kostet jedoch Zeit und kann infolge der temporären Mehrdeutigkeit von Sprachäußerungen Missverständnisse begünstigen. Außerdem sind vor allem bewusst zugängliche Informationen verbal kommunizierbar, während eine Übertragung affektiver und attentionaler Information kaum möglich ist.

Technische Systeme zur Unterstützung räumlich getrennter Partner sollten auf dem Wissen über natürliche Kooperations- und Kommunikationsprozesse aufsetzen. Die Partner müssen in die Lage versetzt werden, ein gegenseitiges Verständnis mit minimalem Aufwand herzustellen, zu prüfen und fortlaufend zu aktualisieren. In diesem Kapitel wird das Grundlagenwissen aus Kapitel 1.2 in den Anwendungskontext übertragen: Es wird diskutiert, warum eine visuelle Darstellung des Partners in objektbasierten Aufgaben nicht hinreichend ist und inwiefern eine Übertragung gemeinsamer Arbeitsobjekte das Herstellen einer gemeinsamen Wissensbasis vereinfachen kann. Anschließend wird argumentiert, dass selbst Visualisierungen des Arbeitsplatzes Informationen über den Zustand des Partners vermissen lassen. Den Übergang in den letzten Teil der theoretischen Betrachtungen bildet eine Analyse des Verbesserungspotentials durch die Übertragung von Aufmerksamkeitsinformation.

1.3.1 Die Auswahl von Kommunikationsmedien

Kommunikation kann auf verschiedene Weise technisch vermittelt werden, zum Beispiel durch Telefone, Emails und Briefe, Chats, Plattformen für den Datentransfer, Audio- oder Videokonferenzen, Groupware-Systeme und einige mehr (Bolstad & Endsley, 2003). Diese Medien unterscheiden sich in zahlreichen Merkmalen wie der Beständigkeit übertragener Information oder der Notwendigkeit zur Kopräsenz. Sie setzen unterschiedliche Begrenzungen, zum Beispiel bezüglich der Sichtbarkeit des Partners oder der Möglichkeit zur Korrektur von Äußerungen, und gehen mit unterschiedlichen Kosten einher, die im Zuge der Herstellung einer gemeinsamen Wissensbasis entstehen (Clark & Brennan, 1991). So ist zum Beispiel eine Aussage am Telefon leicht zu produzieren, kann ein erschwertes Verständnis mit sich bringen. Die Auswahl eines Kommunikationsmediums hängt vom Verhältnis dieser Kosten zu den Zielen der Nutzer in einem gegebenen Kontext ab, sie muss also Anforderungen der Situation unbedingt berücksichtigen. Kommunikationstechnologien sind nicht gut oder schlecht, sondern für verschiedene Anwendungen unterschiedlich gut geeignet.

Frühe Ansätze gingen davon aus, dass eine möglichst hohe Bandbreite der übertragenen Informationen zu den besten Ergebnissen führen müsste. Videokonferenzsysteme wurden entwickelt, um die direkte Kommunikation so genau wie möglich nachzuahmen. Eine Verbesserung der Zusammenarbeit zeigten sich allerdings nur in Aufgaben wie dem Diskutieren oder Verhandeln, in denen soziale und emotionale Information entscheidend ist (Short, Williams, & Christie, 1976). Bei der gemeinsamen Arbeit an Objekten konnten kaum Leistungsvorteile der Videokonferenz im Vergleich zur rein sprachlichen Kommunikation gefunden werden (für eine ausführliche Übersicht siehe Whittaker, 1995). Auch deuten weder die Verkaufszahlen von Videokonferenzsystemen noch die Ergebnisse aus Feldstudien zur deren tatsächlicher Nutzung auf eine hohe Akzeptanz hin (Fish, Kraut, Root, & Rice, 1992; Whittaker, 1995).

Wie passen diese Befunde mit der vorab beschriebenen Bedeutung nonverbaler Information zusammen? Videos vom Kopf- und Schulterbereich des Partners („*talking heads*“) sind der direkten Kommunikation nicht so ähnlich, wie man auf den ersten Blick annehmen könnte. Sie führen zu einem disproportional hohen Fokus auf den Partner, während dieser im direkten Gespräch über Objekte nur in 3-7 Prozent der Zeit angesehen wird (Argyle & Graham, 1977). Hinzu kommt, dass Kamerapositionierungsprobleme das Eingehen von Augenkontakt verhindern, wenn nicht spezielle Kamera- und Spiegeltechniken verwendet

werden (Ishii, Kobayashi, & Grudin, 1993; Monk & Gale, 2002). Das wohl größte Problem liegt jedoch im Fehlen des visuellen Bezuges zwischen dem Partner und den von ihm bearbeiteten Objekten (Monk & Gale, 2002). Eine Beobachtung des *intentionalen* Partners in seiner Interaktion mit der Umwelt wird nicht unterstützt und damit fehlt eine wesentliche Voraussetzung zur Koordination gemeinsamer Handlungen.

1.3.2 Die Darstellung gemeinsamer Arbeitsobjekte

Neben der Ansicht des Partners gibt es weitere Möglichkeiten, visuelle Informationen über den Kommunikationsprozess zu vermitteln. Abbildungen des gemeinsamen Arbeitsplatzes (*shared workspace*) erlauben eine Anzeige der Manipulation relevanter Objekte durch den Partner in Echtzeit. Personen, die zwischen einer solchen Arbeitsplatzdarstellung und einer Partneransicht wechseln konnten, wählten Letztere in nur 11 Prozent der Zeit (Gaver, Sellen, Heath, & Luff, 1993). Auch empirisch ist die Wirksamkeit von Arbeitsplatzdarstellungen sowohl aus kontrollierten Laborstudien (z.B. Bly, 1988; Kraut, Gergle, & Fussell, 2002; Marshall & Novick, 1995; Whittaker, Geelhoed, & Robinson, 1993), als auch im Anwendungskontext (Nardi et al., 1993) gut belegt. So zum Beispiel halbierten sich die Lösungszeiten in einer Studie von Clark und Krych (2004), wenn ein instruierender Partner den Arbeitsplatz des ausführenden Partners einsehen konnte. Eine dynamische Ansicht der Arbeitsprozesse kann also die Koordination gemeinsamer Handlungen unterstützen.

In Aufgaben mit starker räumlicher Komponente beruht das Wirkungspotential von Objektdarstellungen auf verschiedenen Mechanismen. Erstens werden eine *detaillierte Überwachung einzelner Arbeitsschritte* und eine Antizipation zukünftiger Handlungen möglich. Somit können adäquate Reaktionen auf die Handlungen des Partners besser ausgewählt und zeitlich präzise ausgeführt werden. Die Sichtbarkeit der Partnerhandlungen kann zweitens als implizite Evidenz dienen (*relevant next turn*, Clark & Brennan, 1991), um *Hinweise auf das Verständnis* kommunikativer Nachrichten zu liefern. Drittens werden *andere Daten disambiguiert*, vor allem dadurch, dass Partner nicht mehr auf Sprache allein angewiesen sind. Der Kontext für die Interpretation von Äußerungen (die sogenannte referentiellen Domäne) wird festgelegt, indem relevante Objekte für beide Partner klar einsehbar sind. Vor allem im Falle lexikalisch komplexer und schwer zu beschreibender Objekte ist dies hilfreich (Kraut, et al., 2002). Viertens können gemeinsame Arbeitsplatzansichten das Situationsbewusstsein (*situation awareness*, Endsley, 1995) der Partner unterstützen, weil sie *über den aktuellen Aufgabenzustand informieren* und diesen langfristig verfügbar machen als die schnell vergängliche Sprache dies kann (Whittaker, Brennan, & Clark, 1991). Insgesamt helfen Arbeitsplatzdarstellungen also dadurch, dass sie ein präzises Schaffen und effizientes Aufrechterhalten einer gemeinsamen Wissensbasis fördern.

Zusammenfassend zeigen die bisherigen Ausführungen, dass die Unterstützung der Kommunikation räumlich getrennter Partner keine Imitation von deren Oberflächenform erfordert. Vor allem die funktionalen Bestandteile menschlicher Handlungskoordination müssen berücksichtigt werden, um das Erstellen einer gemeinsamen Wissensbasis zu erleichtern. In dieser Hinsicht weisen Arbeitsplatzdarstellungen trotz ihrer Nützlichkeit einen wesentlichen Unterschied zur natürlichen Kommunikation auf: Informationen über den Zustand des Partners und seine visuelle Aufmerksamkeit werden nicht direkt übertragen,

sondern können nur indirekt aus seinen Handlungen erschlossen werden. Können kooperative Prozesse durch eine direktere Visualisierung von Aufmerksamkeitsinformation zusätzlich verbessert werden?

1.3.3 Die Übertragung von Aufmerksamkeitsinformation

In der natürlichen Kommunikation spielt Aufmerksamkeitsinformation eine wichtige Rolle, um das Verständnis von Äußerungen und Handlungen des Partners zu erleichtern (siehe Abschnitt 1.2.3). Aber ist dies auch in artifiziellen Situationen wie bei der Kommunikation am Computer der Fall? Einige Studien weisen tatsächlich darauf hin, dass eine Sichtbarkeit des Partnerblickes gemeinsames Arbeiten unterstützen kann. In einer videobasierten Anwendung zum kooperativen Zeichnen boten Iishi und Kollegen (1993) den Partner und die Arbeitsfläche überlagert dar, analog zum Arbeiten an einer durchsichtigen Glasscheibe. Auf diese Weise waren sowohl die relevanten Objekte, als auch die Mimik und Gestik des Partners sichtbar. Die fehlende räumliche Trennung zwischen seinem Gesicht und den Objekten ließ jedoch nur eine ungefähre Blickrichtung erkennen und lieferte keine eindeutige Information darüber, welche Objekte angesehen wurden. Bezüge zwischen der visuellen Aufmerksamkeit des Partners und den Objekten, auf die diese gerichtet war, konnten daher nach wie vor nur schwer hergestellt werden.

Monk und Gale (2002) lösten dieses Problem unter Verwendung einer videobasierten Versuchsanordnung, in der bestimmte Spiegeltechniken sowohl Augenkontakt zuließen, als auch den genauen Aufmerksamkeitsfokus des Partners sichtbar machten. Auch hier wurde der Partner hinter den Objekten angezeigt, aber ein Tiefenversatz ermöglichte es dem Beobachter, zu erkennen welche Objekte angesehen wurden. In der kooperativen Leistung beim Erklären und Finden von Objektpositionen führte diese Technologie nicht zu besseren Ergebnissen als eine alleinige Darstellung des Stimulusmaterials oder des Partners. Effizienzsteigerungen im Kommunikationsprozess äußerten sich jedoch in einer Halbierung der Wortanzahl sowie einer Reduktion von Sprecherwechseln und verbalen Verständnisprüfungen. Die Möglichkeit, den Blickort zu den für die Konversation relevanten Objekten in Bezug zu setzen ermöglichte das direkte Erzeugen einer gemeinsamen Wissensbasis auf nicht-linguistische Weise.

Ein Problem derartiger Technologien liegt in ihrer begrenzten Einsetzbarkeit: Eine überlagerte oder tiefenversetzte Anzeige von Partner und Objekten mag bei der Arbeit mit transparentem Stimulusmaterial durchaus möglich sein. Wenn jedoch mit Bildern natürlicher Szenen, Stimuli mit geringen Kontrastunterschieden oder hochkomplexen technischen Objekten gearbeitet werden soll, ist eine solche Darstellung problematisch. Um die visuelle Aufmerksamkeit von Kommunikationspartnern auch auf undurchsichtige Objekte zu übertragen, müssen andere Formen der Visualisierung gefunden werden. Im folgenden Kapitel wird gezeigt, wie dies mithilfe von Eyetracking realisiert werden kann.

1.4 Blickbewegungen in der technisch medierten Kommunikation

Erfasst man den Blickort einer Person mit räumlich und zeitlich hochauflösenden Eyetracking-Systemen, so können Blickbewegungen in Form eines visuellen Indikators (z.B. Cursor) auf den Bildschirm eines Partners übertragen werden. Die Überlagerung des Blickort-

Indikators auf das Stimulusmaterial (*gaze overlay*) ermöglicht eine eindeutige Zuordnung zwischen Blick und Objekten, ohne dass eine Gesichtsansicht des Partners nötig ist. Um auf eine solche Visualisierung des Partnerblickes zu verweisen, werden die Begriffe Blickfeedback, Blickübertragung und ähnliche Bezeichnungen im Folgenden synonym verwendet.

Die Nutzung von Blickfeedback in kooperativen Aufgaben bildet ein relativ neues Forschungsfeld. Dahingehen werden Blickbewegungen in ihrer interaktiven Verwendung zur Steuerung des Computers schon seit drei Jahrzehnten erforscht (Majaranta & Riih , 2002). Da diese Erkenntnisse auch f r den Kommunikationskontext aufschlussreich sind, beginnt das Kapitel mit einer  bersicht von Vorteilen und Problemen dieser Methode. Anschließend wird Blickfeedback in den Bereich der technisch mediierten Kooperation  bertragen. Einer theoretischen Diskussion von Potentialen und Schwierigkeiten folgt eine  berblicksartige Darstellung der bisher eher schmalen Evidenzbasis.

1.4.1 Interaktive Verwendung in Mensch-Maschine-Systemen

Während der interaktiven Verwendung von Blickbewegungen werden die Augen genutzt, um Informationen auszuwählen oder einzugeben und damit die Funktionen des Computers zu kontrollieren. Beim Schreiben mit den Augen zum Beispiel betätigt der Nutzer einzelne Tasten, indem er sie ansieht. Dadurch können Blickbewegungen zur Steuerung herangezogen werden, wenn Hände und Maus nicht verfügbar sind. Dies kann zum Beispiel im medizinischen Bereich der Fall sein. Patienten mit *Amyotropher Lateralsklerose* (ALS) leiden infolge einer degenerativen Erkrankung des motorischen Nervensystems unter Lähmungen der Muskulatur, so dass die Augen in späteren Erkrankungsstadien die einzige Möglichkeit zur Kontaktaufnahme mit der Umwelt darstellen (Corno, Farinetti, & Signorile, 2002). Aber auch gesunde Menschen können von Systemen zur blickgestützten Interaktion profitieren, wenn ihre Hände anderweitig in Verwendung sind (z.B. bei Operationen am Operationsroboter). Weiterhin sind Anwendungen in Situationen denkbar, in denen ein zielsicheres Auswählen von Objekten mit der Maus nicht möglich ist, wie zum Beispiel beim Fahren auf unebenem Gelände.

Auch hinsichtlich der Leistung und Anwendbarkeit birgt die Blickinteraktion Potentiale. Ihr Hauptvorteil liegt in einer hohen Geschwindigkeit (Sibert & Jacob, 2000): mit bis zu 1000°/s während eines Blicksprunges (Sakkade) sind Augenbewegungen die schnellsten Bewegungen des menschlichen Körpers. Zur Steuerung eines Cursors sind sie wesentlich schneller als Handbewegungen (Mateo, Agustin, & Hansen, 2008) und besonders bei großen Distanzen werden solche Zeitvorteile gegenüber der Maus sichtbar (Vertegaal, 2008). Augenbewegungen zeigen kaum messbare Ermüdung und können daher eine störungsfreie Interaktion auch  ber längere Zeiträume ermöglichen. Da Menschen ohnehin meist dahin schauen wo sie handeln, wird Blicksteuerung teilweise als sehr natürliche Form der Interaktion wahrgenommen (Bates, 2002). Aber nicht nur auf perzeptiv-motorischer Ebene kann sie Verbesserungen hervorbringen. Auch die Aufgabenlösung an sich kann profitieren, wenn Personen im Zuge der Blickinteraktion stärker auf interne Strategien und Planungsprozesse zurückgreifen und weniger ausprobieren (Bednarik, Gowases, & Tukiainen, 2009).

Neben diesen Vorteilen ergeben sich jedoch auch einige Probleme. Zunächst sind ökonomische und technische Hürden zu beachten. Die Anschaffungskosten eines räumlich und zeitlich hochauflösenden Eyetrackers stehen nur in wenigen Fällen im Verhältnis zum erzielbaren Mehrnutzen. Technische Schwierigkeiten ergeben sich aus der Notwendigkeit einer Kalibrierung, deren Genauigkeit zudem im Falle vieler Eyetracker rapide abnimmt, besonders für Personen mit Sehhilfe. Auch die begrenzte räumliche Auflösung ($0.5-1^\circ$) und zeitliche Verzögerungen im zweistelligen Millisekundenbereich (Ashmore, Duchowski, & Shoemaker, 2005) können in einigen Kontexten Probleme darstellen.

Hinzu kommt eine Reihe von Schwierigkeiten, die in der Natur von Blickbewegungen selbst liegen. Während der interaktiven Verwendung nehmen die Augen zwei verschiedene Funktionen ein: Sie dienen gleichzeitig der Eingabe von Befehlen und der Aufnahme visueller Informationen. Der Nutzer ist somit einer perzeptuellen Doppelaufgabenbelastung ausgesetzt (Zhai, Morimoto, & Ihde, 1999): Erscheint das Feedback des Computers oder der Handlungseffekt (z.B. Öffnen eines Fensters) an einer anderen Stelle als dem Eingabeort, so steht er vor einem Konflikt. Will er das Feedback scharf sehen, so muss er vom aktuellen Handlungsort wegschauen. Im besten Fall führt dies lediglich dazu, dass er immer wieder neu suchen muss. Im schlimmsten Fall werden laufende Arbeitsschritte abgebrochen oder zurückgesetzt.

Die Doppelfunktion von Blickbewegungen geht mit einer weiteren Schwierigkeit einher, die gleichzeitig das Hauptproblem der Blickinteraktion darstellt. Für eine gegebene Fixation (Periode des relativen Stillstandes des Auges) kann es schwer fallen, sie eindeutig einer der beiden Funktionen zuzuordnen. Das Resultat sind hohe Fehlerraten durch falsch-positive Auswahlen (Vertegaal, 2008): Fixationen lösen eine Aktion aus, obwohl dies vom Nutzer nicht intendiert war. Solche Fehler kommen zustande, weil Augenbewegungen nur teilweise unter willentlicher Kontrolle stehen und der Nutzer deshalb versehentlich Schwellwerte überschreitet, die zum Auslösen einer Aktion definiert sind. Zum Beispiel kann sein Blick zu lange auf einer Taste verweilen und sie dadurch aktivieren. Dieses Phänomen wird als *Midas Touch Problem* bezeichnet (Jacob, 1991), benannt nach dem Mythos von einem König, dessen Berührung von Objekten diese in Gold verwandelte, so dass er beinahe verhungerte.

Geeignete Kriterien sind nötig, damit nicht einfach alle fixierten Objekte ausgewählt werden. Üblicherweise wird das Auswahlkriterium an die Verweildauer des Auges auf einem fixierten Objekt gebunden (*dwell time*). Solche Zeitkriterien können insofern problematisch sein, dass Fixationen unterschiedlicher Länge verschiedene Funktionen haben (Velichkovsky, 2002) und die Fixationsdauer in hohem Maße aufgabenabhängig ist (Rayner, 1998). Verweildauern, die in einem Kontext geeignet sind, können in anderen Situationen zu kurz oder zu lang sein. Alternativ verwenden manche Systeme daher Blickgesten wie Zwinkern oder Blinzeln (Murphy & Basili, 1993), Antisakkaden (Huckauf & Urbina, 2011) oder ein Nachzeichnen bestimmter Pfade mit dem Auge (Wobbrock, Rubinstein, Sawyer, & Duchowski, 2008). Solche Blickgesten können allerdings ebenfalls problematisch sein, wenn sie entweder nicht komplett intentional steuerbar, zu kompliziert oder auf Dauer zu anstrengend sind.

Viele Schwierigkeiten der blickgestützten Interaktion lassen sich mit einem relativ geringen Übungsaufwand substanziell verringern. So kann bereits ein sechsstündiges Training die Zeigegegenauigkeit verbessern, die Anzahl unbeabsichtigter Klicks verringern und die

Blicke zur Feedbackposition reduzieren (Bates, 2002). Diese Verbesserungen kamen vor allem durch strategische Kontrollprozesse wie dem Stillhalten des Kopfes oder einer Repositionierung des Cursors vor Ablauf der Verweildauer zustande. Blickinteraktion ist also lernbar.

1.4.2 Kommunikative Verwendung in Mensch-Maschine-Mensch-Systemen

In der natürlichen Kommunikation ist die Nutzung des Blickes zu interaktiven Zwecken hoch automatisiert und ermöglicht die Herstellung eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus (siehe Abschnitt 1.2.3). Da die Nutzung sehr natürlicher Verhaltensweisen im Gegensatz zu arbiträr festgelegten Interaktionsmustern oft mit hoher Performanz einhergeht (Leonard, 1959), erscheint der Einsatz von Blickbewegungen im Rahmen der technisch mediierten Kommunikation vielversprechend. Der Einsatz des Blickes sollte deshalb nur eine geringe zusätzliche Belastung bilden, zumindest in Aufgaben, in denen ohnehin auf kritische Objekte geschaut wird. Im Folgenden wird diskutiert, worin genau diese Potentiale liegen können und wo sich dennoch Probleme ergeben.

Blickbewegungen können sehr schnell und automatisch ausgeführt werden. Das Anzeigen von Objekten sollte daher mit einem minimalen zeitlichen, kognitiven und motorischen Aufwand möglich sein. Besonders wertvoll erscheint Blickfeedback bei der Vermittlung prozeduralen Wissens, das nur schwer verbalisierbar und intentional vermittelbar ist. Suchstrategien oder Prozesse der Gewichtung von Informationen könnten mit geringem Erklärungsaufwand verständlich gemacht werden. Weiterhin könnte Blickfeedback bei der Lösung eines impliziten Theory of Mind Problems helfen: Trotz aller Bemühungen zur Herstellung und Überprüfung einer gemeinsamen Wissensbasis gehen Menschen dennoch oft implizit davon aus, dass der Andere weiß was sie meinen und auf welche Objekte sie sich beziehen. Blickfeedback behebt diese Fehlannahme nicht, sondern macht sie wahr.

Auch aus Sicht des Empfängers des übertragenen Blickes bietet sich eine Reihe potentieller Vorteile. Blickbewegungen liefern Informationen über mentale Prozesse des Gegenübers. Wie später noch genauer dargestellt wird, ist der Blickort vor allem in natürlichen Aufgaben fast immer identisch mit dem Fokus der visuellen Aufmerksamkeit (Helmert, 2009; Land, Mennie, & Rusted, 1999) und zeitliche Parameter von Blickbewegungen sind indikativ für die kognitive Ebene, auf der Informationen verarbeitet werden (Velichkovsky, 2002). Damit werden interne Zustände des Partners wie Verarbeitungstiefe, Verständnis oder Interesse für den Betrachter sichtbar. Zusätzlich lässt sich in den Blickbewegungen im Vorfeld einer Entscheidung nicht nur das Ergebnis, sondern auch der Prozess des Entscheidens wiederfinden (Ballard, Hayhoe, Li, & Whitehead, 1992). Da diese Information anhand manueller Bewegungen (z.B. Greifen der ausgewählten Alternative) nicht mehr erkennbar ist, sollte Blickfeedback bei der Visualisierung von Entscheidungsprozessen einen inkrementellen Nutzen hervorbringen. Ähnliche Vorteile ergeben sich aus dem Zusammenhang zwischen Blickbewegungen und Sprachäußerungen. Fixationen auf Objekten gehen der verbalen Referenz auf selbige um etwa eine Sekunde voraus (Griffin & Bock, 2000). Diese *eye voice span* ist innerhalb einer Person relativ stabil (Kaur et al., 2003) und macht Blickfeedback damit hochgradig prädiktiv: Ein Zuhörer kann anhand des Blickcursors eines Sprechers schon vorab erschließen, über welche Objekte er sprechen wird (Kreysa, Pickering, Haywood, & Henderson, 2009).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Blickbewegungen verschiedene kommunikativ relevante Funktionen erfüllen: Sie können zeigen, auswählen, Aufmerksamkeit und Interesse widerspiegeln, auf aktuelle Aktivitäten und Strategien hinweisen oder zukünftige Konversationsobjekte vorhersagen. Dieses breite Spektrum an Informationen lässt sich darauf zurückführen, dass Blickbewegungen stark in kognitive Verarbeitungsprozesse eingebunden und damit indikativ für diese Prozesse sind. Diese Eigenschaft macht sie einerseits informativ, führt aber andererseits auch zu einer Anzahl möglicher Probleme.

Wie in der Mensch-Computer-Interaktion könnte sich die Interpretation und Nutzung von Blickfeedback schwierig gestalten. Einerseits kann der Blick in Suchaufgaben wie zum Beispiel bei der Betrachtung radiologischer Bilder falsche oder unnötige Informationen vermitteln. Wenn auch solche Suchblicke übertragen werden, die nicht zum Ziel führten oder in irrelevanten Bereichen produziert wurden, kann dem Betrachter die Entscheidung zwischen relevanten und irrelevanten Blicken schwer fallen. Auch die Bedeutung bestimmter Blickinstanzen kann mehrdeutig und nicht unmittelbar erkennbar sein. So kann ein Blick auf einem Objekt zum Beispiel heißen, dass der Partner Informationen über dessen Identität verarbeitet, nach etwas Bestimmten sucht, eine Entscheidung treffen will, etwas plant, eine referentielle Aussage interpretiert, eine motorische Handlung programmiert oder auf das Objekt zeigen möchte. Dieses Problem wird vor allem dann relevant, wenn mithilfe von Blickfeedback Instruktionen gegeben werden sollen. Dient der Blick des Partners dessen eigener Informationsverarbeitung oder soll er dem Betrachter etwas vermitteln und ihn zum Handeln animieren? Durch solche Interpretationsschwierigkeiten werden die kognitiven Anforderungen des Betrachters erhöht. Zusätzlich zur eigenen Handlung im Rahmen der Aufgabe muss er nicht nur deuten können wo der Partner hinschaut, sondern auch warum. Hinzu kommt, dass die meisten Personen keine Erfahrung mit Blickfeedback haben und daher fraglich ist, ob sie die Funktion bestimmter Blickparameter wie zum Beispiel langer Fixationen intuitiv erkennen können. Erste Evidenz legt jedoch nahe, dass dies durchaus der Fall ist oder schon innerhalb der Übungsdurchgänge gelernt werden kann (Brennan, Chen, Dickinson, Neider, & Zelinsky, 2008; Velichkovsky, 1995).

Weiterhin könnte der schnell und oft unvorhersehbar springende Blickcursor zu Orientierungseffekten infolge des ständigen Bewegungssignals führen (Graupner, Velichkovsky, Pannasch, & Marx, 2007; Theeuwes, Kramer, Hahn, & Irwin, 1998). Es kann schwer fallen, dieses Signal zu ignorieren, selbst wenn der Cursor gerade nicht benötigt wird. Verstärkt sollte dieses Problem auftreten, wenn die Relevanz des Cursors stetig wechselt und ein eben noch störender Cursor in späteren Arbeitsschritten wieder hochgradig relevant ist. Einige Studien suggerieren zwar, dass Menschen einen Blickcursor nur dann beachten, wenn er hilfreich ist (Brennan, et al., 2008; Neider, Chen, Dickinson, Brennan, & Zelinsky, 2010) und verwirrende oder irrelevante Blickcursors mental ausblenden können (Kreysa, et al., 2009). Die zitierten Studien verwendeten jedoch weder sensitive Maße zur Erfassung von Distraction, noch Aufgaben, in denen der Blick von hoher kooperativer Relevanz war. Es bleibt die Frage, inwiefern Blickbewegungen kooperative Leistungen und kommunikative Prozesse verbessern können.

1.4.3 Empirische Evidenz zur Wirkung von Blickfeedback

Zwei Forschungslinien zur Untersuchung von Blickübertragung in der technisch mediierten Kommunikation können unterschieden werden. Die erste bewegt sich im Trainingskontext, wobei Blickbewegungen von Experten während der Lösung einer Aufgabe aufgezeichnet und Novizen zeitversetzt präsentiert werden. Es wird untersucht, wie sich Problemlöseprozesse von Novizen durch ein solches Blickfeedback verändern können. Im Kontext dieser Dissertation sind diese Studien vor allem deshalb interessant, weil sie meist natürliche Aufgaben anstelle minimalistischer Paradigmen verwendeten. Die wesentliche Komponente der sozialen Interaktion bleibt in diesen Arbeiten jedoch unberücksichtigt. Daher werden weitere Studien vorgestellt, die Blickbewegungen in kopräsenten Settings einsetzen, in denen zwei Personen gemeinsam eine Aufgabe lösen. Dabei wird der Blick einer Person in Echtzeit an ihr Gegenüber übertragen. Wie sich jedoch zeigen wird, sind auch hier die meisten Studien nur in einer sehr weiten Definition des Begriffes als kooperativ zu bezeichnen.

Blickfeedback zum Training von Novizen

Expertise geht oft mit verbesserten Problemlösestrategien einher. In verschiedenen visuellen, objektzentrierten Aufgaben spiegelt sich dieser Unterschied zwischen Experten und Novizen auch im Blickverhalten wider, so zum Beispiel bei der Inspektion von Mikrochips (Schoonard, Gould, & Miller, 1973), bei der Laparoskopie (Law, Atkins, Kirkpatrick, & Lomax, 2004), beim Betrachten radiologischer Bilder (Nodine & Mello-Thoms, 2000) oder im Flugsimulator (Kasarskis, Stehwien, Hickox, Aretz, & Wickens, 2001). Wenn Besonderheiten im Blickverhalten von Experten deren überlegene Strategien widerspiegeln, so könnten solche Strategien mittels Blickfeedback an Novizen vermittelt werden.

Positive Effekte von Blickübertragung im Trainingskontext wurden zum Beispiel beim Finden von Defekten im Flugsimulator nachgewiesen (Mehta, Sadasivan, Greenstein, Gramopadhye, & Duchowski, 2005; Sadasivan, Greenstein, Gramopadhye, & Duchowski, 2005). Personen sahen die Blickbewegungen eines Experten bei seiner Fehlersuche in einem virtuellen Maschineninnenraum und sollten im Anschluss ähnliche Aufgaben selbst lösen. Blickfeedback führte nicht nur zu Leistungsverbesserungen im Sinne der Anzahl erkannter Defekte, sondern wirkte sich auch auf Problemlöseprozesse aus: Mit Blickfeedback trainierte Novizen suchten eine größere Anzahl von Bereichen ab und zeigten dabei längere Fixationsdauern – Blickfeedback begünstigte also eine systematischere und genauere Suche.

Auch Radiologen können bei der Suche nach Gewebeknoten auf Röntgenbildern von Blickfeedback profitieren (Litchfield, Ball, Donovan, Manning, & Crawford, 2008). Die Entdeckungsleistung verbesserte sich besonders für weniger erfahrene Radiologen und auch hier war die bis zur Entscheidungsfindung benötigte Zeit am größten, wenn vorab Blickfeedback gegeben wurde. Eine sorgfältigere Informationsaufnahme zeigte sich in längeren Fixations- und Verweildauern sowie in höheren Zeitanteilen, die Radiologen im Vorfeld einer Entscheidung auf Knoten fixierten.

Weiterhin kann die Lösungsfindung bei Einsichtsproblemen durch Blickfeedback begünstigt werden (Litchfield & Ball, 2011). In der Strahlenaufgabe von Duncker (1945) muss der Löser erkennen, dass ein Tumor nur durch eine sternförmige Applikation der Strahlen entfernt werden kann, ohne umliegendes Gewebe zu schädigen. Erfolgreiche Löser produzieren daher zumeist Sakkaden, die Gewebegrenzen kreuzen, während Nichtlöser eher

den zentralen Tumor fixieren. Personen, denen Blickfeedback mit gewebekreuzenden Sakkaden gezeigt wurde, fanden im Anschluss häufiger die Lösung. Dies war sowohl der Fall, wenn das Blickfeedback vom Versuchsleiter auf höchst systematische Weise produziert wurde, als auch wenn es die natürlichen Blickbewegungen einer echten Versuchsperson widerspiegelte. Zwar entstanden im ersten Fall kürzere Lösungszeiten, interessanterweise unterschieden sich die Lösungsraten jedoch nicht zwischen den Bedingungen. Systematische Zeigeinformation führte also zu schnelleren, nicht aber zu häufigeren Lösungen als erfolgreiches Suchverhalten, das ohne kommunikative Absicht produziert wurde.

Wenn Programmierern vor der Fehlersuche im Code Blickfeedback eines erfolgreichen Löser gegeben wurde, so führte dies auch hier zu mehr korrekten Lösungen (Stein & Brennan, 2004). Im Gegensatz zu den anfangs beschriebenen Studien entstanden jedoch auch kürzere Lösungszeiten. Der Effekt von Blickfeedback beruhte in diesem Fall eher auf einem Priming lösungsrelevanter Bereiche, so dass ein späteres Lösen stärker lokalisationsbasiert ablaufen konnte, anstatt langandauerndere Identifikationsprozesse notwendig zu machen. Dieser Unterschied zu den Studien, die den Effekt von Blickfeedback eher auf eine Entwicklung systematischer, planvoller Suchstrategien zurückführten (Litchfield, et al., 2008; Mehta, et al., 2005; Sadasivan, et al., 2005), zeigt wie wichtig die Beachtung von Aufgabenmerkmalen zur Erklärung von Blickvorteilen sein kann.

Die Mehrzahl der Trainingsstudien kann Verbesserungen von Performanz und Lösungsstrategien durch die Gabe von Blickfeedback in visuell-objektbezogenen Aufgaben nachweisen (aber siehe Van Gog, Jarodzka, Scheiter, Gerjets, & Paas, 2009, für einen gegenteiligen Befund). Personen lernen, an welchen Stellen sie suchen oder auf welche Informationen sie achten müssen. Was die hier beschriebenen Studien jedoch nicht beantworten ist die Frage, ob Blickfeedback auch in der tatsächlichen Interaktion zwischen zwei Partnern nützlich sein kann.

Blickfeedback als Kommunikationsmedium

In kooperativen Situationen, die eine dynamische Manipulation von Objekten erfordern, kann der Blick der Konversationspartner synchronisiert mit anderen Handlungen und Gesten an den Anderen übertragen werden (Bednarik, Shipilov, & Pietinen, 2011; Carletta et al., 2010). Trotz des hohen Potentials von Blickfeedback zur Unterstützung technisch medierter Kooperation wurde eine solche Anwendung bisher kaum untersucht. Die wenigen dazu existierenden Studien werden in diesem letzten Teil der theoretischen Betrachtungen vorgestellt und es wird gezeigt, welche Fragen bisher unbeantwortet blieben.

Brennan et al. (2008) ließen Versuchspersonenpaare gemeinsam visuelle Suchaufgaben bearbeiten, in denen Qs in einer Menge von Os gefunden werden mussten. Gegenseitiges Blickfeedback der Partner wurde entweder zusammen mit Sprache oder als einziges Kommunikationsmittel übertragen und mit einer alleinigen Sprachübertragung verglichen. Die Aufgabe konnte mittels Blickübertragung schneller gelöst werden als ohne, aber auch die beiden Blickbedingungen unterschieden sich voneinander: Alleinige Blickübertragung führte zu schnelleren Lösungszeiten als die Kombination mit Sprache, die ein höheres Maß an Koordination erforderte. Eine Analyse der Fixationsortverteilung zeigte, dass Blickvorteile auf einer Vermeidung von Redundanz in den abgesuchten Bereichen basierten – Personen teilten den Bildschirm deutlicher in zwei Hälften auf. Da perfekte Zusammenarbeit also darin bestand, dem Partner möglichst effektiv aus dem Weg zu gehen, war zwar ein gewisses Maß

an Koordination notwendig, aber keine kooperative Kommunikation wie sie in Kapitel 1.2.2 charakterisiert wurde.

In einer naturalistischeren Suchaufgabe auf der Basis von Stadtszenen erhöhten Neider et al. (2010) die kooperativen Anforderungen. Wie in der vorab beschriebenen Studie konnte mittels Blick, Sprache oder einer Kombination von beiden kommuniziert werden. Im Gegensatz zur vorigen Studie war zum Beenden des Trials jedoch ein Konsens zwischen beiden Partnern notwendig, indem sie gleichzeitig auf das Target schauen mussten. In der Konsensphase, also beim Kommunizieren der Targetposition an den Partner, zeigten sich Blickvorteile in den Lösungszeiten gegenüber rein verbaler Kommunikation. Blickfeedback mit und ohne Sprache waren hingegen ähnlich effektiv. Keinerlei Unterschiede in der Leistung waren jedoch in der Suchphase zu finden. Blickvorteile äußerten sich also lediglich in einem Vorteil beim Zeigen von Objekten und basierten in dieser Situation auf einer geringeren Anzahl detaillierter, verbaler Positionsbeschreibungen und Sprecherwechsel.

Obwohl in beiden Studien (Brennan, et al., 2008; Neider, et al., 2010) eine Zusammenarbeit der Partner nötig war, ist eine Bezeichnung als kooperativ dennoch fraglich. Die Handlungen und der Blick des Gegenübers waren nicht notwendig, um eigene Handlungen zu planen oder auszuführen und gemeinsame Handlungen zu koordinieren. Das erforderliche Minimum an Koordination (Erkennen, wenn der Partner das Target gefunden hat) konnte durch ein peripheres Überwachen der groben Cursorbewegung geschehen, um dessen Stillstand zu bemerken. Blickbewegungen mussten also nicht zur inhaltlichen Verständigung über gemeinsame Lösungsprozesse herangezogen werden.

In einer einzigen Studie wurde Blickfeedback bisher zur Unterstützung echter Kooperations- und Koordinationsprozesse herangezogen. Velichkovsky (1995) ließ zwei Personen gemeinsam Puzzles lösen. Ein Partner (Experte) kannte infolge eines mehrstündigen Trainings die korrekte Lösung, während nur der andere Partner (Novize) die Teile bewegen konnte. Die Partner durften frei verbal interagieren und zusätzlich wurden die Blickbewegungen des Experten an den Novizen übertragen oder umgekehrt. Diese Blickübertragung wurde mit einer Übertragung von Mauspositionen und alleiniger Sprachübertragung verglichen. Beide Formen der cursorgestützten Interaktion resultierten in einer Reduktion der Lösungszeiten und führten dazu, dass Personen weniger sprachen und mehr deiktische Referenzäußerungen anstelle von ausführlichen Positionsbeschreibungen verwendeten. Zwischen Blick- und Mausübertragung konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Allerdings wurden keine detaillierten Maße für den Kommunikationsprozess berichtet, so dass die Frage weiterhin offen bleibt, ob sich Blick und Maus differentiell auf die Koordination gemeinsamer Handlungen auswirken. Aufgrund des hohen Trainingsaufwandes wurden zudem nur vier Experten eingesetzt, die mit verschiedenen Novizen zusammen arbeiteten. Somit waren die Paare nicht unabhängig voneinander und eine Generalisierung der Ergebnisse ist schwierig.

Die in diesem Kapitel vorgestellten Befunde zeigen, dass eine Verwendung von Blickbewegungen zur Interaktion mit Computern oder zur Kommunikation zwischen Menschen möglich ist. Die Potentiale dieser Technologie liegen – neben der Einsetzbarkeit in Szenarien, die eine manuelle Steuerung unmöglich machen – in der hohen Geschwindigkeit von Augenbewegungen und deren engem Zusammenhang mit kognitiven Prozessen. Genau darin liegt jedoch gleichfalls die hauptsächliche Problemquelle dieser Technologie:

Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von informationsaufnehmenden und interaktiv relevanten Blicken führen zu hohen Fehlerraten. Blickbewegungen können zum Training von Novizen eingesetzt werden und dabei entweder eine Fokussierung auf relevante Bereiche oder eine Übertragung systematischer Lösungsstrategien zur Folge haben. Wenn Personen gemeinsam an objektbezogenen Aufgaben arbeiten, kann ein Blickfeedback des Partners die gemeinsame Leistung im Vergleich zur rein verbalen Kommunikation verbessern.

Während diese Ergebnisse dafür sprechen, dass Blickübertragung kooperative Leistungen verbessern kann, ist ihr eigentlicher Beitrag zur Koordination gemeinsamen Handelns noch unklar. Ob die im Blick enthaltene Information über kognitive Prozesse tatsächlich entscheidend ist oder ob die gleichen Effekte auch durch ein rein intentionales Zeigen erreichbar sind, bleibt offen. Auch ist bisher nicht hinreichend geklärt, wie eine kommunikative Verwendung von Blickbewegungen sich auf diese Blickbewegungen selbst und auf andere Bestandteile des Kommunikationsprozesses auswirkt. Ein Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen soll mithilfe der in dieser Dissertation berichteten Experimente geleistet werden.

2 FRAGESTELLUNGEN UND ABLAUF

Bei der Gestaltung von Kommunikationssystemen sollten wesentliche Merkmale natürlicher Kommunikation auf einer funktionalen Ebene erhalten bleiben. In der direkten Kommunikation wird das Schaffen einer gemeinsamen Wissensbasis durch die Möglichkeit zur Herstellung eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus erleichtert. Dabei folgen Personen dem Blick des Gegenübers oder lenken ihn auf Objekte, die für gemeinsame Handlungen relevant sind. Die in dieser Dissertation durchgeführten Experimente gehen der Frage nach, ob Blickfeedback diese koordinierende Funktion auch in der technisch mediierten Kooperation erfüllen kann.

Die Hauptfragestellung ist damit, wie sich eine Übertragung des Partnerblickes auf kooperative Prozesse auswirkt. Dabei ist der Vergleich zur rein sprachlichen Interaktion nur bedingt interessant: Als visuell-räumlicher Indikator sollte ein Blickcursor in objektbezogenen Aufgaben ohnehin zu einer deutlich effizienteren Verständigung führen als Sprache allein. Interessanter ist daher der Vergleich zwischen Blickfeedback als Hinweis auf Prozesse der visuellen Aufmerksamkeit und der Maus als rein intentional einsetzbares Zeigemedium.

Die Effektivität eines Kommunikationsmediums äußert sich nicht nur darin, ob es zu schnellen und korrekten Lösungen führt, sondern auch darin, mit welchem Aufwand oder welchen Kosten dies geschieht. Neben Unterschieden in der Leistung ist deshalb vor allem die Wirkung von Blickfeedback auf Prozesse der Kommunikation und Handlungskoordination von Interesse. Welchen Effekt hat die Übertragung des Partnerblickes auf die Art und Weise, in der Personen eine gemeinsame Wissensbasis herstellen? Welche Probleme können dabei entstehen? Da gegenseitiges Verständnis nicht nur mithilfe sprachlicher Mittel herbeigeführt wird, ist ein multivariater Ansatz vonnöten. Folgende Teilaspekte kooperativen Arbeitens werden untersucht:

- *Handlungskoordination:* In welchem Zusammenhang steht die Beobachtung des Partnerblickes zur Ausführung aufgabenrelevanter Handlungen: Wie schnell, wie häufig oder wie sicher reagieren Personen auf den Blickcursor ihres Gegenübers? Wie stimmen Personen gemeinsame Handlungen ab, wenn sie mittels Blickfeedback interagieren? Begünstigt Blickfeedback eher autonomes Handeln oder führt es zu einer engen Zusammenarbeit beider Partner?
- *Blickbewegungen:* Verändern sich die Blickbewegungen selbst, wenn sie zu kommunikativen Zwecken an einen Partner übertragen werden? Führt eine intentionale Verwendung von Blickbewegungen zur Kommunikation dazu, dass Personen ihren Blick anpassen, um ihn für den Partner besser nutzbar zu machen?
- *Sprachäußerungen:* Wie gestalten Partner ihre verbale Interaktion, wenn Blickbewegungen zur Kommunikation eingesetzt werden? Führt Blickfeedback zu einem geringeren Zurückgreifen auf Sprache? Welche funktionellen Bestandteile von Dialogen werden durch das Vorhandensein von Blickfeedback beeinflusst und wie wird sprachlich auf relevante Objekte referenziert?
- *Subjektive Bewertungen:* Wie schätzen Personen ihre Zusammenarbeit und das gegenseitige Verständnis ein, wenn sie den Blick zur Kommunikation einsetzen?

Welche Zusammenhänge zeigen sich zwischen der subjektiven Bewertung von Blickfeedback und objektiven Leistungsmaßen?

Wie in Kapitel 1.3 bereits festgestellt, ist die Wirkung eines Kommunikationsmediums hochgradig aufgabenabhängig. Ein zweiter Schwerpunkt dieser Arbeit liegt deshalb darin, situative Determinanten der Nutzbarkeit von Blickfeedback zu erkunden. Dabei fokussieren die hier berichteten Experimente vor allem auf die Interaktivität der Situation als den Grad, zu dem beide Partner aufeinander angewiesen oder zum selbständigen Handeln in der Lage sind. Ist Blickfeedback mehr oder weniger gut zur Unterstützung kooperativer Prozesse geeignet, wenn die Situation eine flexible Koordination der Handlungen beider Partner erfordert? Wie gut kann der Blick genutzt werden, wenn sich die Partner in einer hoch strukturierten Situation mit geringen Handlungsspielräumen befinden? Zur Beantwortung dieser Fragen wurden drei Studien durchgeführt.

Kommunikation von Bildinhalten

Die erste Studie diente als Pilotstudie zum Einstieg in die Arbeit mit Blickfeedback. Ziel war es einerseits, zu testen inwieweit Personen in der Lage sind, ihren Blick bewusst zur technisch mediierten Kommunikation einzusetzen. Vor allem aber sollte überprüft werden wie sich Blickbewegungen verändern, wenn sie intentional zum Zeigen verwendet werden. In zwei Experimenten wurde Blickfeedback zur Kommunikation von Bildinhalten verwendet. Die Experimente unterschieden sich in ihrer Restriktivität, indem die mithilfe des Blickes zu vermittelnden Inhalte vorab definiert wurden oder von den Versuchspersonen frei gewählt werden konnten.

Kooperatives Puzzeln

In der zweiten Studie wurde die Wirkung von Blickfeedback auf die Leistung und den Kooperationsprozess in einer Aufgabe untersucht, in der die Hauptfunktion des Blickes im Zeigen von Positionen lag. Im Rahmen einer gemeinsamen Puzzleaufgabe konnte ein Experte einem Novizen beim Lösen helfen, indem er seinen Blick, seine Maus oder nur Sprache allein verwendete. Dabei wurde untersucht, wie sich die Interaktivität der Aufgabe auf die Nutzbarkeit von Blickfeedback auswirkt, indem Autonomie und Wissenstand der Partner variiert wurden.

Blickbasiertes Verschieben des Sichtbereiches

Im Gegensatz zu den ersten beiden Studien fokussierte die dritte Studie darauf, den Blick vor allem in seiner natürlichen Funktion als Mittel zur Aufnahme visueller Informationen zu verwenden. Anhand der Blickbewegungen eines Partners mussten Personen ein Fenster so verschieben, dass für den Partner relevante Bildschirmbereiche zum Vorschein kamen. Die Zusammenarbeit wurde mit einer Verwendung der Maus kontrastiert. Dabei wurde untersucht, wie die Nutzbarkeit von Blickfeedback von der Sichtbarkeit aufgabenrelevanter Objekte abhing.

Im folgenden Teil der Arbeit werden diese Studien vorgestellt und diskutiert.

3 EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Kommunikation von Bildinhalten

Ziel der ersten beiden Experimente war es, zu untersuchen wie sich Blickbewegungen durch eine intentional-kommunikative Nutzung verändern. Wenn Blickfeedback in bisherigen Studien mit einer Veränderung von Blickparametern in Bezug gesetzt wurde, so wurde dabei lediglich auf die Blickbewegungen des Empfängers fokussiert: Aus seinem visuellen Inspektionsverhalten wurde auf strategische Veränderungen in der Verwendung von Suchstrategien geschlossen (Litchfield, et al., 2008; Mehta, et al., 2005; Sadasivan, et al., 2005). In den hier berichteten Experimenten werden dahingegen Veränderungen in den Blickbewegungen des Produzenten selbst untersucht, wenn dieser seinen Blick nicht mehr nur zur Aufnahme, sondern auch zur Weitergabe von Informationen verwendet.

Eine Analyse der Blickbewegungen einer mittels Blickfeedback instruierenden Person wurde bisher nur in einer einzigen Studie vorgenommen (Velichkovsky, 1995). Die dabei gefundenen Besonderheiten im Blickverhalten werden in Kürze detailliert erläutert. Um jedoch die Bedeutung dieser Ergebnisse und die Fragestellungen der hier berichteten Experimente nachvollziehen zu können, ist zunächst eine Einführung in die Funktionen und Eigenschaften von Blickbewegungen notwendig. Im folgenden Abschnitt wird in das Zusammenspiel von Fixationen und Sakkaden zur Ausrichtung des Blickortes auf relevante Objekte eingeführt und es wird beschrieben, wie Blickparameter mit mentalen Prozessen und der Bearbeitung spezifischer Aufgaben in Verbindung stehen.

Blickbewegungen und mentale Prozesse

Um Objekte in der Umwelt visuell wahrnehmen zu können, bewegen Menschen ihre Augen. Eine Ausrichtung der Fovea auf interessierende Bereiche im visuellen Feld ermöglicht eine räumlich hochauflösende Informationsaufnahme. Diese Ausrichtung geschieht in Form von Sakkaden, also schnellen, ballistischen Blicksprüngen von einem Blickort zum nächsten. Sakkaden sind mit Geschwindigkeiten von bis zu $1000^\circ/\text{s}$ die schnellsten Bewegungen des menschlichen Körpers. Verweilt das Auge in relativem Stillstand an einer Position, so wird dies als Fixation bezeichnet. Mittlere Fixationsdauern während der Betrachtung von Szenen liegen bei etwa 330 Millisekunden (Rayner, 1998), weisen allerdings eine hohe Variabilität auf. Die Fixationsdauer hängt von einer Reihe von *bottom-up* Faktoren ab wie zum Beispiel der Qualität der visuellen Information am Fixationsort (van Diepen, de Graef, & d'Ydewalle, 1995), unterliegt aber auch der *top-down* Kontrolle durch mentale Prozesse (Henderson, Weeks, & Hollingworth, 1999).

Fixationen reflektieren Prozesse der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen und sind die zuverlässigsten Indikatoren für den Fokus der visuellen Aufmerksamkeit: Menschen schauen typischerweise auf diejenigen Orte oder Objekte, die sie gerade beachten (Just & Carpenter, 1976). Mentale Prozesse auf unterschiedlichen Verarbeitungsebenen (*Levels of processing*, Craik & Lockhart, 1972) können in Parametern von Blickbewegungen reflektiert sein (Velichkovsky, 2002). Während die Lokalisation von Objekten im Raum mit geringen Fixationsdauern und hohen Sakkadenamplituden einhergeht, werden Prozesse der

detaillierten Verarbeitung von Objektidentität eher mit langen Fixationen und kurzen Sakkaden assoziiert (Unema, Pannasch, Joos, & Velichkovsky, 2005; Velichkovsky, Joos, Helmert, & Pannasch, 2005). Eine tiefere Verarbeitung der Identität und Bedeutung von Objekten geht demnach mit längeren Fixationen einher (siehe Abbildung 1).

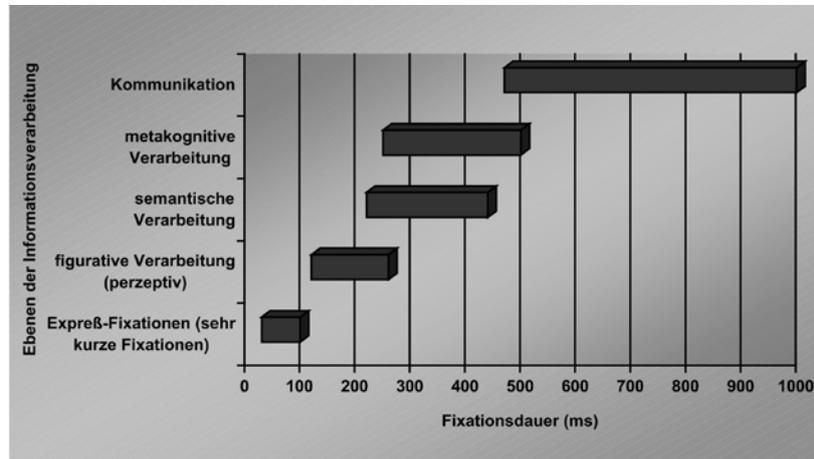


Abbildung 1. Zusammenhang von Fixationsdauer und Ebene der Informationsverarbeitung. Aus Velichkovsky, Sprenger & Pomplun (1997). Relevant für die Zwecke dieser Arbeit ist vor allem, dass im Zuge der Kommunikation besonders lange Fixationen entstehen.

Lange Fixationen in aktiven und kommunikativen Aufgaben

Obwohl ein Zusammenhang zwischen Fixationsdauer und Verarbeitungstiefe besteht, ist dieser nicht zwingend – lange Fixationen können auch auf andere Ursachen rückführbar sein. Fixationsdauern werden wesentlich durch den Handlungskontext bestimmt, in dem sie entstehen. So wurden zum Beispiel in aktiven Aufgaben wie beim Teekochen (Land, et al., 1999), beim Zubereiten von Sandwiches (Hayhoe, Shrivastava, Mruczek, & Pelz, 2003) oder beim Autofahren in einer Fahrsimulation (Velichkovsky, Rothert, Kopf, Dornhoefer, & Joos, 2002) längere Fixationen produziert als sie während der passiven Betrachtung von Bildern üblicherweise gefunden werden. Beim aktiven Handeln in dynamischen Kontexten stehen diese langen Fixationen vermutlich mit Prozessen der Überwachung von Handlungen und anderen aufgabenrelevanten Vorgängen in Verbindung (Land & Tatler, 2009).

Zwar kann die Fixationsdauer in aktiven Aufgaben nicht direkt mit der Verarbeitungstiefe in Bezug gesetzt werden, wohl aber reflektiert sie auch hier eine Aufnahme von Informationen. Augen können jedoch nicht nur der Aufnahme, sondern auch der Weitergabe von Informationen dienen, wenn sie zur Herstellung eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus genutzt werden. Eine solche kommunikative Verwendung kann ebenfalls mit einer Verlängerung der Fixationsdauer einhergehen (Velichkovsky, 1995). Velichkovsky fand, dass beim kooperativen Puzzeln mit Blickübertragung fast 20 Prozent der Fixationen eine Dauer von über 500 Millisekunden hatten. Aus der Abwesenheit einer Korrelation von Fixationsdauer und Pupillengröße schloss er außerdem, dass lange Fixationen in diesem Kontext nicht durch erhöhte mentale Belastung hervorgerufen wurden, sondern aus rein kommunikativen Gründen verlängert wurden.

Warum sollten Fixationen mit kommunikativer Intention lang sein? Einerseits können lange Fixationen vom Produzenten besser kontrolliert werden, aber der wesentlichste Grund

scheint beim Rezipienten zu liegen: Lange Fixationen sollten vom Partner besser erkannt und interpretiert werden können. Evidenz dafür fand Velichkovsky in Form einer negativen Korrelation vom Anteil langer Fixationen und der Aufgabenleistung: Ein erhöhter Anteil langer Fixationen ging mit schnellen Lösungen einher. Diese Korrelation wurde allerdings nur über alle Kommunikationsbedingungen und nicht spezifisch für Blickfeedback berichtet, was eine Interpretation schwierig macht. Die Evidenzbasis für kommunikative bedingte Veränderungen in Blickparametern ist also stark ausbaufähig. Neben detaillierteren Analysen erscheint vor allem eine höhere Vergleichbarkeit mit üblichen Paradigmen zur Untersuchung menschlichen Blickverhaltens wünschenswert. Blickbewegungen sollten dabei zwischen kommunikativen und nicht-kommunikativen Situationen verglichen werden, anstatt wie bisher nur verschiedene kommunikative Settings gegenüberzustellen. Ein Beitrag zur Schließung dieser Lücke wurde in den ersten beiden Experimenten dieser Dissertation geleistet, indem Blickbewegungen in einem Bildbetrachtungsparadigma kommunikativ verwendet wurden.

3.1.1 Experiment 1: Freies Zeigen von Bildinhalten

In Experiment 1 wurden explorativ erste Erfahrungen mit der bewussten Verwendung von Blickbewegungen zur Kommunikation von Bildinhalten gesammelt. Neben der Untersuchung von Veränderungen im Blickverhalten sollte die technische Durchführbarkeit geklärt werden. Dabei war vor allem die Genauigkeit der Blickpositionsanzeige von Interesse. Frühere Studien aus unserem Labor zum Schreiben mit den Augen hatten gezeigt, dass die Kalibrierengenauigkeit bei einigen Versuchspersonen rapide abnahm und eine zielsichere Bedienung des Cursors unmöglich wurde. Der Blick kann jedoch nur dann sinnvoll zum Zeigen verwendet werden, wenn dem Empfänger eine korrekte Zuordnung des Cursors zu den gezeigten Objekten möglich ist. Gerade im Puzzleparadigma der zweiten Studie ist eine hohe Zeigeengenauigkeit unabdingbar, um die Wirkung von Blickfeedback auf kooperative Prozesse ermitteln zu können. Ohne diese Genauigkeit wäre für sämtliche Effekte nicht klar, ob sie auf Eigenschaften des Blickes an sich oder nur auf technische Mängel in der Messung und Übertragung rückführbar sind.

Experimentell umgesetzt wurde die Vorstudie in einer Bildbetrachtungsaufgabe. In der Kommunikationsbedingung (*Kommunikation*) mussten von den Versuchspersonen selbst gewählte Bildinhalte mithilfe des Blickes kommuniziert werden, der an einen Partner übertragen wurde. In einer Kontrollbedingung (*Bildbetrachtung*) wurden dieselben Bilder lediglich visuell exploriert. Der Partner sollte in Kommunikation anhand des Blickcursors erkennen können, was die Versuchsperson ihm zeigen wollte. Dabei musste er nicht einfach gezeigte Objekte benennen, sondern gelenkt durch die Blickbewegungen der Versuchsperson einen Handlungsverlauf verbalisieren. Er musste also eine Geschichte zum Geschehen im jeweiligen Bild erzählen. Die Versuchsperson selbst durfte dabei nicht sprechen, um eine kommunikative Verwendung des Blickes sicherzustellen. Einerseits sollte die Versuchsperson selbst ihren Blick zum Zeigen einsetzen, aber auch für den Partner sollte es notwendig sein, den Cursor zur Erkennung von Bildinhalten zu verwenden, anstatt ihn zu ignorieren und allein auf die Sprache zu achten.

Fragestellungen und Hypothesen

Das Ziel dieser Untersuchung bestand darin, Blickbewegungen zum Zeigen von Bildinhalten mit Blickbewegungen während der individuellen Betrachtung von Bildern zu vergleichen. Will man mit seinem Blick Informationen über bestimmte Bildobjekte kommunizieren, so muss man sicherstellen, dass der Partner den Blick auch sieht und als kommunikative Geste wahrnimmt. In Anlehnung an die Ergebnisse von Velichkovsky (1995) wurden daher längere Fixationen in der Bedingung Kommunikation als in Bildbetrachtung erwartet. Andererseits muss der Partner den Blick verstehen: Ihm muss deutlich werden, auf welches Objekt sich der Blick bezieht. Ein häufiges Hin- und Herspringen zwischen verschiedenen Objekten erscheint damit kontraproduktiv. Deshalb wurden in Kommunikation geringere Sakkadenamplituden erwartet als in Bildbetrachtung. Ein solches Bestreben zur Deutlichkeit sollte sich auch darin zeigen, dass der Blick für längere Zeiträume auf eng umgrenzten Bildbereichen verharret. Daher wurden in Kommunikation höhere Anteile langer Fixationen gepaart mit kurzen Sakkaden erwartet als in Bildbetrachtung, ebenso wie eine häufigere Wiederholung dieses Blickmusters. Tritt eine solche Gruppierung von Blickbewegungen auf wenigen Bildbereichen auf, so sollte sie auch in räumlichen Parametern der Fixationsortverteilung quantifizierbar sein. Für die Bildbetrachtung wurde daher eine gleichmäßige Verteilung der Blickorte über das Bild angenommen, während in Kommunikation eine Konzentration von Fixationen auf wenige und stark gebündelte Bereiche erwartet wurde.

Methoden

Versuchspersonen

Es nahmen 20 Studenten der TU Dresden am Experiment teil, davon waren 13 weiblich und 7 männlich. Das Alter der Versuchspersonen variierte zwischen 20 und 31 Jahren (MW = 24.15, SD = 3.27). Alle Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehfähigkeiten.

Versuchsaufbau

Der Versuch wurde mithilfe von zwei Computern durchgeführt: Durch einen Darbietungsrechner wurde das Experiment gesteuert, ein weiterer Rechner zeichnete die Blickbewegungen der Versuchspersonen auf. Diese wurden mithilfe eines SR EyeLink 1000 Eyetracking-Systems (SR Research Ltd., Ontario, Canada) mit Kinnstütze zur Stabilisierung des Kopfes monokular gemessen. Die Aufzeichnung erfolgte mit einer Samplingrate von 1000 Hz und einer räumlichen Genauigkeit von über 0.5° . Im Rahmen der online Fixations- und Sakkadenerkennung wurden Sakkaden anhand einer Abweichung der Augenposition um mehr als 0.1° , mit einer Mindestgeschwindigkeit von 30°s^{-1} und einer Mindestbeschleunigung von 8000°s^{-2} über mindestens 4 ms definiert. Die Stimuli wurden der Versuchsperson auf einem 19 Zoll Röhrenmonitor mit einer Bildwiederholrate von 100 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel dargeboten.

Stimuli

Das Stimulusset bestand aus 10 Gemälden unterschiedlicher Künstler (für ein Beispiel siehe Abbildung 2). Das Auswahlkriterium der Bilder bestand darin, dass mehrere Personen und

verschiedene Handlungen abgebildet sein mussten, so dass den Versuchspersonen das Erfinden von Geschichten leichtfallen würde. Als Cursor zur Rückmeldung der Blickbewegungen an den Partner diente ein gelber Punkt mit einem Durchmesser von 30 Pixeln.



Abbildung 2. Stimulusbeispiel aus Experiment 1.

Versuchsablauf

Die Versuchspersonen saßen in einem schwach beleuchteten Raum in einem Abstand von etwa 60 cm vor den Monitor. Vor Beginn des Experimentes erfolgte eine standardisierte 9-Punkt-Kalibrierung. Das Experiment bestand aus zwei Blöcken, die den experimentellen Bedingungen entsprachen. Die Reihenfolge der Blöcke wurde zwischen den Versuchspersonen ausbalanciert, so dass eine Hälfte mit Kommunikation und die andere Hälfte mit Bildbetrachtung begann.

In Kommunikation bestand die Aufgabe der Versuchsperson darin, dem Partner mit ihrem Blick den Inhalt des Bildes zu zeigen, ohne dabei zu sprechen. Die Blickbewegungen wurden als Cursor auf den Monitor des Partners projiziert, auf dem das gleiche Bild angezeigt war, das auch die Versuchsperson sah. Der Partner sollte die ihm gezeigten Inhalte laut aussprechen und die Versuchsperson wurde gebeten, ihn mit ihren Blicken auf dem Bild zu lenken und zu korrigieren. In Bildbetrachtung wurde die Versuchsperson aufgefordert, sich das Bild genau anzusehen, um im Nachhinein eine Frage zu dessen Inhalt beantworten zu können (z.B. „War auf dem Bild ein Esel zu sehen?“).

In jedem Block wurden alle 10 Bilder randomisiert dargeboten. Vor jedem Bild erfolgte eine Driftkorrektur, danach wurde das Bild für 60 Sekunden angezeigt. Nach Verschwinden des Bildes erschien eine mit Ja oder Nein zu beantwortende Frage nach dem subjektiven Kommunikationserfolg (*Kommunikation*) oder zum Bildinhalt (*Bildbetrachtung*). Als Antwortmöglichkeiten dienten die Tasten „m“ und „x“ einer Standardcomputertastatur.

Datenauswertung

Mittelwertvergleiche zwischen den beiden Versuchsbedingungen wurden mittels t-Tests für abhängige Stichproben durchgeführt. War ein Vergleich von mehr als zwei Mittelwerten notwendig, wurden Varianzanalysen mit Messwiederholung verwendet. Eine exakte Beschreibung erfolgt an den entsprechenden Stellen in der Ergebnisdarstellung. Post hoc

Vergleiche wurden mithilfe des *Tukey honest significant difference (HSD)* Tests gerechnet. Zur Quantifizierung der Fixationsortverteilung wurden Voronoi-Analysen herangezogen.

Ergebnisse

Fixationen außerhalb des Bildschirmes, Fixationen vor oder nach einem Blinzeln und die jeweils erste und letzte Fixation in einem Bild wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Für die restlichen Daten wurden aufgrund der rechtsschiefen Verteilungen von Fixationsdauern und Sakkadenamplituden Mediane für jede Faktorstufenkombination berechnet, die in die inferenzstatistischen Analysen eingingen.

Fixationsdauern

Fixationen dauerten im Mittel 260 ms in Bildbetrachtung und 279 ms in Kommunikation. Diese Differenz von 19 ms war statistisch hochsignifikant, $t(19) = -6.12, p < .001$. Der Anteil von Fixationen mit einer Dauer von über 500 ms war in Kommunikation höher als in Bildbetrachtung (13.1 % vs. 6.8 %) und auch dieser Unterschied war hochsignifikant, $t(19) = -7.05, p < .001$. Der aus früheren Arbeiten übernommene Trennwert von 500 ms (Velichkovsky, 1995) ist relativ beliebig gewählt. Eine visuelle Inspektion der Daten (siehe Abbildung 3) zeigt an, dass bereits Fixationen mit einer Länge von über 400 ms in der Kommunikationsbedingung häufiger auftreten.

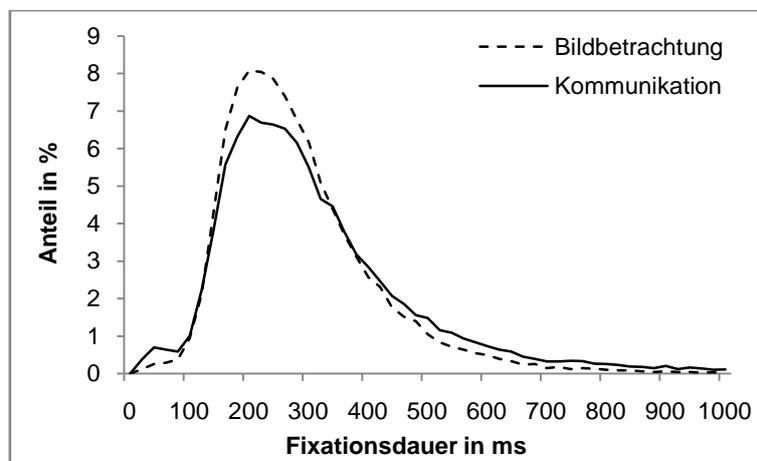


Abbildung 3. Anteile von Fixationen unterschiedlicher Dauer in beiden Bedingungen.

Kombination von Fixationsdauer und Sakkadenamplitude

In Kommunikation entstanden nicht nur längere Fixationen, sondern auch die Sakkadenamplituden waren geringer als in Bildbetrachtung (2.05° vs. 2.55°), $t(19) = -4.28, p < .001$. Um das Zusammenspiel beider Parameter zu untersuchen, wurden die Daten anhand einer Dichotomisierung von Fixationsdauer und Amplitude der nachfolgenden Sakkade aufgeteilt. Zur Trennung zwischen kurzen und langen Fixationsdauern wurden 180 ms gewählt, die Sakkaden wurden bei einem Wert von 4° geteilt (siehe auch Velichkovsky, et al., 2005). Somit ergaben sich die folgenden vier Kategorien: kurze Fixationen mit langen Sakkaden (*KF-LS*), lange Fixationen mit langen Sakkaden (*LF-LS*), kurze Fixationen mit

kurzen Sakkaden (*KF-KS*) und lange Fixationen mit kurzen Sakkaden (*LF-KS*). Eine grafische Darstellung wird in Abbildung 4 gegeben.

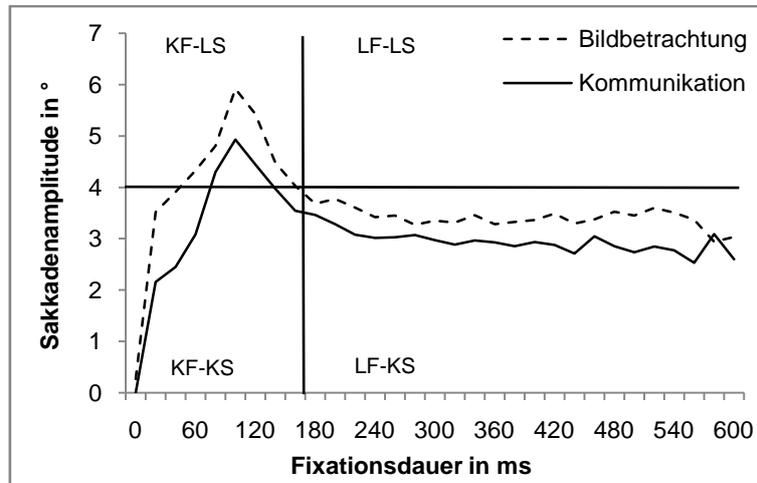


Abbildung 4. Zusammenhang von Fixationsdauer und Sakkadenamplitude in beiden Aufgabenbedingungen. KF-LS = kurze Fixationen mit langen Sakkaden, LF-LS = lange Fixationen mit langen Sakkaden, KF-KS = kurze Fixationen mit kurzen Sakkaden, LF-KS = lange Fixationen mit kurzen Sakkaden.

Eine Übersicht über die Häufigkeiten der vier Fixationskategorien in den beiden Bedingungen befindet sich in Tabelle 1. Um diese Häufigkeiten zwischen den Bedingungen zu vergleichen, wurde eine 2 (*Bedingung: Bildbetrachtung, Kommunikation*) x 4 (*Kategorie: KF-LS, LF-LS, KF-KS, LF-KS*) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Diese Analyse ergab einen Haupteffekt der Kategorie, $F(3,57) = 349.88$, $p < .001$, und eine Interaktion von Bedingung und Kategorie, $F(3,57) = 8.48$, $p < .001$. Post hoc Vergleiche ergaben signifikante Unterschiede zwischen Bildbetrachtung und Kommunikation in der Kategorie LF-KS, $p = .008$, alle anderen Vergleiche waren nicht signifikant, alle $p > .05$. Paarungen von langen Fixationen mit kurzen Sakkaden waren demnach häufiger in Kommunikation zu finden, wohingegen es in Bildbetrachtung einen Trend zu mehr langen Fixationen mit langen Sakkaden gab.

Tabelle 1. Relative Häufigkeiten von Blickmustern in Prozent für beide Bedingungen.

	KF-LS	LF-LS	KF-KS	LF-KS
Bildbetrachtung	7.4	23.9	11.5	57.3
Kommunikation	5.8	19.3	12.1	62.8

Beachte: KF-LS = kurze Fixationen mit langen Sakkaden, LF-LS = lange Fixationen mit langen Sakkaden, KF-KS = kurze Fixationen mit kurzen Sakkaden, LF-KS = lange Fixationen mit kurzen Sakkaden.

Um nicht nur einzelne Fixationen sondern Blickmuster zwischen den beiden Bedingungen zu vergleichen, wurde untersucht, wie oft Versuchspersonen zwischen welchen Kategorien wechselten (siehe Abbildung 5). Zu diesem Zwecke wurden die Häufigkeiten eines jeden Kategorienübergangs (von KF-LS zu LF-LS, von KF-LS zu KF-LS etc.) als prozentualer Anteil an der Gesamtzahl der Übergänge zwischen den beiden Bedingungen verglichen. Bonferroni-korrigierte t-Tests zeigten, dass Übergänge zwischen KF-LS und LF-KS in beiden

Richtungen häufiger in Bildbetrachtung auftraten als in Kommunikation, beide $p < .001$. Die Versuchspersonen wechselten also häufiger zwischen kurzen Fixationen mit langen Sakkaden und langen Fixationen mit kurzen Sakkaden. Weiterhin gab es in Bildbetrachtung mehr Übergänge von KF-LS zu LF-LS und von LF-LS zu LF-KS, beide $p < .01$. In Kommunikation zeigten sich dahingegen größere Übergangshäufigkeiten *innerhalb* der Kategorie LF-KS, $p < .01$, also größere Ansammlungen von langen Fixationen innerhalb eines kleinen Bildausschnittes.

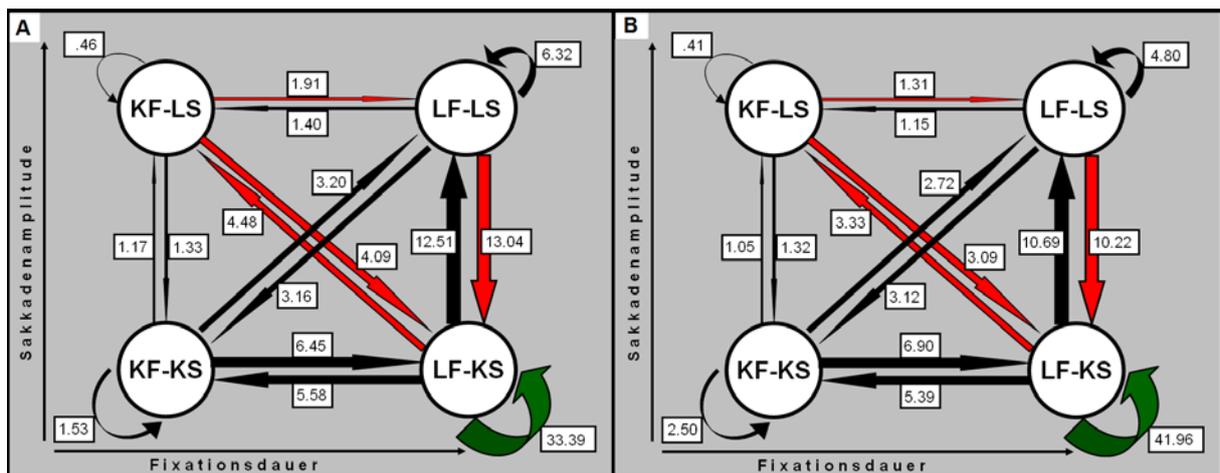


Abbildung 5. Übergänge zwischen den vier Kategorien als prozentuale Anteile an den Gesamtübergängen in Bildbetrachtung (A) und Kommunikation (B). Die Dicke der Pfeile symbolisiert die mittlere relative Häufigkeit des jeweiligen Übergangs. Grüne Pfeile = häufiger in Kommunikation, rote Pfeile = häufiger in Bildbetrachtung, schwarze Pfeile = kein signifikanter Unterschied.

Als quantitatives Maß für die Verteilung der Fixationsorte in beiden Bedingungen wurde die Schiefe in der Verteilung der Voronoi-Zellen um die Fixationsorte herangezogen (Over, Hooge, & Erkelens, 2006). Die Voronoi-Zelle um eine Fixation entspricht dem Bildbereich, in dem alle Bildpunkte näher am jeweiligen Fixationsort als an allen anderen Fixationen gelegen sind (siehe Abbildung 6). Für gleichmäßig auf dem Bild verteilte Fixationen ist die Größe dieser Voronoi-Zellen somit normalverteilt. Ungleichmäßig verteilte Fixationsverteilungen mit Gruppierungen in einzelnen Bildbereichen resultieren hingegen in sehr vielen kleinen Zellen (Bereiche um nahe beieinander gelegene Fixationen) und wenigen großen Zellen (Bereiche um abseits gelegene Fixationen) einher. Die Schiefe der Zellgrößenverteilung beschreibt, wie stark sie von einer Normalverteilung abweicht. Höhere Schiefe-Werte entsprechen einer rechtsschieferen Verteilung der Fixationsorte.

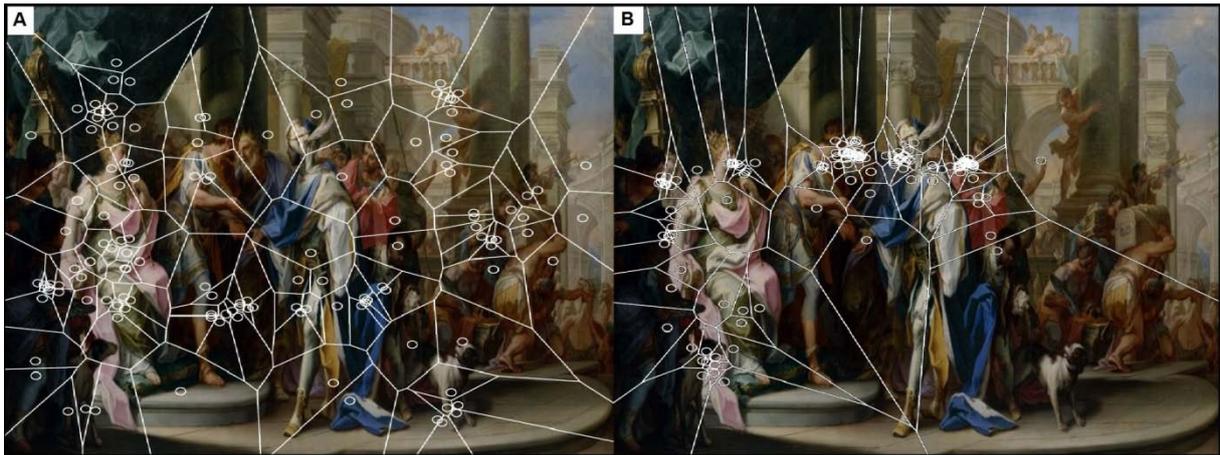


Abbildung 6. Stimulusbeispiel überlagert mit den Fixationsorten und den zugehörigen Voronoi-Zellen für Versuchsperson 4 in Bildbetrachtung (A) und Kommunikation (B).

In der Schiefe der Zellgrößenverteilungen zeigte sich ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den beiden Bedingungen, $t(19) = -6.09$, $p < .001$. Die Schiefewerte waren größer in Kommunikation (3.98) als in Bildbetrachtung (3.15). Die Kommunikation von Bildinhalten führte damit zu einer ungleichmäßigeren Verteilung der Fixationsorte.

Diskussion

Das erste Experiment diente als Pilotstudie, um erste Informationen über die Verwendbarkeit von Blickübertragung und deren Effekt auf Blickparameter zu gewinnen. Zu diesem Zwecke sollten Gemälde entweder betrachtet werden oder ihr Inhalt musste mittels Blickbewegungen an einen Partner kommuniziert werden, so dass dieser das Gezeigte verbalisieren konnte. Im Zuge dieser Kommunikation wurden längere Fixationsdauern, kleinere Sakkadenamplituden und ein höherer Anteil langer Fixationen gepaart mit kurzen Fixationen produziert. Dieses Blickmuster wurde häufiger wiederholt als bei der Bildbetrachtung. Dort hingegen zeigten sich häufigere Übergänge zwischen langen Fixationen mit kurzen Sakkaden und kurzen Fixationen mit langen Sakkaden, was auf ein häufigeres Wechseln zwischen einer großflächigen Suche und einer genauen Inspektion von Objektdetails hinweist. Im Unterschied dazu fokussierten Personen in der Kommunikationsbedingung auf wenige, enger umgrenzte Areale. Anhand einer schiefen Verteilung der Voronoi-Zellgrößen konnte dieser Zusammenhang auch quantitativ belegt werden.

Die Daten liefern erste Hinweise dafür, dass sich Bildbewegungen zur Kommunikation von Blicken zur Informationsaufnahme bei der Bildbetrachtung unterscheiden. Dies scheint nicht nur für lokale Parameter wie Fixationsdauer oder Sakkadenamplitude zu gelten, sondern auch für räumlich und zeitlich definierte Muster von Blickbewegungen der Fall zu sein. Es stellt sich jedoch die Frage, ob diese Veränderungen im Blickverhalten tatsächlich durch die Kommunikation an sich hervorgerufen wurden oder inwiefern sie anderen, aufgabenbedingten Unterschieden zwischen den beiden Bedingungen zugeschrieben werden können. Eine Konfundierung mit aufgabenbedingten Strategien erscheint wahrscheinlich. Während der Kommunikation sollten dem Partner konkrete Bildinhalte so vermittelt werden, dass er sie in Erzählform wiedergeben konnte. Um dabei ein Mindestmaß an inhaltlicher Konsistenz zu ermöglichen, ist eine Fokussierung auf bestimmte Bildbereiche notwendig. Dahingegen

wurden in der Bildbetrachtungsbedingung Fragen zu Bilddetails gestellt. Die Chance zu deren korrekter Beantwortung kann maximiert werden, indem in der verfügbaren Zeit so viele Objekte wie möglich abgescannt werden. Diese Strategien legen ein unterschiedliches Blickverhalten nahe: Während der Blick im ersten Fall lange auf nur wenigen Objekten verweilen sollte, sind im zweiten Fall zahlreiche Blicksprünge im gesamten Bildbereich angebracht. Unterschiede in Fixationsdauern, Sakkadenamplituden und den resultierenden Blickmustern sind nicht nur zu erwarten, sondern beinahe unumgänglich.

Ein weiteres methodisches Problem ergab sich daraus, dass die Personen selbst wählen konnten, was sie zeigen wollten. Dadurch war die Verwendung einer Anpassungsstrategie nicht auszuschließen, bei der nicht die Versuchsperson den Partner mit ihrem Blick lenkt, sondern sich selbst vom Partner leiten lässt. Meldet der Partner seine Interpretation des Blickes zurück, könnte diese der Einfachheit halber als richtig akzeptiert worden sein, selbst wenn sie nicht mit der ursprünglichen Kommunikationsintention übereinstimmte. Infolge dessen könnten Blickbewegungen weniger ein Zeigen von Bildelementen reflektieren als ein Auswählen einfacher, in den Erzählstrang des Partners passender Objekte.

Für einen ersten Einblick mag das verwendete Paradigma zulässig sein. Um jedoch die Effekte einer kommunikativen Verwendung des Blickes auf Blickparameter methodisch angemessener untersuchen zu können, ist eine stärkere Standardisierung notwendig. Dabei sollte eine Konfundierung vom Kommunikationsgehalt der Aufgabe und der verwendeten Strategie vermieden werden. Eine Aufgabensituation muss geschaffen werden, in der die relevanten Bildbereiche zwischen den Versuchsbedingungen vergleichbar sind.

3.1.2 Experiment 2: Zeigen und Betrachten ähnlicher Bildinhalte

Im zweiten Experiment sollten methodische Probleme aus Experiment 1 umgangen werden, um Veränderungen von Blickparametern tatsächlich auf die kommunikative Nutzung des Blickes zurückführen zu können. Dazu wurden die zu beachtenden Bildbereiche in beiden experimentellen Bedingungen vergleichbarer gemacht, indem relevante Objekte und der inhaltliche Fokus auf bestimmte Szenenmerkmale vorab definiert wurden. Im Zuge dessen wurde auch der zu übermittelnde kommunikative Inhalt vorher festgelegt.

Wie in Experiment 1 wurden Bilder gezeigt, deren Inhalte entweder mit dem Blick kommuniziert oder nur betrachtet werden sollten. Allerdings wurde der Versuchsperson diesmal genau vorgegeben, was sie dem Partner zeigen sollte. Dies konnte zum Beispiel eine Intention einer abgebildeten Person oder eine Beziehung zwischen zwei Personen sein. Damit standen Objekte und Inhalte der Kommunikation weitgehend fest. In der Kontrollbedingung wurden die Versuchspersonen vor Erscheinen des Bildes auf die gleichen Inhalte gelenkt. Es wurde darauf hingewiesen, welcher Bildbereich für den anschließenden Test relevant sein würde, indem zum Beispiel gefragt wurde, welche Intention eine Person habe oder in welcher Beziehung zwei Personen stehen. Somit wurde erreicht, dass die zu beachtenden Bereiche in beiden Bedingungen vergleichbar waren. Können die Befunde aus Experiment 1 in dieser restriktiveren Situation repliziert werden?

Fragestellungen und Hypothesen

Eine erfolgreiche Kommunikation erfordert, dass man vom Partner verstanden wird. In Bildbetrachtung muss die relevante Information nur gesehen, in Kommunikation aber gesehen und zusätzlich an den Partner übermittelt werden. Objekte müssen also nicht nur so lange fixiert werden, wie zur Aufnahme von Informationen nötig, sondern zumindest bis der Partner den Blickort erkannt und als Zeigegeste interpretiert haben kann – wahrscheinlich sogar länger, wenn verbales Feedback des Partners abgewartet wird. Daher wurde angenommen, dass die kommunikative Verwendung von Blickbewegungen trotz der höheren Standardisierung zu einer Verlängerung der mittleren Fixationsdauer führen sollte.

In den Sakkadenamplituden und den räumlichen Verteilungen der Blickorte wurden aufgrund der Eingrenzung des relevanten Bildbereiches geringere Effekte erwartet als in Experiment 1. Da es während der Kommunikation dennoch wichtig ist, den Partner nicht durch häufige, weite Blicksprünge zu verwirren, wurden aber auch hier geringere Sakkadenamplituden für Kommunikation angenommen. Aus dem gleichen Grund wurde ein höherer Anteil langer Fixationen gepaart mit kurzen Sakkaden und ein häufigeres Wiederholen dieses Blickmusters in Kommunikation erwartet. Für die Verteilung der Fixationsorte wurde infolge der instruktionalen Einschränkung des relevanten Bildbereiches kein oder nur ein geringer Unterschied zwischen beiden Bedingungen erwartet.

Methoden

Versuchspersonen

20 Studenten der TU Dresden nahmen als Versuchspersonen am Experiment teil. Unter ihnen befanden sich 8 Männer und 12 Frauen. Das Alter dieser Personen variierte zwischen 18 und 32 Jahren ($M = 21.45$, $SD = 2.93$). Alle Versuchspersonen hatten normale oder korrigierte Sehfähigkeiten.

Versuchsaufbau

Durch einen Darbietungsrechner wurde das Experiment gesteuert und ein weiterer Rechner zeichnete die Blickbewegungen der Versuchspersonen auf. Es wurde ein kopfbasiertes SR EyeLink II Eyetracking-System (SR Research Ltd., Ontario, Canada) verwendet, mit dem Blickbewegungen monokular mit einer Frequenz von 250 Hz gemessen wurden. Die Aufzeichnung erfolgte mit einer räumlichen Genauigkeit von über 0.5° . Im Rahmen der online Fixations- und Sakkadenerkennung wurden Sakkaden anhand einer Abweichung der Augenposition um mehr als 0.1° , mit einer Mindestgeschwindigkeit von 30°s^{-1} und einer Mindestbeschleunigung von 8000°s^{-2} über mindestens 4 ms definiert. Die Bilder wurden der Versuchsperson mit einer Bildwiederholrate von 100 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel auf einem 19 Zoll Röhrenmonitor dargeboten.

Stimuli

Das Stimulusset bestand aus 33 Bildern, die aus verschiedenen Kinderbüchern ausgewählt wurden (siehe Abbildung 7). Die Auswahl erfolgte nach dem Kriterium, dass mehrere Personen, Tiere oder andere Wesen zu sehen sein sollten, die aktiv in Handlungen verwickelt

waren. Der für den Partner sichtbare Blickcursor wurde als gelber Punkt mit einem Durchmesser von 30 Pixeln dargestellt.



Abbildung 7. Stimulusbeispiel aus Experiment 2.

Die zu übermittelnden Kommunikationsinhalte wurden vor jedem Durchgang als Aussagesätze präsentiert. Die Aussagen wiesen eine hohe Komplexität auf: Sie enthielten mehrere Objekte und bestanden nicht nur aus Fakten, sondern auch aus Beschreibungen von Intentionen, mentalen Zuständen und sonstigen Interpretationen (z.B. „Pettersson achtet nicht auf das Wasser und daher läuft die Kanne über.“). Diese Form wurde gewählt, um die Aufgabe so zu erschweren, dass die Kommunikation nicht vor Ablauf der Betrachtungsdauer abgeschlossen sein würde.

Versuchsablauf

Die Versuchspersonen saßen in einem Abstand von etwa 60 cm vor dem Monitor. Vor Beginn des Experimentes erfolgte eine standardisierte 9-Punkt-Kalibrierung. Das Experiment bestand wie das erste Experiment aus zwei Blöcken (Kommunikation und Bildbetrachtung), die Reihenfolge war zwischen den Versuchspersonen ausbalanciert. In jedem Block wurden alle 33 Bilder dargeboten. Die ersten drei Bilder dienten als Übungsdurchgänge und wurden aus der Analyse ausgeschlossen, die Reihenfolge der 30 Experimentalbilder wurde randomisiert.

Zu Beginn eines Durchgangs war ein Instruktionsschirm zu sehen, der die Aufgabe für den jeweiligen Durchgang anzeigte (eine genaue Beschreibung erfolgt weiter unten). Durch Drücken der Leertaste konnte die Versuchsperson das Experiment fortsetzen. Es folgten eine Driftkorrektur und eine Präsentation des Stimulusbildes mit randomisierten Pixelpositionen zur Adaptation der Pupille. Nach 3 Sekunden erschien das eigentliche Stimulusbild, welches für 15 Sekunden sichtbar blieb. Während dieser Zeit mussten die Paare die jeweilige Aufgabe (Kommunikation oder Bildbetrachtung, siehe unten) lösen. Die Versuchspersonen wurden gebeten, die Leertaste zu drücken, falls sie in Kommunikation schon vor Ablauf dieser Zeit fertig sein sollten. Das Bild blieb dennoch bis zum Ende der 15 Sekunden sichtbar, um ein absichtliches Abkürzen des Experimentes zu verhindern. Nach Ende eines jeden Durchgangs sollte in Kommunikation der Kommunikationserfolg eingeschätzt werden und in Bildbetrachtung wurde die Zustimmung zu einer Aussage über

den Bildinhalt bewertet. Beide Ratings erfolgten auf einer 5-stufigen Skala mit den Polen „stimme vollkommen zu“ und „stimme überhaupt nicht zu“.

In Kommunikation wurde der Versuchsperson vor Beginn des Durchgangs angezeigt, welche Informationen zum Bild sie dem Partner mit ihrem Blick vermitteln sollte (z.B. „Die kleinen Wichte haben Angst, dass Findus mit dem ganzen Geschirr abstürzt und alles auf sie fällt.“). Der Partner hatte die Aufgabe, das Gezeigte zu verbalisieren. Die Versuchsperson wurde angewiesen, ihn mit ihrem Blick zu lenken und zu korrigieren, so dass seine Aussage sich so weit wie möglich an die vorab festgelegte Information annäherte.

In Bildbetrachtung wurde der Versuchsperson vor Erscheinen des Bildes eine Frage zum Bildinhalt gestellt, die sich auf den gleichen Bildausschnitt bezog wie die Information im entsprechenden Durchgang in Kommunikation. Diese Frage war sehr unkonkret formuliert und nicht eindeutig zu beantworten (z.B. „Was denken die kleinen Wichte?“), um eine gründliche Informationsaufnahme während der Bildbetrachtung notwendig zu machen. Nach Ablauf der Betrachtungszeit sollte eine Aussage zum Bildinhalt bewertet werden, die sich auf die vorab gestellte Frage bezog. In der Hälfte der Fälle war die Aussage identisch mit der entsprechenden Information in Kommunikation (z.B. „Die kleinen Wichte haben Angst, dass Findus mit dem ganzen Geschirr abstürzt und alles auf sie fällt.“), in der anderen Hälfte wurde eine ähnliche, aber falsche oder unwahrscheinliche Aussage präsentiert (z.B. „Die kleinen Wichte freuen sich, weil Pettersson endlich abwäscht.“).

Das Experiment wurde in zwei Versionen durchgeführt, die zwischen den Versuchspersonenpaaren variiert wurden. Dies geschah um zu verhindern, dass Personen den gleichen Bildinhalt doppelt bearbeiteten. Die Versionen unterschieden sich darin, auf welche Bildausschnitte fokussiert werden musste: In Version 1 wurde Bildausschnitt A in Kommunikation und Bildausschnitt B in Bildbetrachtung verwendet, in Version 2 wurde diese Zuordnung getauscht.

Datenauswertung

Zum Vergleich von Mittelwerten zwischen den beiden Versuchsbedingungen wurden t-Tests für abhängige Stichproben herangezogen. Mittelwertvergleiche bei mehreren Faktoren wurden varianzanalytisch durchgeführt. Eine genaue Beschreibung der jeweiligen Analyse erfolgt an der entsprechenden Stelle im Text. Post hoc Vergleiche wurden mittels *Tukey honest significant difference (HSD)* Tests gerechnet. Die Quantifizierung von Fixationsortverteilungen wurde in Form einer Voronoi-Analyse vorgenommen.

Ergebnisse

Die ersten drei Sekunden der Bildpräsentation wurden aus der Analyse ausgeschlossen, um den Zeitraum, in dem sich die Versuchspersonen einen Überblick verschafften, von den kommunikativ relevanten Daten zu trennen. Weiterhin wurden Fixationen außerhalb des Bildschirms, Fixationen vor oder nach einem Blinzeln und die jeweils letzte Fixation in einem Bild ausgeschlossen. Aus den restlichen Daten wurden Mediane der Fixationsdauer und Sakkadenamplitude für jede Faktorstufenkombination berechnet.

Fixationsdauern

Die mittlere Fixationsdauer betrug 224 ms in Bildbetrachtung und 254 ms in Kommunikation. Dieser Unterschied von 30 ms war statistisch hochsignifikant, $t(19) = -4.94$, $p < .001$. Fixationen über 500 ms traten in Kommunikation häufiger auf als in Bildbetrachtung (15.0 % vs. 5.3 %), $t(19) = -6.19$, $p < .001$ (siehe auch Abbildung 8).

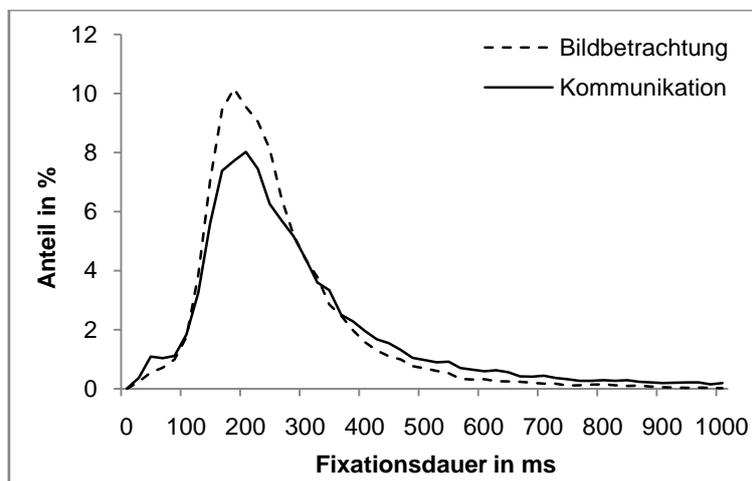


Abbildung 8. Anteile von Fixationen unterschiedlicher Dauer in beiden Bedingungen.

Kombination von Fixationsdauer und Sakkadenamplitude

In Kommunikation entstanden mit 2.81° im Mittel kürzere Sakkaden als in Bildbetrachtung mit 3.35° , $t(19) = 3.10$, $p = .006$. Das Zusammenspiel von Fixationen und Sakkaden wurde mithilfe der Kategorisierung von Fixationen aus Experiment 1 untersucht. Anhand von Fixationsdauer (180 ms) und Sakkadenamplitude (4°) wurden die Daten in die vier Kategorien KF-LS, LF-LS, KF-KS und LF-KS aufgeteilt (K und L stehen dabei für kurz oder lang, F und S für Fixation oder Sakkade). Die Häufigkeiten von Fixationen in diesen vier Kategorien sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2. Relative Häufigkeiten von Blickmustern in Prozent für beide Bedingungen.

	KF-LS	LF-LS	KF-KS	LF-KS
Bildbetrachtung	15.0	28.4	15.8	40.8
Kommunikation	11.4	25.8	14.9	47.9

Zum Vergleich der Häufigkeitsverteilung zwischen den beiden Bedingungen wurde eine 2 (Bedingung: Bildbetrachtung, Kommunikation) x 4 (Kategorie: KF-LS, LF-LS, KF-KS, LF-KS) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Diese Analyse zeigte einen Effekt der Kategorie, $F(3,57) = 132.81$, $p < .001$, und eine Interaktion von Bedingung und Kategorie, $F(3,57) = 12.80$, $p < .001$. Im Post hoc Vergleich zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Kommunikation und Bildbetrachtung in LF-KS, $p < .001$, in Kommunikation entstanden mehr lange Fixationen mit kurzen Sakkaden als in Bildbetrachtung. In allen anderen Kategorien unterschieden sich die Bedingungen nicht signifikant, alle $p > .1$.

Die Häufigkeiten der Übergänge zwischen den vier Kategorien (siehe Abbildung 9) wurden mittels bonferroni-korrigierter t-Tests zwischen Kommunikation und Bildbetrachtung verglichen. Signifikant höhere Wahrscheinlichkeiten eines Übergangs innerhalb der Kategorie LF-KS entstanden in Kommunikation, $p < .001$, wohingegen die Versuchspersonen in Bildbetrachtung häufiger zwischen LF-KS und KF-LS wechselten, beide $p < .05$. Weiterhin zeigten sich in Bildbetrachtung häufigere Übergänge von KF-KS zu den beiden Kategorien mit langen Sakkaden KF-LS und LF-LS, beide $p < .05$.

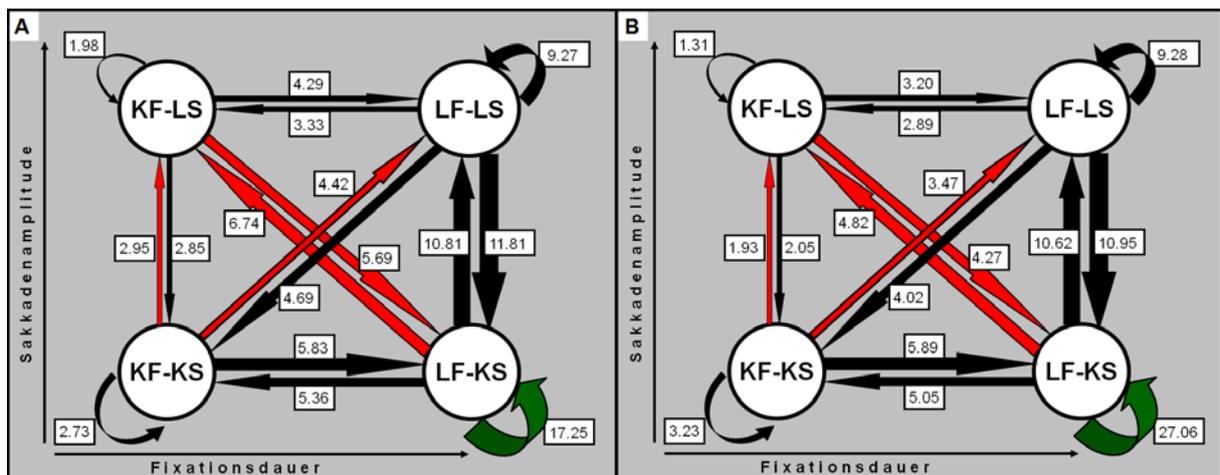


Abbildung 9. Übergänge zwischen den vier Kategorien als Prozentanteile aller Übergänge in Bildbetrachtung (A) und Kommunikation (B). Die Stärke der Pfeile steht für die mittlere Übergangshäufigkeit. Grüne Pfeile = häufigere Übergänge in Kommunikation, rote Pfeile = häufigere Übergänge in Bildbetrachtung, schwarze Pfeile = kein signifikanter Unterschied.

Um die Lage der Fixationsorte zwischen den beiden Bedingungen zu vergleichen, wurde die Schiefe der Voronoi-Zellen-Verteilung berechnet. Zwar entstanden in beiden Bedingungen geringere Schiefewerte und damit gleichmäßiger verteilte Fixationsorte als im ersten Experiment. Trotz der numerisch geringeren Differenz zwischen Kommunikation (2.51) und Bildbetrachtung (2.05) war der Unterschied dennoch hochsignifikant, $t(19) = -6.63$, $p < .001$. Kommunikation führte zu ungleichmäßiger verteilten, also stärker gruppierten Fixationen (siehe Abbildung 10).

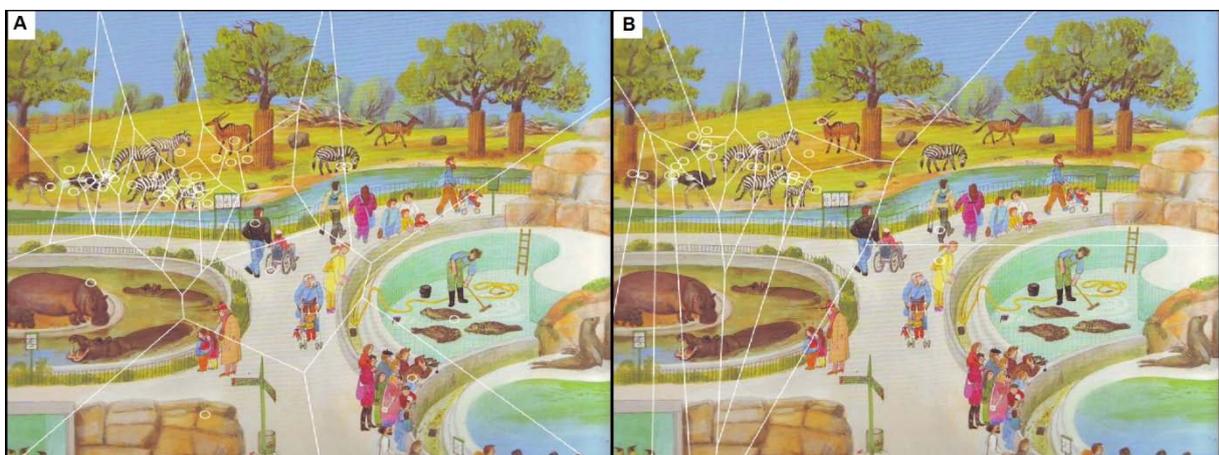


Abbildung 10. Beispiel für Voronoi-Zellen von zwei Versuchspersonen in Bildbetrachtung.

Diskussion

Das Ziel dieses Experimentes war es, die Ergebnisse aus Experiment 1 methodisch stringenter zu prüfen. Dazu wurden die aufgabenrelevanten Bildbereiche in beiden experimentellen Bedingungen auf ähnliche Weise eingegrenzt, indem vorab auf die gleichen Objekte hingewiesen wurde. Dennoch entstanden beim Kommunizieren mit Blickbewegungen wie in Experiment 1 längere Fixationsdauern. Neben dieser inhaltlichen Übereinstimmung fallen beim Betrachten der Daten deutliche numerische Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten zwischen beiden Experimenten auf. Trotz der Differenzen in der mittleren Fixationsdauer in Kommunikation (Experiment 1: 279 ms, Experiment 2: 254 ms) unterschied sich der Anteil langer Fixationen über 500 ms kaum (13.1 und 15.0 %). In Experiment 2 entstanden also nicht weniger lange, sondern lediglich mehr kurze und weniger mittellange Fixationen als in Experiment 1 (siehe Abbildung 11).

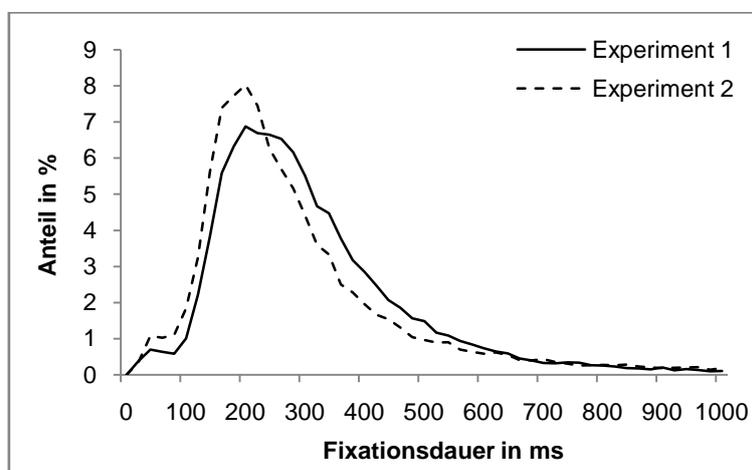


Abbildung 11. Anteil verschiedener Fixationsdauern in den Kommunikationsbedingungen beider Experimente.

Im Hinblick auf kurze und mittellange Fixationen ist dieses Muster angesichts der unterschiedlichen Darbietungsdauern der Bilder nicht verwunderlich. In Experiment 1 wurden die Bilder viermal so lange angesehen wie in Experiment 2 und aus zahlreichen Bildbetrachtungsstudien ist bekannt, dass Fixationsdauern über den Verlauf der Betrachtung zunehmen (Unema, et al., 2005). Interessant sind die ähnlichen Anteile langer Fixationen. Sie implizieren, dass kommunikativ eingesetzte Fixationen nicht einfach um einen bestimmten Wert verlängert sind. Anstatt dessen scheinen sie zumindest innerhalb eines ähnlichen Aufgabentyps tatsächlich eine relativ stereotype Dauer zu haben.

Wie bereits in Experiment 1 entstanden während der Kommunikation mehr kurze Sakkaden und mehr mit kurzen Sakkaden gepaarte lange Fixationen. In Experiment 2 waren deren absolute Anteile um etwa ein Viertel geringer, während etwa doppelt so viele kurze Fixationen mit langen Sakkaden gemacht wurden wie in Experiment 1. Entscheidender ist jedoch, dass das Muster ein Ähnliches ist: Die Kommunikation mit dem Blick ging in beiden Experimenten mit einem höheren Anteil langer Fixationen mit kurzen Sakkaden einher. Die Versuchspersonen in Kommunikation produzierten auch unter den restriktiven Bedingungen des zweiten Experimentes häufigere Wiederholungen dieses Blickmusters. Dahingegen ging

die Bildbetrachtung mit einem Blickmuster einher, das im Sinne eines häufigen Wechsels zwischen Verweilen und Springen zwischen Objekten interpretiert werden kann.

Auch die Analysen der Fixationsortverteilungen weisen in die gleiche Richtung. Obwohl in Experiment 2 generell gleichmäßigere Verteilungen der Fixationsorte zu finden waren und ein numerisch geringerer Unterschied zwischen beiden Bedingungen entstand, waren die Fixationsorte auch hier höher konzentriert, wenn mit Blicken kommuniziert wurde. Die hohe inhaltliche Übereinstimmung der Ergebnisse beider Experimente legt damit nahe, dass die Kommunikation mittels Blickübertragung zu charakteristischen Veränderungen von Blickparametern und Blickmustern führt. Diese Veränderungen können nicht nur durch Artefakte infolge des experimentellen Designs erklärt werden, sondern hängen mit der kommunikativen Verwendung des Blickes zusammen.

3.1.3 Gesamtdiskussion zur Kommunikation von Bildinhalten

Die intentional-kommunikative Verwendung von Blickbewegungen zum Zeigen von Bildinhalten führt zu Veränderungen in räumlichen und zeitlichen Parametern des Blickes. Längere Fixationsdauern gehen einher mit kürzeren Sakkaden und die Fixationen gruppieren sich stärker in wenigen, für die Kommunikation relevanten Bereichen. Die Befunde legen nahe, dass Kommunikationspartner ihren Blick kontrolliert einsetzen, um eine Verwirrung des Partners zu vermeiden und ein gegenseitiges Verständnis herbeizuführen. Die Befunde werfen einerseits in wissenschaftlicher Hinsicht Fragen auf und können andererseits für die praktische Anwendung von Blickfeedback bedeutsam sein. Bevor diese Implikationen diskutiert werden, müssen jedoch einige methodische Schwierigkeiten des Paradigmas in Betracht gezogen werden, um die Gültigkeit der Befunde zu bewerten.

Methodische Schwierigkeiten beim Zeigen von Bildinhalten

Die Interpretation der Ergebnisse ist nicht ohne Probleme. Eine wesentliche Schwierigkeit ergibt sich dabei aus der Rolle von Sprache. In beiden Experimenten war der Versuchsperson, deren Blick übertragen wurde, das Sprechen nicht erlaubt. Diese Besonderheit in der experimentellen Umsetzung führt einerseits zu einer Konfundierung der Unterschiede zwischen Kommunikation und Bildbetrachtung und steht andererseits im Gegensatz zur natürlichen Kommunikation.

Obwohl die Versuchsperson selbst nicht sprechen durfte, unterschieden sich Kommunikation und Bildbetrachtung dennoch in der Notwendigkeit zur Sprachverarbeitung. Während diese in Bildbetrachtung nicht nötig war, sollte der Partner das Blickfeedback während der Kommunikation fortlaufend verbal interpretieren. Die Versuchsperson musste diese Sprachäußerungen anhören, verstehen und ihr eigenes Handeln danach ausrichten. Eine solche Notwendigkeit zur Verarbeitung von Sprache kann sich auf Parameter von Blickbewegungen auswirken. Im direkten Dialog verweilt der Blick eines Zuhörers meist auf den Objekten, über die gesprochen wird (Cooper, 1974) und kognitive Prozesse beim Zuhören spiegeln sich im Blick des Hörers wider (Griffin, 2004). Da die kommunikative Aufgabe eine Verarbeitung komplexer Sprachäußerungen erforderte, können Verlängerungen der Fixationsdauer und lange Verweildauern auf dialogisch relevanten Objekten nicht allein auf das Zeigen mit dem Blick zurückgeführt werden.

Während die Vergleichbarkeit der experimentellen Bedingungen durch das Vorhandensein von Sprache in Frage gestellt wird, ergibt sich das zweite Problem aus ihrer Abwesenheit. Dies steht im Gegensatz zur natürlichen Kommunikation, wo Sprachäußerungen eng mit kommunikativen Aspekten von Blickbewegungen zusammenhängen. Sprache und Blickbewegungen beim Beschreiben von Szenen bilden keine voneinander unabhängigen Aspekte (Holsanova, 2008), sondern sind zusammenhängende Bestandteile eines Gesamtsignals, genau wie Sprache und Zeigegesten (Bangerter, 2004). Da Letztere nur Positionen, nicht aber Bedeutungsinhalte anzeigen können, sind sie ohne eine gemeinsame Wissensbasis nicht verwendbar (Tomasello, 2008). Es stellt sich also die Frage, inwiefern kommunikative Blickbewegungen in der hier umgesetzten Weise überhaupt Sinn ergeben und wie viel inhaltliche Verständigung ein Blickcursor leisten kann.

Gemessen an den Angaben aus postexperimentellen Interviews und den Ratings des Kommunikationserfolges (MW = 3.35 auf einer fünfstufigen Skala) kamen Versuchspersonen gut mit der Blickübertragung zurecht. Etliche Teilnehmer äußerten Erstaunen darüber, wie viel der Partner aus ihrem Blick habe lesen können. Der Grund für die gute Verwendbarkeit von Blickfeedback scheint darin zu liegen, dass die gemeinsame Wissensbasis der Teilnehmer infolge der experimentellen Situation schon von Beginn an hoch ausgeprägt war. Empfänger des Blickfeedbacks befanden sich wissentlich in einer Situation, in der sie anhand des Partnerblickes auf Bildinhalte schließen und diese verbalisieren sollten. Die im Fixationsort enthaltene Information war somit mehr als nur Ortsinformation. Sie beinhaltete gleichzeitig die relativ spezifische Aufforderung, so lange verbal zu interpretieren, bis der Partner durch Veränderung seines Blickortes das Signal zum Weitergehen gab. Die Rahmenbedingungen waren damit weitgehend klar und mussten nur noch mit konkreten Inhalten gefüllt werden.

Blickinformation geht auch deshalb über bloße Ortsinformation hinaus, weil der Blick einer Person eng mit dem Fokus ihrer visuellen Aufmerksamkeit zusammenhängt (Just & Carpenter, 1976). Menschen schreiben anderen Menschen fortlaufend mentale Zustände zu (Wimmer & Perner, 1983) und versuchen, deren Wahrnehmungsinhalte und Intentionen zu interpretieren (Call & Tomasello, 2008). In diesem Zusammenhang wird Blickinformation zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer Theory of Mind genutzt (Baron-Cohen, 1995). Die Wahrnehmung des Partnerblickes auf einem Objekt hat damit nicht nur ein Salientwerden des Objektes zur Folge. Gleichzeitig bewirkt sie, dass der Beobachter versucht zu verstehen, warum der Partner das Objekt ansieht. Sollte sich dieser enge Zusammenhang zwischen dem Beobachten von Blickbewegungen und dem Zuschreiben von Intentionen auch in der medierten Kommunikation bemerkbar machen, so könnte dies die Interpretierbarkeit von Blickfeedback erhöhen. Es könnte demnach einfacher zu nutzen sein als andere, eher beliebige räumliche Indikatoren ohne eine direkte Verknüpfung zu den mentalen Modellen des Partners.

Letztendlich sollte die hier gewählte Umsetzung von Blickfeedback trotz ihrer Probleme in dem Kontext bewertet werden, in den sie gehört. Die Intention der Experimente lag nicht darin, die direkte Kommunikation zwischen Menschen über komplexe Szeneninhalte durch einen Cursors zu ersetzen. Vielmehr war die Frage, inwiefern Blickfeedback zur medierten Kommunikation überhaupt einsetzbar ist. Dies scheint zumindest teilweise möglich zu sein. Um die tatsächliche Wirksamkeit von Blickfeedback einschätzen zu können, muss es mit objektiven Indikatoren für erfolgreiche Kommunikation in Bezug gesetzt werden. Dies soll in der zweiten und dritten Studie geschehen. Zunächst wird jedoch diskutiert, wie die Ergebnisse

mit bisherigem Wissen über die Determinanten von Blickbewegungen und die Rolle sozialer Faktoren zusammenhängen und welche praktischen Implikationen sich aus ihnen ergeben.

Kommunikative und soziale Einflüsse auf Blickbewegungen

Blickbewegungsparameter werden oft mit Prozessen der Informationsverarbeitung in Verbindung gebracht. Bei der Betrachtung natürlicher Szenen werden lange Fixationen mit einer tieferen Verarbeitung assoziiert (Velichkovsky, 2002) und das Zusammenspiel von langen Fixationen mit kurzen Sakkaden wird auf eine fokale Verarbeitung von Objektidentität zurückgeführt (Velichkovsky, et al., 2005). Die Ergebnisse der ersten beiden Experimente zeigen, dass ähnliche Muster auch ohne erhöhte Anforderungen an die visuelle Verarbeitung entstehen können, wenn Menschen ihren Blick zur Kommunikation von Bildinhalten nutzen.

Diese Ergebnisse stellen eine deterministische Verbindung von Fixationsdauer und Verarbeitungstiefe in Frage (siehe auch Velichkovsky, 1995; Velichkovsky, Sprenger, & Pomplun, 1997). Der Zusammenhang an sich wird natürlich keineswegs obsolet – die Situation der hier berichteten Experimente ist nicht zu vergleichen mit Paradigmen, aus denen diese Befunde stammen. Da deren Stimuli und Instruktionen spezifisch auf die Exploration von Szenen und die Extraktion bestimmter Informationen ausgelegt sind, haben Blickparameter dort natürlich vor allem mit Informationsverarbeitung zu tun. Auch haben typische Laborexperimente meist keinen oder nur minimal interaktiven Charakter, weil außer dem Versuchseiter kein anderer Mensch anwesend ist.

Im echten Leben jedoch agieren Personen nur selten in Isolation vom sozialen Kontext. Dabei sind in der gleichen Situation oftmals sowohl Informationsverarbeitung, als auch Kommunikation relevant. Unterhalten sich zwei Menschen in einer visuellen Umgebung, so dienen ihre Blicke auf Objekten nicht nur entweder der Betrachtung oder der Kommunikation. Ein Großteil der Blicke wird beide Funktionen innehaben, selbst wenn der kommunikative Aspekt nicht immer in der bewussten Instruktion des Partners liegt. Vielfach können Blickbewegungen auch einfach als Informationsmedium über den Fokus des aktuellen Interesses dienen. Da der Eindruck des Gegenübers über die Art und Weise der Betrachtung von Objekten oft nicht irrelevant ist, könnten dabei auch soziale Faktoren im Sinne eines Impression Management wirken. Tatsächlich verändern Personen ihr Betrachtungsverhalten bestimmter Objekte, wenn sie denken, dass dieses beobachtet wird (Risiko & Kingstone, 2011). Schon minimal soziale Situationen können zu einer reduzierten Betrachtung kritischer Objekte führen (Richardson, Hoover, & Ghane, 2008).

Aus der entgegengesetzten Richtung betrachtet stellt sich die Frage, wie viel Kommunikation nötig ist, um Blickparameter zu verändern. Aus Trainingsstudien geht hervor, dass auch in Isolation produzierte Blickbewegungen hilfreich sein können (Litchfield, et al., 2008; Mehta, et al., 2005; Sadasivan, et al., 2005). Aber würde dieses Blickfeedback anders aussehen, wenn der Experte wüsste, dass sein Blick später zur Instruktion verwendet werden soll? Reicht bereits die Intention zur kommunikativen Nutzung des Blickes oder ist die zeitgleiche Anwesenheit eines Partners notwendig? Angesichts der Forschung zur interaktiven Anpassung in Dialogen (Garrod & Pickering, 2004) und der Rolle von Evidenz beim Herstellen einer gemeinsamen Wissensbasis (Clark & Brennan, 1991) ist zu vermuten, dass auch Blickfeedback von der Interaktivität einer Situation abhängt. Unveröffentlichte Experimente aus unserer Arbeitsgruppe bestätigen dies: Eine bloße Intention zur Produktion kommunikativ nutzbarer Blickbewegungen ging nicht mit Veränderungen in Blickparametern

einher. Eine systematische Überprüfung steht jedoch noch aus. Dabei sollte zudem unterschieden werden, welche Effekte durch die Interaktion an sich hervorgerufen werden und welche schon durch die bloße Anwesenheit eines echten Zuhörers entstehen. Zumindest im verbalen Bereich scheint Letztere ausreichend zu sein, um Sprecher zur Produktion eindeutigerer und damit besser verständlicher Objektbeschreibungen zu bewegen (Ferreira, Slevc, & Rogers, 2005).

Anwendungsaspekte – Blickinteraktion jenseits des Knopfdrückens

Die Effekte einer kommunikativen Verwendung des Blickes auf Blickparameter bieten Potentiale für die praktische Anwendung. Die Ergebnisse der ersten beiden Experimente zeigen, dass kommunikative Absichten mit globaleren Aspekten des Blickverhaltens wie der Häufigkeit langer Fixationen, der Wiederholung bestimmter Fixations-Sakkaden-Kombinationen oder der Verteilung von Blickorten zusammenhängen. Dieses Wissen könnte in die Entwicklung technischer Systemen einfließen, die über eine rein instruktionale Verwendung des Blickes wie beim Schreiben mit den Augen hinausgehen. Menschen wären somit in der Lage, nicht nur aus einem kleinen Set von Tasten auszuwählen, sondern auch direkter in natürlichen Szenarien zu kommunizieren.

Um solche Anwendungen praktisch nutzbar zu machen, müssten Effekte der Kommunikation auf Blickbewegungen von weiteren Einflussfaktoren abgegrenzt werden können. Unterschiede im Blickverhalten können aus verschiedensten Gründen entstehen. Einerseits werden Blickbewegungen durch Stimulusmerkmale wie Salienz, Neuheit, Größe, Präsentationsdauer und semantische Zusammenhänge beeinflusst. In noch stärkerem Maße spielen aufgaben- und personenseitige Einflüsse wie die Instruktion, das Vorwissen oder die Interessen und Ziele des Betrachters eine Rolle. Gemeinsam bestimmen diese Faktoren darüber, wie und wo innerhalb einer Szene Blickbewegungen entstehen (Henderson & Hollingworth, 1999). Größere Anteile langer Fixationen mit kurzen Sakkaden sind zum Beispiel nicht nur charakteristisch für kommunikative Settings, sondern entstehen auch im Zuge der Objektidentifikation (Unema, et al., 2005; Velichkovsky, et al., 2005). Was bedeutet es also, wenn eine Person unter Verwendung eines blickgestützten Assistenzsystems lange auf ein Objekt schaut? Eine Präzisierung und Erweiterung des Wissens über Parameter kommunikativ intendierter Blickbewegungen in natürlichen Szenen ist unumgänglich, bevor eine Übertragung in den Anwendungskontext möglich wird.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der ersten Studie, dass sich Blickbewegungen durch eine kommunikative Nutzung verändern können: Fixationen werden länger, Sakkaden kürzer und der Blick verweilt häufiger auf enger umgrenzten Bereichen. Ob eine Blickübertragung jedoch tatsächlich kooperative Prozesse verbessern kann, lässt sich im Kontext von Experimenten zur Bildbeschreibung schwer beantworten, weil objektive, quantifizierbare Leistungsmaße fehlen. Auch das Vorgehen auf dem Weg zur Lösung ist höchstens qualitativ beschreibbar, wenn keine eigentlichen Handlungen ausgeführt werden. Deshalb werden in den folgenden beiden Studien Aufgaben verwendet, in denen der Partnerblick zur Koordination gemeinsamer Arbeit herangezogen werden muss.

3.2 Kooperatives Puzzeln

Wie zuverlässig können Blickbewegungen des Partners genutzt werden, um kooperative Prozesse zu koordinieren? Bisherige Befunde legen nahe, dass Blickübertragung gemeinsame Leistungen verbessern kann (Brennan, et al., 2008; Neider, et al., 2010; Velichkovsky, 1995). Dennoch ist weitgehend unklar, worauf solche Verbesserungen im Einzelnen zurückzuführen sind. In der theoretischen Einführung wurde argumentiert, dass Blickbewegungen Informationen über den Aufmerksamkeitsfokus einer Person liefern. Aber ist diese Information tatsächlich die Quelle der gefundenen Verbesserungen kooperativer Prozesse? Wie gut können Empfänger von Blickfeedback die Visualisierung von Aufmerksamkeitsprozessen tatsächlich nutzen? Bisherige Studien lassen dies offen, weil Blickbewegungen fast ausschließlich mit einer Rückmeldung von Sprache, nicht aber mit anderen Formen räumlicher Hinweisreize kontrastiert wurden. In der einzigen Studie, die einen solchen Vergleich vornahm (Velichkovsky, 1995), wurde keine detaillierte Analyse des kooperativen Prozesses berichtet. Auch die Umstände müssen genauer spezifiziert werden, unter denen eine Blickübertragung hilfreich sein kann. Zur Untersuchung dieser Fragen wurden wie in der Studie von Velichkovsky (1995) kooperative Puzzleaufgaben verwendet. Die Wahl dieses Aufgabentyps liegt darin begründet, dass Puzzleaufgaben ein hohes Maß an Klarheit in der experimentellen Umsetzung erlauben:

- *Puzzles sind visuell-räumliche Aufgaben.* Blickübertragung erscheint damit sinnvoller als in Aufgaben, deren Bearbeitung stärker auf interne oder soziale Prozesse ohne Bezug zum visuellen Umfeld gestützt ist. Sie machen ein Handeln in einem dynamischen Umfeld notwendig. Durch stetige Positionsveränderungen der einzelnen Teile ist es von großer Bedeutung, die gemeinsame Wissensbasis kontinuierlich zu erneuern.
- *Puzzles erlauben eine objektive und detaillierte Auswertung.* Die Leistung der Versuchspersonen ist exakt quantifizierbar. Zwar gibt es verschiedene Lösungswege, aber nur genau eine richtige Lösung. Wenn diese gefunden wurde, dann ist der leistungsmäßig beste Durchgang der schnellste mit den wenigsten Zügen. Puzzles werden in mehreren, klar abgrenzbaren Teilschritten gelöst. Daher kann die Leistung nicht nur insgesamt, sondern auch auf der Ebene dieser Einzelhandlungen analysiert werden.
- *Das Stimulusmaterial erlaubt eine einfache Verwendung und Auswertung.* Sind Puzzleteile wie in den hier durchgeführten Experimenten als nebeneinander liegende Rechtecke ohne Überlagerungen dargestellt, so können Blickbewegungen eindeutig einzelnen Teilen zugeordnet werden. Die systematische Anordnung der Teile erlaubt außerdem eine hochpräzise und dennoch kurze, positionale verbale Referenz (z.B. „Erste Reihe Drittes nach zweite Reihe Erstes“). Ein kritischer und fairer Vergleich zwischen Blickübertragung und rein verbaler Kommunikation wird möglich.
- *Aufgabencharakteristika sind flexibel variierbar.* Durch die Wahl der Stimulusbilder sowie der Größe und Anzahl einzelner Teile lässt sich die Schwierigkeit stimulusseitig leicht variieren. Auch personenseitig können die Kompetenz und Rollencharakteristika

beider Partner flexibel festgelegt werden, indem Hilfestellungen (z.B. Beschriftungen der Teile) oder Handlungsbefugnisse (z.B. Fähigkeit zum Bewegen der Teile, Erlaubnis zum selbständigen Arbeiten) angepasst werden.

Kommunikationsstile und Aufgabencharakteristika

Wie in der ursprünglichen Arbeit von Velichkovsky (1995) konnte nur ein Partner die Puzzleteile bewegen. Zur Unterstützung dieses handlungsbefugten Partners (*Novize*) wurden die Blickbewegungen eines mit Zusatzinformationen ausgestatteten Helfers (*Experte*) übertragen. Das Blickfeedback wurde entweder zusammen mit Sprache (Kommunikationsstil *Blick & Sprache*) oder als alleiniges Kommunikationsinstrument (*Blick*) verwendet. Sie wurde mit rein verbaler Kommunikation (*Sprache*) und einer Übertragung von Mausbewegungen (*Maus & Sprache*) verglichen. Letztere Bedingung wurde aufgenommen, um eine kritische und faire Kontrollbedingung zu schaffen. Verglichen mit rein sprachlicher Interaktion sind Blickvorteile beinahe unumgänglich, weil der Blick eine direkte, räumliche Referenz auf Objekte liefert. Mausbewegungen wurden dagegen herangezogen, um die Mechanismen der Nutzung von Blickinformation studieren zu können. Der Unterschied zwischen beiden Formen der Cursorübertragung liegt dabei darin, dass der Blick Informationen über Aufmerksamkeitsprozesse *und* Zeigeinformation liefert, wohingegen die Maus nur ein intentionales Zeigen erlaubt.

Aufgrund der nur minimal interaktiven Natur einiger bisher verwendeter Paradigmen zur Blickübertragung (Brennan, et al., 2008; Neider, et al., 2010) ist außerdem noch nicht hinreichend geklärt, wie gut der Partnerblick bei der Koordination gemeinsamer Handlungen helfen kann. Oder anders ausgedrückt: Es ist noch zu klären, ob Blickbewegungen auch dann eine unterstützende Wirkung zeigen können, wenn die Partner tatsächlich darauf angewiesen sind, sie zu verstehen und zu nutzen. Diese Interpretierbarkeit wiederum sollte stark davon abhängen, wie klar die Rolle des Partnerblickes im Kommunikationsprozess definiert ist: Stellt der Blick ein verbindliches Signal dar? Wie stringent muss dieses Signal befolgt werden? Sind einzelne Handlungsabfolgen klar festgelegt? Zur Untersuchung des Einflusses solcher koordinativen Anforderungen wurde die Interaktivität der Aufgabe variiert. Die Handlungsmöglichkeiten und das Wissen der Partner wurden manipuliert, wodurch die Kommunikationssituation unterschiedliche Grade an Symmetrie annehmen konnte. Eine nähere Beschreibung zum Vorgehen dabei befindet sich in den Ausführungen zu den jeweiligen Experimenten.

Hinweise auf Ergebnis und Prozess der Kooperation

Wie bereits angedeutet stand im Fokus der Untersuchungen nicht nur das Ergebnis der Zusammenarbeit, sondern vor allem der kooperative Prozess. Es sollte untersucht werden, wie sich Blickübertragung auf die Mechanismen der Handlungskoordination und das Vorgehen zur Schaffung einer gemeinsamen Wissensbasis auswirkte. Die Leistung wurde anhand von Lösungszeiten und Fehlern definiert und zusätzlich korrelativ mit den subjektiven Einschätzungen der Versuchspersonen in Bezug gesetzt. Zusätzlich wurde analysiert, wie eng die Partner in den verschiedenen Kommunikationsstilen zusammenarbeiteten. Für eine genauere Charakterisierung des Einflusses von Blickfeedback auf die Handlungskoordination

wurden die Reaktionen des Novizen auf den Blick- und Mauscursor in verschiedenen Phasen der Verschiebung von Puzzleteilen verglichen.

Eine Definition und Interpretation von Prozessmaßen ist nicht trivial, weil die Effektivität einer Konversation von der konkreten Aufgabe und den Zielen der Partner abhängt. Ob zum Beispiel Unterbrechungen und Sprecherwechsel in einem Dialog mehr oder weniger effektiv sind, kann pauschal nicht bestimmt werden. Allerdings versuchen Konversationspartner, den gemeinsamen Aufwand beim Schaffen einer gemeinsamen Wissensbasis zu minimieren (Clark & Wilkes-Gibbs, 1986). Kommunikative Effizienz kann also daran gemessen werden, dass nur so viel kommuniziert wird wie nötig, aber nicht mehr (Marshall & Novick, 1995). Um eine solche Messung zu ermöglichen, wurden die Sprachäußerungen beider Partner beim gemeinsamen Lösen der Puzzles aufgezeichnet und hinsichtlich ihrer Funktion im Dialog ausgewertet.

Da eine effiziente Kommunikation sich zunächst in einem geringeren verbalen Aufwand widerspiegeln sollte, wurden die Wortanzahlen zwischen den experimentellen Bedingungen verglichen. Um Informationen über den Inhalt der verbalen Interaktionen zu erhalten, wurden sämtliche Sprachäußerungen anhand ihrer semantischen Funktion im Dialog klassifiziert. Studien zur technischen Unterstützung kooperativer Prozesse haben gezeigt, dass Visualisierungen der Arbeitsobjekte oder des Partnerblickes zu einer Reduktion von Objektbeschreibungen und verbalem Feedback führen können (Doherty-Sneddon, et al., 1997; Monk & Gale, 2002). In dieser Arbeit sollte geklärt werden, ob ähnliche Effekte auch für Blickübertragung auftreten. Auch die Präzision von Objektbeschreibungen wurde analysiert. Visuelle Indikatoren im Allgemeinen und Blickcursors im Besonderen können verbale Ortsbeschreibungen weniger notwendig machen, weil Personen auf deiktische Referenzäußerungen zurückgreifen können (Cherubini, Nüssli, & Dillenbourg, 2010; Neider, et al., 2010; Velichkovsky, 1995). Unklar ist jedoch bisher, ob sich diese Wahl der referentiellen Form zwischen der Übertragung verschiedener räumlicher Indikatoren wie Blick und Maus unterscheidet und wie sie mit der aufgabenbedingten Notwendigkeit zur Koordination zusammenhängt.

Eine gründliche Charakterisierung des Kommunikationsprozesses macht es notwendig, sich nicht nur auf Sprache zu beschränken, sondern auch nonverbale Mittel zur Herstellung einer gemeinsamen Wissensbasis in Betracht zu ziehen (siehe Kapitel 1.2.3). Daher wurde wie in den ersten beiden Experimenten eine Analyse der übertragenen Blickbewegungen selbst vorgenommen. Verschiedene Orts- und Dauerparameter des Expertenblickes wurden zwischen den Kommunikationsstilen mit und ohne Blickübertragung verglichen. Mithilfe dieser Analysen sollte geklärt werden, inwiefern Personen ihren Blick kontrollieren und anpassen, wenn dieser intentional-kommunikativ eingesetzt wird.

Als ein letzter Hinweis auf den Einfluss von Blickfeedback auf kooperative Prozesse wurden auch die subjektiven Einschätzungen der Versuchspersonen berücksichtigt. Beide Partner wurden gebeten, ihre Zusammenarbeit unter Verwendung der verschiedenen Kommunikationsmittel und die Schwierigkeiten bei deren Einsatz zu beurteilen. Diese Daten können nützliche Hinweise zu Problemen liefern, die beim Verwenden von Blickfeedback erlebt werden.

3.2.1 Experiment 3: Puzzeln mit unterschiedlicher Autonomie

Das dritte Experiment dieser Dissertation verfolgte drei Hauptziele. Erstens sollten die Ergebnisse von Velichkovsky (1995) repliziert werden, der eine Verbesserung der gemeinsamen Leistung infolge der intentionalen Nutzung des Blickes zur Kommunikation mit dem Partner berichtete. Zweitens wurden die Mechanismen dieses Effektes hinterfragt: Können Blickvorteile tatsächlich auf die Übertragung von Aufmerksamkeitsinformation zurückgeführt werden oder ist der Blick nur deshalb hilfreich, weil er ein Zeigen von Orten erlaubt? Dieser Fragestellung wurde durch den Vergleich mit der Maus als rein intentionales Zeigemedium nachgegangen. Das dritte Ziel dieses Experimentes lag darin, die Rolle der Autonomie des Novizen zu klären. Zu diesem Zwecke wurde der Novize in einer Version des Experimentes aufgefordert, allen Anweisungen des Experten zu folgen und Teile nicht aus eigener Initiative zu bewegen (Kooperationsbedingung *Instruktion*). In der zweiten Version wurde er ebenfalls über das zusätzliche Wissen des Experten informiert, aber ihm wurde freigestellt, Teile auch selbständig zu verschieben (*Autonomie*).

Mit dieser Variation der Novizenautonomie wurde im ersten Fall ein hochgradig stereotypes Kommunikationsmuster provoziert: Der Experte gibt eine Anweisung zur Verschiebung eines Puzzleteils und der Novize verschiebt dieses, der Experte gibt die nächste Anweisung und der Novize verschiebt das nächste Teil, so lange bis alle Teile korrekt positioniert sind. Im Falle eines autonom handelnden Novizen dagegen können sich Situationen abwechseln, in denen der Novize die Anweisungen befolgt oder eigenständig Teile verschiebt. Die Zusammenarbeit wird interaktiver und der Ablauf weniger klar strukturiert. Folglich müssen die Handlungen des Novizen und die Anweisungen des Experten so koordiniert werden, dass beide Partner dennoch ein gemeinsames Verständnis der Situation herstellen und aufrecht erhalten können. Es ist zu klären, welche Konsequenzen eine solche Veränderung auf die Wirkung von Blickübertragung hat.

Fragestellungen und Hypothesen

Beim kooperativen Puzzeln wurde der Einfluss der Kommunikationsstile Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache und Sprache sowie der Kooperationsbedingungen Instruktion und Autonomie auf Performanz, Blickbewegungsparameter, Sprachäußerungen und subjektive Bewertungen untersucht. Der Partnerblick ermöglicht eine frühe Disambiguierung objektbezogener verbaler Äußerungen (Hanna & Brennan, 2007) und sollte daher besonders schnell nutzbar sein. Im Vergleich zwischen Blick & Sprache und Sprache wurden daher und in Anlehnung an Velichkovsky (1995) Blickvorteile erwartet. Diese sollten sich in Form von schnelleren Lösungen, geringeren Fehlerraten und einem geringeren verbalen Aufwand äußern. Da Personen visuelle Information in der technisch medierten Kooperation meist positiv bewerten (Tang & Isaacs, 1993), selbst wenn dies nicht im Zusammenhang zur objektiven Leistung steht (Marshall & Novick, 1995; Sellen, 1992), wurden außerdem höhere subjektive Ratings der Blickübertragung erwartet. Die kommunikative Verwendung des Blickes sollte wie in den ersten beiden Experimenten und in Velichkovsky (1995) eine Veränderung der Blickbewegungen selbst bewirken. Im Zuge einer solchen kommunikativen Anpassung wurden längere Fixationsdauern, geringere Sakkadenamplituden und ein

selteneres Wechseln zwischen verschiedenen Teilen erwartet als wenn der Blick nicht an den Partner übertragen wurde.

Der Vergleich zwischen Blick und Blick & Sprache wurde angestellt, um Befunde aus Studien zur gemeinsamen visuellen Suche (Brennan, et al., 2008; Neider, et al., 2010) zu überprüfen. Dort war berichtet worden, dass der Blick allein ausreichend sei und die zusätzliche Möglichkeit zum Sprechen keine weiteren Vorteile mit sich brachte. Sollte dies auch in einer im engeren Sinne als kooperativ zu betrachtenden Aufgabe der Fall sein, so sollte die Leistung in Blick und Blick & Sprache vergleichbar sein. Allerdings wurde angenommen, dass Blick zu höheren Fehlerraten führen würde als Blick & Sprache, weil nur in letzterem Fall eine Möglichkeit zur verbalen Disambiguierung der Cursorintention (z.B. „Ich suche noch!“) gegeben war. Da in Blick keine weiteren Kommunikationsmittel zur Verfügung standen, wurde erwartet, dass die Anpassungen des Blickverhaltens an die kommunikative Situation hier stärker ausfallen würde als in Blick & Sprache.

Um die Mechanismen der kommunikativen Blicknutzung besser zu verstehen, wurde der Vergleich zwischen den Blick-Kommunikationsstilen und Maus & Sprache herangezogen. Blickvorteile sollten sich nur dann zeigen, wenn die im Blick enthaltene Information über Aufmerksamkeitsprozesse vom Novizen auch genutzt werden kann. Ist Blickübertragung hingegen nur aufgrund eines effizienten Zeigens von Positionen hilfreich, könnte diese Zusatzinformation unnötig sein und damit sogar ablenkend wirken. In diesem Falle wäre zu erwarten, dass Blickübertragung mit Problemen bei der Interpretation des Cursors und einem höherem verbalen Aufwand zu deren Beseitigung einhergeht. Blick & Sprache sollte somit zu höheren Wortanzahlen, mehr Erklärungen und verbalem Feedback sowie mit einer höheren Genauigkeit in der Beschreibung von Positionen führen.

Hinsichtlich der Kooperationsbedingung kann generell angenommen werden, dass eine Steigerung der Autonomie Lösungszeitvorteile mit sich bringt, weil der Novize für einfache Handlungen nicht auf die Instruktion des Experten warten muss. Solche Vorteile für Autonomie sollten sich vor allem in Sprache zeigen, weil umständliche Erklärungen weniger notwendig werden. Gleichzeitig bringt eine autonomiebedingte geringere Stereotypizität der Kommunikationssituation jedoch auch eine höhere Notwendigkeit zur Koordination mit sich. Dies könnte dann zu Problemen führen, wenn es Novizen ohnehin schwer fallen sollte, die im Blick enthaltene Fülle an Informationen zu nutzen. In diesem Fall sollten die erhöhten Anforderungen zur Koordination in Blick und Blick & Sprache eine zusätzliche Schwierigkeit darstellen und die Leistung insgesamt eher negativ beeinflussen.

Methoden

Versuchspersonen

Es nahmen 96 Personen, vorwiegend Studenten der TU Dresden, an der Untersuchung teil. Unter den Teilnehmern befanden sich 22 Männer und 74 Frauen im Alter von 17-38 Jahren ($M = 22.93$, $SD = 4.28$). Alle Teilnehmer hatten normale oder korrigierte Sehfähigkeiten und fließende Deutschkenntnisse. Jeweils die Hälfte der Versuchspersonen wurden den Bedingungen Instruktion und Autonomie zugewiesen. Sie erschienen paarweise und wurden zufällig in Experten und Novizen aufgeteilt. Die einzige Einschränkung dabei war die, dass Personen mit Sehhilfe nur als Novizen verwendet wurden, um für die Blickübertragung eine

hohe Kalibriergenauigkeit zu gewährleisten. Die Teilnahme am Experiment wurde mit fünf Euro pro Stunde oder Versuchspersonenstunden je nach Dauer des Experimentes vergütet.

Versuchsaufbau

Die Versuchspersonen saßen vor jeweils einem Computermonitor gemeinsam in einem Raum und waren durch eine tragbare Wand getrennt. Auf diese Weise konnten sie sich problemlos hören, hatten aber keinen Sichtkontakt und konnten den Bildschirm des Partners nicht einsehen. Der Versuch wurde mithilfe von fünf Computern durchgeführt: einem Eyetracker-Rechner, jeweils einem Darbietungsrechner für jede Person und zwei separaten Laptops zur Sprachaufzeichnung. Die Darbietungsrechner waren durch ein lokales Netzwerk (TCP/IP) miteinander verbunden.

Zur Messung der Blickbewegungen des Experten wurde ein SR EyeLink 1000 Eye-tracking-System (SR Research Ltd., Ontario, Canada) im Remote-Modus verwendet, das Blickbewegungen monokular mit einer Samplingrate von 500 Hz aufzeichnete, bei einer räumlichen Genauigkeit von über 0.5° . In einer online Fixations- und Sakkadenerkennung wurden Sakkaden anhand einer Abweichung der Augenposition um mehr als 0.1° , mit einer Mindestgeschwindigkeit von 30°s^{-1} und einer Mindestbeschleunigung von 8000°s^{-2} über mindestens 4 ms definiert.

Stimuli

In einem Vorexperiment wurden 14 Puzzles mit Bildern von Tieren, Landschaften, Gebäuden und sozialen Szenen auf ihre Schwierigkeit getestet. Anhand der mittleren Lösungszeiten und Standardabweichungen wurden vier Puzzles für die Verwendung im Hauptexperiment ausgewählt, die sich als eher einfach und homogen in der Verteilung ihrer Lösungszeiten herausgestellt hatten.

Jedes Puzzle war von einem Rahmen aus Koordinatenbeschriftungen umgeben, der für beide Partner sichtbar war und aus Ziffern (1-4) in vertikaler Richtung und Buchstaben (A-E) in horizontaler Richtung bestand. Zusätzlich befanden sich auf den einzelnen Puzzleteilen des Experten Koordinaten, welche die korrekte Position des Teils anzeigten (z.B. A,3). Die Stimuli wurden auf einem 19 Zoll Röhrenmonitor mit einer Bildwiederholrate von 100 Hz und einer Bildschirmauflösung von 1024 x 768 Pixel dargeboten. Die Größe des gesamten Puzzles betrug abzüglich der Koordinatenrahmen 935 x 704 Pixel. Es wurde in 20 (5 x 4) gleichgroße Rechtecke geteilt, die ohne Überlappungen oder Zwischenräume angeordnet waren. Ein einzelnes Puzzleteil maß 187 x 176 Pixel, was einem Schinkel von 5.8° horizontal und 5.4° vertikal entspricht.

Die Blick- und Mausbewegungen des Experten wurden auf dem Monitor des Novizen in Form eines dreifarbigem Augencursors visualisiert (siehe Abbildung 12B). Dieses Symbol wurde verwendet, um stimuluspezifische Effekte zwischen den Kommunikationsstilen konstant zu halten und eine Verwechslung der Expertenmaus mit der eigenen Maus des Novizen zu vermeiden.

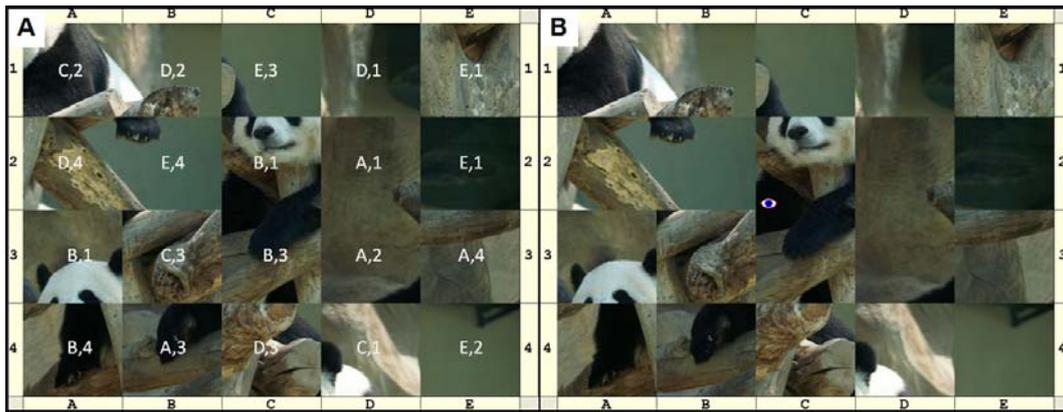


Abbildung 12. Stimulusbeispiel für Experten (A) und Novizen (B).

Versuchsablauf

Die Instruktion erfolgte schriftlich und wurde nachfolgend vom Versuchsleiter mündlich zusammengefasst, wobei die Versuchspersonen noch offene Fragen klären konnten. Vor und nach dem Experiment sowie nach jedem Block wurde beiden Partnern ein Fragebogen zur Einschätzung ihres Zustandes, der Aufgabe, der Zusammenarbeit und der Verwendung der Kommunikationsmittel vorgelegt. Die Fragebögen setzten sich aus einem Ankreuzteil und einzelnen Fragen zur freien Beantwortung zusammen. Fragebögen von Experten und Novizen waren in weiten Teilen identisch (Zustand, Aufgabenschwierigkeit, Zusammenarbeit) und unterschieden sich nur hinsichtlich der Fragen nach Strategien und der Nutzung von Blick, Maus und Sprache.

Das Experiment bestand aus vier Blöcken, die den vier Kommunikationsstilen (Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache) entsprachen und dauerte insgesamt etwa eine Stunde. Vor jedem Block erfolgten eine für den Kommunikationsstil spezifische schriftliche Instruktion und eine Kalibrierung der Kamera. Die Reihenfolge der Blöcke wurde zwischen den Paaren ausbalanciert. In jedem Block wurden die gleichen vier Puzzles verwendet, um eine möglichst nahe Replikation der Studie von Velichkovsky (1995) zu ermöglichen. Als Übungspuzzle diente immer dasselbe Puzzle, die Reihenfolge der anderen drei Puzzles wurde randomisiert. Vor Beginn eines jeden Puzzles erfolgte eine Driftkorrektur und wenn nötig eine Neukalibrierung der Kamera. Es wurde eine Vorschau des vollständigen Bildes für vier Sekunden gezeigt, im Anschluss erschien das Puzzle mit randomisierten Position der Teile.

Die Aufgabe des Experten, der die Teile selbst nicht bewegen konnte, bestand in der Anleitung des Novizen mithilfe des ihm im jeweiligen Block zur Verfügung stehenden Kommunikationsstils. In Blick durfte er nicht sprechen, sondern dem Novizen nur mithilfe seiner Blickbewegungen Anweisungen geben, die als Cursor auf dessen Bildschirm erschienen. Für den Experten selbst war der eigene Blickcursor nicht sichtbar. Blickbewegungen wurden ohne Glättung oder zeitlichen Versatz übertragen. Es wurden keinerlei Hinweise auf die Bedeutung einzelner Blickparameter (z.B. Fixationsdauer) oder die Verwendung des Cursors gegeben, die Art der kommunikativen Nutzung des Blickes war den Personen also komplett freigestellt.

Die Blickübertragung in Blick & Sprache erfolgte analog zu Blick. Zusätzlich durften die Versuchspersonen sprechen. Es wurden keine Instruktionen für eine bestimmte Kommunikationsstruktur gegeben, lediglich die Benennung der Koordinatenbezeichnungen

wurde untersagt. Zusätzlich wurde betont, dass zur Kommunikation eines oder beide Kommunikationsmittel (Blick und/oder Sprache) verwendet werden konnten, um Unklarheiten zu vermeiden, ob die Partner miteinander sprechen mussten oder nicht.

In Maus & Sprache wurden die Mausbewegungen des Experten in der gleichen Form übertragen wie seine Blickbewegungen in Blick und Blick & Sprache. Auch hier wurde betont, dass sowohl nur eines als auch beide Kommunikationsmittel benutzt werden konnten. Im Gegensatz zu Blick und Blick & Sprache bekam in Maus & Sprache auch der Experte selbst ein Feedback über die an den Novizen übertragene Information: Er konnte seinen eigenen Mauszeiger sehen. Dieser Unterschied reduziert die Vergleichbarkeit zwischen den Kommunikationsstilen – ein Punkt, der in der Diskussion wieder aufgegriffen wird. Dies ließ sich jedoch nicht vermeiden, da ein gezieltes Bewegen der Maus ohne visuelles Feedback kaum möglich ist und eine Rückmeldung der eigenen Blickposition während der blickgestützten Kommunikation als hochgradig störend und unnatürlich empfunden wird (siehe auch Velichkovsky, 1995). In Sprache konnten die Versuchspersonen lediglich verbal kommunizieren. Die einzige Einschränkung war wie auch in Blick & Sprache und Maus & Sprache, dass keine Koordinaten genannt werden durften.

Der Novize durfte in allen vier Kommunikationsstilen Puzzleteile verschieben und sprechen, hatte aber keine anderen Kommunikationsmittel zur Verfügung. Seine Aufgabe unterschied sich zwischen den Kooperationsbedingungen. In Instruktion musste er den Anweisungen des Experten folgen und das Puzzle anhand dieser Anweisungen so schnell und fehlerfrei wie möglich lösen. In Autonomie wurde er auf das Wissen des Experten über die Zielpositionen hingewiesen, durfte aber auch selbständig Teile verschieben. Zum Verschieben eines Teils musste der Novize dieses mit der linken Maustaste anklicken, an die gewünschte Position ziehen und dort loslassen. Im Moment des Loslassens über einer Position wurde das vorher angeklickte Teil mit dem dort befindlichen Teil vertauscht. Beim Anklicken eines Teils wurde dieses mit einem transparenten Grauton überlagert, so dass beide Partner sehen konnten, welches Teil ausgewählt worden war. Erst nach dem Loslassen ging die Farbe zum Ausgangszustand zurück. Die Puzzles beider Partner waren synchronisiert, so dass die Handlungen des Novizen für den Experten in Echtzeit sichtbar waren. Den Mauscursor des Novizen sowie die Pfade, die dieser beim Bewegen von Teilen zurücklegte, sah der Experte jedoch nicht. Die Verschiebung des letzten Teils an die richtige Stelle beendete den jeweiligen Puzzledurchgang.

Datenauswertung

Zur Analyse von Performanz und Blickbewegungen wurden 4 (*Kommunikationsstil: Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache*) x 2 (*Kooperationsbedingung: Instruktion, Autonomie*) ANOVAs mit Messwiederholung verwendet. Da zusätzliche Analysen gezeigt hatten, dass Übungseffekte zwar auftraten, sich aber nicht zwischen den Kommunikationsstilen oder Kooperationsbedingungen unterschieden, wurde auf die Aufnahme eines Zeitfaktors (Block im Experiment, Puzzle im Block oder Teil im Puzzle) verzichtet. In den Sprachanalysen wurde zusätzlich die Rolle (Experte oder Novize) als Faktor einbezogen und der Kommunikationsstil wurde nur dreifach gestuft, da in Blick keine Sprachäußerungen des Experten vorkamen. Detailliertere Betrachtungen von Leistung und Kommunikationsprozess erforderten die Aufnahme weiterer Faktoren, die an den entsprechenden Stellen in der Ergebnisdarstellung beschrieben werden. Post hoc Vergleiche

der Unterschiede zwischen einzelnen Faktorstufen wurden mit dem *Tukey honest significant difference (HSD)* Test gerechnet. Zusammenhänge zwischen Performanz und subjektiver Bewertung wurden mithilfe von Korrelationsanalysen bestimmt.

Ergebnisse

Das erste Puzzle eines Blockes diente als Übungsdurchgang und ging nicht in die Analysen ein. Für die weiteren drei Puzzles wurden Performanzdaten, Blickbewegungen des Experten und die Sprachäußerungen beider Partner bestimmt. Subjektive Daten wurden am Ende eines Blockes erfasst. Aufgrund von technischen Problemen fehlen die Performanz- und Blickdaten eines Instruktions-Paares in einem Blick & Sprache Puzzledurchgang sowie eines Autonomie-Paares in Blick. Die fehlenden Werte wurden durch den entsprechenden Zellenmittelwert ersetzt.

Performanz

Die Gesamtlösungszeit eines Puzzles wurde definiert als die Zeit vom Erscheinen eines Puzzles bis zum Loslassen der linken Maustaste nach der korrekten Positionierung des letzten Teils. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,138) = 42.14$, $p < .001$ und ein Haupteffekt der Kooperationsbedingung, $F(1,46) = 10.39$, $p = .002$. Die Interaktion von Kommunikationsstil und Kooperationsbedingung verfehlte das Signifikanzniveau, $F(3,138) = 2.55$, $p = .058$. Post hoc Analysen zeigten, dass die Lösungszeiten in Sprache (119.1 s) länger waren als in allen anderen Kommunikationsstilen (≤ 76 s), alle $p < .001$. Es konnten keine Unterschiede zwischen Blick, Blick & Sprache und Maus & Sprache gefunden werden, alle $p > .1$. Das Lösen der Puzzles dauerte in Instruktion länger als in Autonomie (89.4 vs. 70.4 s). Signifikante Lösungszeitvorteile von Autonomie gegenüber Instruktion zeigten sich jedoch nur in Sprache und Maus & Sprache, beide $p = .015$. In Blick & Sprache verfehlten sie das Signifikanzlevel, $p = .065$, und in Blick waren sie nicht nachzuweisen, $p = .145$ (siehe Abbildung 13).

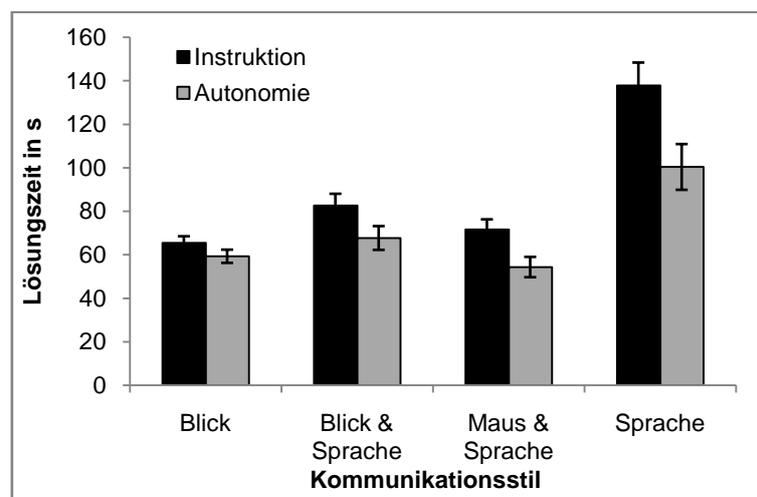


Abbildung 13. Lösungszeiten für alle Kommunikationsstile in beiden Kooperationsbedingungen. Die Fehlerbalken repräsentieren Standardfehler.

Bis zur korrekten Positionierung aller 20 Puzzleteile benötigten die Versuchspersonen im Mittel 19.2 Züge. Das Verschieben eines Puzzleteils an eine falsche Stelle galt dabei als Fehler. In den Fehlerraten zeigte sich ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,138) = 11.85$, $p < .001$, und ein Haupteffekt der Kooperationsbedingung, $F(1,46) = 23.57$, $p < .001$. Auch die Interaktion beider Faktoren war signifikant, $F(3,138) = 4.11$, $p = .008$. Post hoc Analysen zeigten, dass in Sprache mehr Fehler gemacht wurden als in allen anderen Kommunikationsstilen, alle $p < .05$. Außerdem waren die Fehlerraten in Blick höher als in Maus & Sprache, $p = .022$, ähnelten sich aber zwischen Blick & Sprache und sowohl Blick als auch Maus & Sprache, beide $p > .2$. In Autonomie entstanden höhere Fehlerraten als in Instruktion (14.1 vs. 6.1 %), wobei dieser Unterschied zwar in allen Kommunikationsstilen signifikant war, alle $p < .05$, deskriptiv aber in Sprache am höchsten ausfiel (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3. Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehlerraten in Prozent für alle Kommunikationsstile in beiden Kooperationsbedingungen.

	Blick	Blick & Sprache	Maus & Sprache	Sprache
Instruktion	6.4 (5.7)	5.3 (4.9)	5.2 (3.7)	7.7 (4.7)
Autonomie	14.3 (10.4)	13.2 (10.2)	9.4 (9.6)	19.2 (8.0)

Wie eng arbeiteten die Partner in den verschiedenen Kommunikationsstilen zusammen? Um ein quantitatives Maß für den Grad ihrer Kooperation zu finden, wurde im nächsten Schritt die raum-zeitliche Kopplung zwischen dem Blickort des Experten und der Handlung des Novizen berechnet. Diese Kopplung wurde definiert als prozentualer Anteil der Klicks des Novizen, denen in einem Zeitfenster von 3 Sekunden eine Fixation des Experten auf demselben Teil vorausging, im Gegensatz zu solchen Klicks, denen keine Fixation auf dem Teil vorausging. Die Kopplung beschreibt also, inwiefern beide Partner auf die gleichen Teile fokussieren. Interessant ist dabei vor allem die Wechselwirkung zwischen Kommunikationsstil und Kooperationsbedingung, da eine solche Zusammenarbeit in Autonomie weniger verpflichtend war. Wie stark wird diese höhere Flexibilität in den einzelnen Kommunikationsstilen genutzt?

Es wurde ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,138) = 6.59$, $p < .001$, ein Haupteffekt der Kooperationsbedingung, $F(1,46) = 15.75$, $p < .001$, und eine Interaktion beider Faktoren gefunden, $F(3,138) = 5.64$, $p < .001$. In Maus & Sprache (75.7 %) entstand eine stärkere Kopplung von Expertenblick und Novizenhandlung als in allen anderen Kommunikationsstilen (≤ 68.8 %), alle $p < .05$, die sich untereinander nicht unterschieden, alle $p > .4$. Wie zu erwarten, zeigte sich eine schwächere Kopplung in Autonomie als in Instruktion (62.5 vs. 76.0 %). Dieser Unterschied zwischen den Kooperationsbedingungen wurde allerdings nur für Sprache und Maus & Sprache gefunden, beide $p < .002$, aber nicht für Blick & Sprache und Blick, beide $p > .1$. Die gleiche Analyse wurde mit Zeitfenstern von 4 - 7 Sekunden vor dem Novizenklick durchgeführt, wobei sich die Kooperationsbedingungen für Zeitfenster ≥ 5 Sekunden auch in Blick & Sprache unterschieden, $p < .01$, nicht aber für Blick, alle $p > .1$. Während der Blickübertragung hing die Häufigkeit, mit der Novizen das

vom Experten angesehene Teil auswählten, offensichtlich nicht von den Anforderungen der Aufgabe an ein autonomes Handeln ab.

Gemessen an den ähnlichen Lösungszeiten in Blick, Blick & Sprache und Maus & Sprache (siehe Abbildung 13) scheinen sich Blick- und Mausübertragung in ihrer Effektivität kaum voneinander zu unterscheiden. Bedeutet dies, dass der Blickcursor in ähnlicher Weise genutzt wird wie der Mauscursor? Um dieser Frage nachzugehen, muss zuerst geklärt werden, in welchen Situationen eine Reaktion auf den Cursor notwendig ist. Dies betrifft zwei Situationen: Ein Teil, auf dem der Cursor des Experten liegt, kann angeklickt werden um dieses auszuwählen (*Markieren*) und ein bereits markiertes Teil kann an der vom Cursor angezeigten Zielposition losgelassen werden (*Verschieben*). In beiden Fällen muss der Novize den Cursor entdecken, dessen Bedeutung interpretieren (also zwischen Such- und Zeigeverhalten des Experten unterscheiden) und danach die entsprechende Handlung ausführen (Bewegen der eigenen Maus zur Cursorposition und anschließendes Drücken oder Loslassen der Maustaste). Beide Handlungen sind damit sehr ähnlich. Wenn dennoch Unterschiede in den Latenzen beider Formen der Reaktion auf den Cursor (Markieren vs. Verschieben) entstehen, so sollten diese darauf zurückzuführen sein, dass die Interpretation des Cursors und die darauf folgende Initiierung der Handlung unterschiedlich abläuft.

Die Latenzen der beiden Reaktionen auf den Cursor wurden in Blick, Blick & Sprache und Maus & Sprache für alle Fälle berechnet, in denen der Handlung des Novizen eine Cursorreferenz auf dem selben Teil vorausging. Für Blick und Blick & Sprache sind dies die Kopplungsdurchgänge aus der vorangegangenen Analyse, für Maus & Sprache entsprechen sie denjenigen Durchgängen, in denen der Novize das tat, was der Mauscursor anzeigte. Die Latenzen wurden dabei von der ersten Cursorlandung des Experten auf einer Position und dem Klicken oder Loslassen der Maustaste an dieser Position durch den Novizen berechnet. Sie gingen in eine 3 (*Kommunikationsstil: Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache*) \times 2 (*Kooperationsbedingung: Instruktion, Autonomie*) \times 2 (*Reaktion: Markieren, Verschieben*) ANOVA mit Wiederholungsmessung ein.

Es ergab sich ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(2,92) = 26.79$, $p < .001$, ein Haupteffekt der Reaktion, $F(1,46) = 13.81$, $p < .001$, und eine Interaktion von Kommunikationsstil und Reaktion, $F(2,92) = 6.28$, $p = .003$. Kein Haupteffekt und keine Wechselwirkungen mit der Kooperationsbedingung konnten nachgewiesen werden, alle $F < 3$, alle $p > .1$. Das Markieren eines Teils infolge einer Cursorreferenz war schneller als das Verschieben (1566 vs. 1885 ms). Die schnellsten Reaktionen auf den Cursor wurden in Maus & Sprache (1297 ms) gefunden, gefolgt von Blick (1659 ms) und Blick & Sprache (2219 ms), alle $p < .02$. Ein schnelleres Markieren als Verschieben zeigte sich nur in Blick und Blick & Sprache, beide $p < .001$, nicht aber in Maus & Sprache, $p > .9$. Nur wenn der Cursor also den Blick des Experten repräsentierte, konnten Novizen auf ihn schneller durch Markieren als durch Verschieben reagieren. Eine grafische Darstellung dieser Interaktion befindet sich in Abbildung 14.

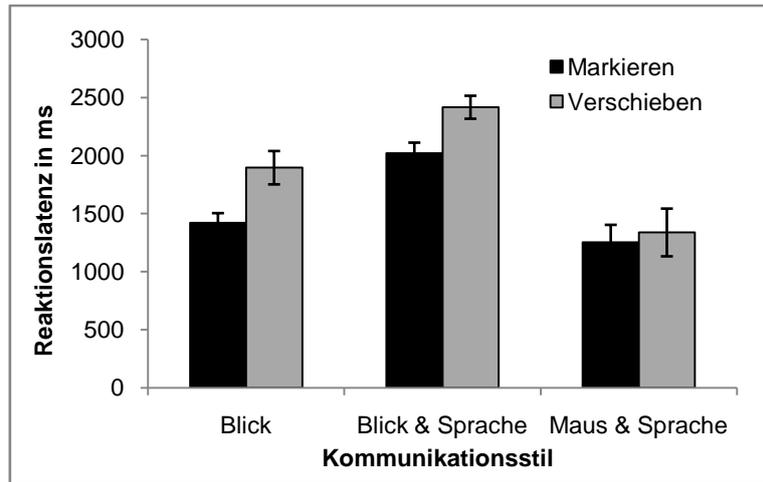


Abbildung 14. Reaktionen auf den Cursor (Markieren oder Verschieben) in Abhängigkeit vom Kommunikationsstil.

Blickbewegungen

Die Analyse der Reaktionen auf den Cursor deutet an, dass Novizen unsicher über dessen Bedeutung waren, wenn er den Blick des Experten darstellte. Wenn dies der Fall war, so sollte es sich auch auf die Blickbewegungen des Experten auswirken: Um Verwirrung und Mehrdeutigkeiten zu vermeiden, sollte er seine Blickposition bei Blickübertragung stärker kontrollieren. Dies sollte sich in längeren Fixations- und Verweildauern auf den Teilen, kleineren Sakkaden und weniger Wechseln zwischen verschiedenen Teilen zeigen.

Die erste Fixation während eines Puzzles, Fixationen außerhalb des Bildschirms und Fixationen, denen ein Blinzeln vorausging oder folgte, wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Zur Untersuchung der Fixationsdauern wurden aufgrund der rechtsschiefen Verteilung Mediane verwendet. Im Kommunikationsstil konnte ein hochsignifikanter Haupteffekt nachgewiesen werden, $F(3,138) = 7.17, p < .001$. Der Effekt der Kooperationsbedingung war nicht signifikant, $F(1,46) = 2.89, p = .096$, ebenso wie die Interaktion beider Faktoren, $F(3,138) = 1.28, p = .263$. Die längsten Fixationen entstanden in Blick (307 ms) und waren länger als in allen anderen Kommunikationsstilen (≤ 259 ms), alle $p < .05$. Unterschiede zwischen den anderen Kommunikationsstilen zeigten sich nicht, alle $p > .4$. (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4. Fixationsdauern in ms und Sakkadenamplituden in Grad sowie deren Standardabweichungen in den vier Kommunikationsstilen für beide Kooperationsbedingungen.

		Blick	Blick & Sprache	Maus & Sprache	Sprache
Fixations-dauer	Instruktion	317 (130)	275 (60)	262 (48)	253 (29)
	Autonomie	300 (160)	246 (43)	248 (45)	246 (44)
Sakkaden-amplitude	Instruktion	4.40 (.93)	4.26 (.72)	4.45 (.52)	4.11 (.63)
	Autonomie	4.37 (.61)	4.17 (.74)	4.54 (.75)	4.19 (.67)

In Anlehnung an die Studie von Velichkovsky (1995) wurden auch die Anteile von Fixationen über 500 ms berechnet. Es entstand ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,138) = 52.37$, $p < .001$, aber kein Effekt der Kooperationsbedingung, $F(1,46) = .77$, $p = .386$, und keine Interaktion beider Faktoren, $F(3,138) = 1.40$, $p = .246$. Die größten Anteile langer Fixationen wurden in Blick gefunden (32.8 %), gefolgt von Blick & Sprache (25.0 %) und Maus & Sprache (20.9 %) und Sprache (16.1 %). Alle Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen waren signifikant, alle $p < .05$. Auch hier ist der Wert von 500 ms relativ arbiträr gewählt. Wichtig ist vor allem, dass Blickübertragung mit erhöhten Anteilen langer Fixationen einherging. Die Dauer dieser „kommunikativen Fixationen“ kann sehr hoch sein: In Blick waren 13.8 % der Fixationen sogar länger als eine Sekunde.

Wenn Personen ihren Blick zum Zeigen verwenden, so ist neben der Fixationsdauer auch die Verweildauer (*dwell time*) relevant, also die Zeit in welcher der Blick des Experten ohne Unterbrechung auf dem gleichen Puzzleteil blieb. Diese unterschied sich hochsignifikant zwischen den Kommunikationsstilen, $F(3,138) = 46.88$, $p < .001$. Der Haupteffekt der Kooperationsbedingung war nicht signifikant, $F(1,46) = .64$, $p = .427$, und auch eine Interaktion gab es nicht, $F(3,138) = 1.88$, $p = .136$. Die längsten Verweildauern zeigten sich in Blick (737 ms), gefolgt von Blick & Sprache (641 ms), während in Maus & Sprache (521 ms) und Sprache (524 ms) deutlich kürzere Verweildauern entstanden. Alle Einzelvergleiche mit Blick und Blick & Sprache waren hochsignifikant, alle $p < .001$, während sich Maus & Sprache und Sprache nicht unterschieden, $p > .9$. In Abbildung 15 sind die relativen Häufigkeiten verschiedener Verweildauern in den vier Kommunikationsstilen dargestellt. Blickrückmeldung führte zu einer Häufung von Verweildauern zwischen knapp einer und zwei Sekunden.

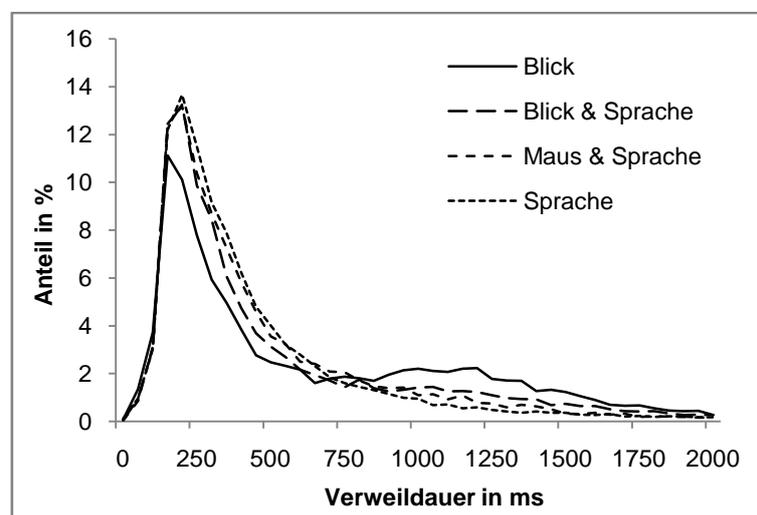


Abbildung 15. Mittlere Verweildauer als Summe aller sukzessiven Fixationen auf einem Puzzleteil.

Die ersten beiden Experimente hatten gezeigt, dass eine intentional-kommunikative Verwendung des Blickes mit eher kurzen Sakkaden einherging. Um zu untersuchen, ob diese positionale Eingrenzung des Blickes auch im Puzzleparadigma relevant war, wurden auch hier die Sakkadenamplituden berechnet. Dabei zeigte sich ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,138) = 4.11$, $p = .008$. Weder die Kooperationsbedingung, $F(1,46) = .01$, $p = .924$, noch die Interaktion beider Faktoren, $F(3,138) = .33$, $p = .804$, zeigte einen

signifikanten Effekt (für eine Übersicht siehe Tabelle 4). Im Einzelvergleich entstanden signifikante Unterschiede nur zwischen Maus & Sprache und Sprache, $p = .005$, nicht aber zwischen den anderen Kommunikationsstilen, alle $p > .05$. Da die Unterschiede der Mittelwerte zahlenmäßig sehr gering sind ($< 0.4^\circ$), wird auf eine Interpretation verzichtet.

In der Häufigkeitsverteilung der Sakkadenamplituden (siehe Abbildung 16) zeigt sich ein lokales Minimum bei 3° . Solche Sakkaden haben eine Amplitude, die in etwa der Distanz zwischen Puzzleteilmittle (Ort der Koordinatenbeschriftung) und Teilgrenze entspricht. Auch fällt auf, dass bei Blickübertragung deutlich mehr sehr kurze Sakkaden unter 1.5° zu finden sind, wohingegen ohne Blickübertragung mehr mittellange Sakkaden zwischen 3 und 4° entstanden.

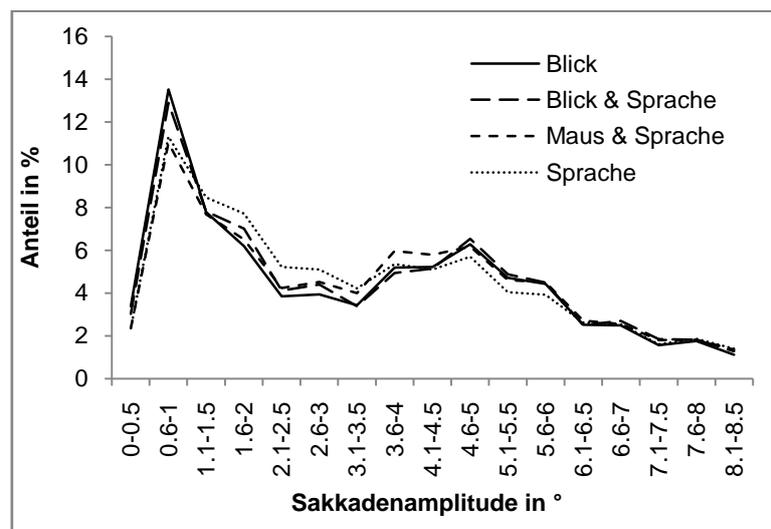


Abbildung 16. Häufigkeiten verschiedener Sakkadenamplituden in den vier Kommunikationsstilen.

Um neben der Sakkadenamplitude ein besser interpretierbares Maß für die räumliche Ausbreitung oder Eingrenzung von Blickbewegungen zu erhalten, wurde die Anzahl verschiedener fixierter Puzzleteile pro Durchgang herangezogen. Wenn Experten eine Verwirrung des Novizen vermeiden wollen, so könnten sie versuchen, weniger nicht kommunikativ intendierte Augenbewegungen zu produzieren und damit weniger irrelevante Teile fixieren. Tatsächlich unterschied sich die Anzahl fixierter Puzzleteile zwischen den Kommunikationsstilen, $F(3,138) = 21.02$, $p < .001$, und Kooperationsbedingungen, $F(1,46) = 9.21$, $p = .004$. Auch die Interaktion beider Faktoren war signifikant, $F(3,138) = 2.98$, $p = .034$. Die wenigsten Teile wurden in Blick fixiert (3.89), gefolgt von Blick & Sprache und Maus & Sprache (4.58 und 4.62) und danach Sprache (5.61), alle $p < .009$, außer Blick & Sprache versus Maus & Sprache, $p > .9$. Die Interaktion mit der Kooperationsbedingung kann darauf zurückgeführt werden, dass diese Unterschiede in Instruktion stärker ausgeprägt waren. Hier waren alle Vergleiche signifikant wie soeben beschrieben. In Autonomie dagegen zeigten sich Unterschiede nur zwischen Sprache und den beiden Kommunikationsstilen mit Blickübertragung, beide $p < .02$, wohingegen alle anderen Vergleiche nicht signifikant waren, alle $p > .05$ (siehe Abbildung 17).

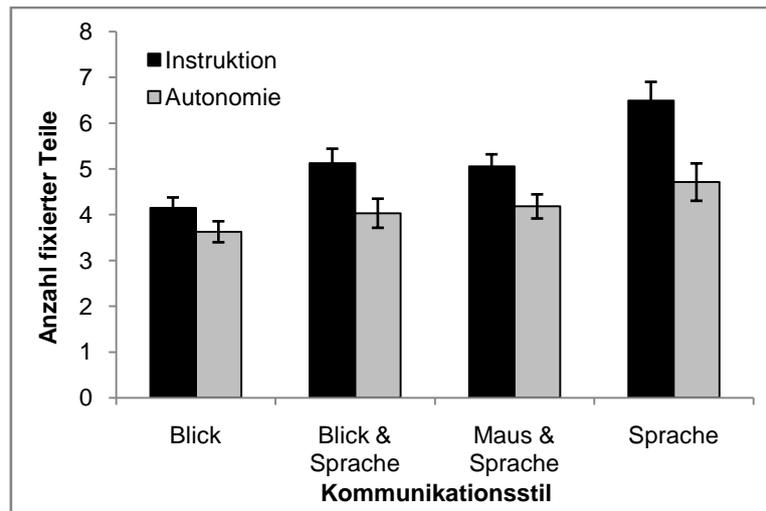


Abbildung 17: Anzahl fixierter Puzzleteile pro Durchgang in allen Kommunikationsstilen.

Sprachäußerungen

Anhand von Sprachäußerungen kann auf den verbalen Aufwand geschlossen werden, den die Partner unter Verwendung der verschiedenen Kommunikationsstile betreiben müssen. Dieser Aufwand sollte am größten sein, wenn keine Möglichkeit zur direkten räumlichen Referenz durch einen Cursor bestand. Außerdem scheint Blickfeedback angesichts der Ergebnisse aus den vorab berichteten Analysen mit einer größeren Notwendigkeit zur Vermeidung von Missverständnissen einherzugehen. Auch dies sollte sich in einem erhöhten verbalen Aufwand im Vergleich zu Maus & Sprache widerspiegeln.

Nicht aufgabenrelevante Sprache wie zum Beispiel Selbstgespräche oder private Unterhaltungen (4.1 % aller Äußerungen) wurden aus den Analysen der Sprachdaten ausgeschlossen. Da Unterschiede in den Sprachäußerungen von Experten und Novizen zu erwarten sind, wurde die experimentelle Rolle als Zwischengruppenfaktor aufgenommen. Der Kommunikationsstil Blick wurde in den Analysen nicht berücksichtigt, weil der Experte hier nicht sprechen durfte. Aufgrund fehlender Sprachdaten eines Experten in Blick & Sprache in Instruktion wurden die Werte durch den entsprechenden Zellmittelwert ersetzt. Es muss beachtet werden, dass zahlreiche Versuchspersonen, vor allem Novizen in Instruktion, überhaupt nicht sprachen. In allen Analysen, in denen relative Häufigkeiten verschiedener Äußerungskategorien berechnet wurden, ergeben sich demzufolge Mittelwertsummen von unter 100 %. Dies ist der Fall, weil jede nicht sprechende Versuchsperson mit 0 % in die Mittelwertberechnung eingeht. Die Sprachdaten wurden hinsichtlich der Wortanzahlen, der semantischen Funktion innerhalb des Diskurses und der referentiellen Form von Äußerungen über einzelne Puzzleteile ausgewertet.

Über die Wortanzahlen wurde eine 3 (*Kommunikationsstil: Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache*) x 2 (*Kooperationsbedingung: Instruktion, Autonomie*) x 2 (*Rolle: Experte, Novize*) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Dabei entstanden ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(2,184) = 53.03$, $p < .001$, und ein Haupteffekt der Rolle, $F(1,92) = 135.82$, $p < .001$, aber der Haupteffekt der Kooperationsbedingung war nicht signifikant, $F(1,92) = .14$, $p = .705$. Weiterhin zeigte sich eine Interaktion von Kommunikationsstil und Rolle, $F(2,184) = 34.64$, $p < .001$, eine Interaktion von Kooperationsbedingung und Rolle,

$F(1,92) = 8.23$, $p = .005$, sowie eine Dreifachinteraktion von Kommunikationsstil, Kooperationsbedingung und Rolle, $F(2,184) = 5.88$, $p = .003$ (siehe Abbildung 18).

In Sprache wurde mit 95.0 Wörtern pro Puzzle mehr als doppelt so viel gesprochen wie in Blick & Sprache (44.7 Wörter) und Maus & Sprache (30.1 Wörter), beide $p < .001$. Die Tendenz zu mehr Sprache in Blick & Sprache als in Maus & Sprache verfehlte das Signifikanzniveau, $p = .068$. Führt man die gleiche Analyse mit den Wortraten (Wörter pro Minute) anstelle der absoluten Wortanzahlen durch, waren Blick & Sprache und Maus & Sprache jedoch ähnlich, $p > .8$. Der marginale Unterschied in den Wortanzahlen kann damit auf Unterschiede in der Lösungszeit zurückgeführt werden. Experten sprachen mit durchschnittlich 101.4 Wörtern pro Puzzle mehr als Novizen mit 11.8 Wörtern, wobei die deutlichsten Unterschiede zwischen den Rollen in Sprache auftraten. Experten sprachen in Instruktion mehr als in Autonomie. Die Hälfte aller Novizen sprach in Instruktion während des gesamten Experimentes überhaupt nicht, dahingegen sprachen in Autonomie alle Novizen (wenn auch nicht in jedem Kommunikationsstil). Die Autonomie des Novizen führte also zu quantitativ symmetrischeren verbalen Interaktionen. Dieser Unterschied zwischen den Kooperationsbedingungen zeigte sich allerdings nur in Sprache, $p < .001$, nicht aber in Blick & Sprache und Maus & Sprache, beide $p > .5$.

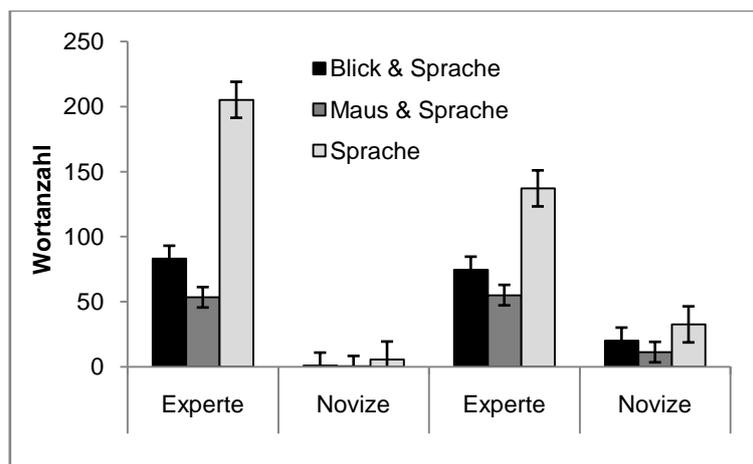


Abbildung 18. Wortanzahlen für Experten und Novizen in beiden Kooperationsbedingungen unter Berücksichtigung des Kommunikationsstils.

Wortanzahlen sind ein eher grobkörniges Maß und liefern keine genaue Information über den Ursprung von Unterschieden in der verbalen Interaktion zwischen den Kommunikationsstilen. Daher wurden die Sprachäußerungen in einem zweiten Schritt entsprechen ihrer Funktion innerhalb der Konversation in vier Kategorien eingeteilt: *Anweisung*, *Information*, *Feedback* und *Frage*. In die Kategorie Anweisung fielen sämtliche Aufforderung eines Partners an den anderen (z.B. „Schieb das dort rüber!“). Die Kategorie Information beinhaltete alle Erklärungen und Anmerkungen, die keine direkte Aufforderung zur Handlung darstellten (z.B. „Ich meine das Teil mit der Tatze“, „Ich muss noch suchen“). Feedback bezeichnet verbale Rückmeldungen, die dem Partner Evidenz dafür lieferten, dass eine Aussage verstanden (oder nicht verstanden) wurde, eine Handlung initiiert oder eine Teilaufgabe beendet wurde (z.B. „Okay“). In die Kategorie Frage fielen alle Äußerungen, in denen der Partner um Antwort gebeten wurde (z.B. „Was ist denn jetzt noch falsch?“).

Es wurde eine 3 (Kommunikationsstil: *Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache*) x 2 (Kooperationsbedingung: *Instruktion, Autonomie*) x 4 (Äußerungskategorie: *Anweisung, Information, Feedback, Frage*) x 2 (Rolle: *Experte, Novize*) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Im Folgenden werden nur Effekte berichtet, in denen der Faktor Äußerungskategorie enthalten ist. Es zeigte sich ein Haupteffekt der Äußerungskategorie, $F(3,276) = 52.14, p < .001$, und eine signifikante Interaktion von Kommunikationsstil und Äußerungskategorie, $F(6,552) = 3.24, p = .004$. Weiterhin interagierten Kooperationsbedingung und Äußerungskategorie, $F(3,276) = 4.48, p = .004$, aber es konnte keine Dreifachinteraktion von Kooperationsbedingung, Äußerungskategorie und Rolle gefunden werden, $F(3,276) = .51, p = .678$. Der Einfluss der Kooperationsbedingung auf die Art der verbalen Äußerungen war also ähnlich für Experten und Novizen. Die Interaktion von Kommunikationsstil, Kooperationsbedingung und Äußerungskategorie war signifikant, $F(6,552) = 2.81, p = .011$.

Die meisten Äußerungen waren Anweisungen (29.4 %), gefolgt von Feedback (24.0 %), Informationen (16.3 %) und Fragen (5.3 %), alle $p < .05$. Feedback wurde in *Blick & Sprache* häufiger gegeben als in *Maus & Sprache*, $p = .048$, und in *Sprache* häufiger als in *Maus & Sprache*, $p < .001$, wohingegen *Blick & Sprache* und *Sprache* ähnlich waren, $p = .356$. Keine Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen zeigten sich dagegen für Anweisungen, Informationen und Fragen, alle $p > .9$ (siehe Abbildung 19). In *Autonomie* wurden prozentual mehr Informationen, Feedback und Fragen geäußert als in *Instruktion*, alle $p < .01$. Autonomiespezifische Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen entstanden ausschließlich für Anweisungen: In *Instruktion* wurden in *Sprache* mehr Anweisungen gegeben als in *Blick & Sprache* und *Maus & Sprache*, beide $p < .05$, wohingegen die Häufigkeit von Anweisungen in *Autonomie* für alle drei Kommunikationsstile ähnlich war, alle $p > .05$. Besonders beachtenswert dabei ist, dass es keine autonomiespezifischen Unterschiede zwischen Kommunikationsstilen für Feedback, Informationen und Fragen gab.

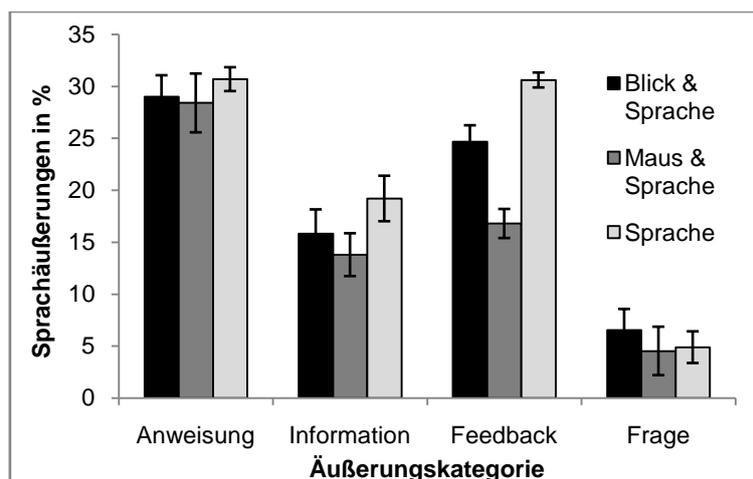


Abbildung 19. Anteile der Sprachäußerungen verschiedener Kategorien in Abhängigkeit vom Kommunikationsstil. Beachte: Nur die Unterschiede in der Kategorie Feedback sind statistisch bedeutsam.

Die Äußerungen, mithilfe derer die Experten auf Puzzleteile und Zielpositionen verwiesen, wurden anhand ihrer Präzision unterschieden. *Spezifische Äußerungen* gaben eine genaue räumliche Beschreibung des Teils (z.B. „das dritte Teil in der ersten Reihe“, „eins runter und

zwei nach oben“), *halbspezifische Äußerungen* gaben lediglich eine Richtung, aber keine klare Position an (z.B. „das linke“, „nach oben“) und *unspezifische Äußerungen* oder deiktische Referenzen gaben keinerlei inhaltliche Information (z.B. „das dort“, „nach da“). Weiterhin gab es Äußerungen, in denen die Teile nicht anhand ihrer Position, sondern mittels inhaltlicher Merkmale (z.B. „das Teil mit der Tatze“) oder in Bezug auf frühere Handlungen (z.B. „das was du eben hattest“) beschrieben wurden. Diese Äußerungen traten nur in 4.4 % der Fälle auf, zeigten keine Unterschiede zwischen den experimentellen Bedingungen und gingen nicht in die Analyse der referentiellen Form ein.

Es wurde eine 3 (Kommunikationsstil: *Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache*) x 2 (Kooperationsbedingung: *Instruktion, Autonomie*) x 3 (Spezifität: *spezifisch, halbspezifisch, unspezifisch*) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Es werden nur Effekte berichtet, die den Faktor Spezifität enthalten. In der Spezifität zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt, $F(2,92) = 56.15$, $p < .001$, sowie eine hochsignifikante Interaktion von Kommunikationsstil und Spezifität, $F(4,184) = 59.11$, $p < .001$ (siehe Abbildung 20). Keine weiteren Interaktionen mit Spezifität wurden beobachtet, alle $F < 3$, alle $p > .1$. Unterschiede zwischen den beiden Kooperationsbedingungen in der referentiellen Form entstanden demnach nicht. In 46.0 % der Fälle waren Referenzäußerungen spezifisch, in 6.6 % der Fälle halbspezifisch und in 29.1 % der Fälle unspezifisch. In *Blick & Sprache* und *Maus & Sprache* wurden weniger spezifische und mehr unspezifische Äußerungen produziert als in *Sprache*, alle $p < .001$, während sich halbspezifische Äußerungen nicht zwischen den Kommunikationsstilen unterschieden, alle $p > .8$.

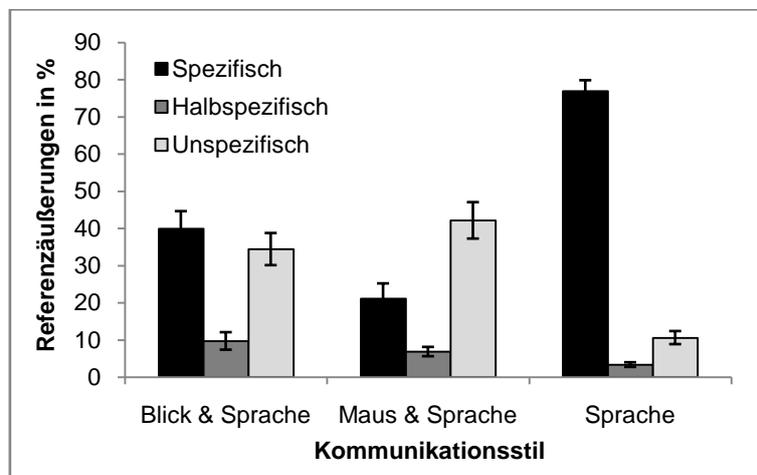


Abbildung 20. Spezifität der Referenzäußerungen von Experten in den drei Kommunikationsstilen.

Um zu untersuchen, ob sich *Blick & Sprache* und *Maus & Sprache* unterschiedlich auf die Wahl der referentiellen Form auswirken, wurde eine Kontrastanalyse zwischen Cursorübertragung (*Blick & Sprache, Maus & Sprache*) und Spezifität (*spezifisch, unspezifisch*) gerechnet. Halbspezifische Äußerungen wurden nicht einbezogen, da diese keine Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen zeigten, alle $p > .8$. Es wurde eine signifikante Interaktion gefunden, $F(1,46) = 11.32$, $p = .002$. In *Maus & Sprache* wurden mehr unspezifische als spezifische Referenzen verwendet, $p < .001$, wohingegen es in *Blick & Sprache* keinen Unterschied zwischen beiden referentiellen Formen gab, $p > .9$.

Subjektive Daten

Die Versuchspersonen wurden am Ende des Experimentes gebeten, den von ihnen präferierten Kommunikationsstil anzugeben. Wie aus Tabelle 5 ersichtlich wird, bevorzugte die Mehrheit der Experten einen der Kommunikationsstile mit Blickübertragung, wohingegen fast die Hälfte der Novizen Maus & Sprache wählte. Im Vergleich zwischen den beiden Kooperationsbedingungen zeigt sich, dass die Kommunikationsstile mit kombinierter Sprach- und Cursorübertragung in Autonomie häufiger bevorzugt wurden als in Instruktion.

Tabelle 5. *Bevorzugte Kommunikationsstile in der absoluten und prozentualen Häufigkeit der Nennungen.*

		Blick	Blick & Sprache	Maus & Sprache	Sprache
Instruktion	Experte	14 (58.3 %)	8 (33.3 %)	1 (4.2 %)	1 (4.2 %)
	Novize	9 (37.5 %)	3 (12.5 %)	10 (41.7 %)	2 (8.3 %)
Autonomie	Experte	11 (45.8 %)	9 (37.5 %)	3 (12.5 %)	1 (4.2 %)
	Novize	7 (29.2 %)	5 (20.8 %)	12 (50.0 %)	0 (0.0 %)

Eine genauere Analyse dieser Präferenzen ergab, dass Personen sowohl die Aufgabe, als auch die Zusammenarbeit mit dem Partner als positiver empfanden, wenn ein Cursor übertragen wurde. Unterschiede zwischen den Formen der Cursorübertragung zeigten sich hingegen nicht und auch Korrelationen mit der Lösungszeit konnten nicht beobachtet werden. Aus Platzgründen werden diese Analysen hier jedoch nicht ausführlich berichtet.

Um Hinweise auf Probleme im Umgang mit Blickfeedback zu erhalten, wurden Experten und Novizen gebeten, die Nutzung des Cursors anhand verschiedener Kriterien zu bewerten. Experten sollten einschätzen, wie schwer ihnen das bewusste Kontrollieren des Cursors, dessen gezielter Einsatz zum Zeigen und dessen Einsatz ohne eine Verwirrung des Partners gefallen sei. Novizen wurden gefragt, inwiefern sie den Cursor als zu unruhig, als verwirrend und als ablenkend empfunden hatten. Alle Ratings wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala vorgenommen. Eine Übersicht der mittleren Ratings wird in Tabelle 6 gegeben. Die drei Einzelratings für Experten und Novizen wurden zu jeweils einem Gesamtwert der Schwierigkeit in der Cursornutzung zusammengefasst und gingen in 3 (*Kommunikationsstil: Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache*) x 2 (*Kooperationsbedingung: Instruktion, Autonomie*) ANOVAs mit Messwiederholung ein.

Das Schwierigkeitsempfinden der Experten unterschied sich signifikant zwischen den Kommunikationsstilen, $F(2,92) = 3.43$, $p < .001$, zeigte aber keinen Effekt der Kooperationsbedingung und keine Interaktion, beide $F < 2$, beide $p > .2$. Der Umgang mit dem Cursor wurde in Blick (2.38) und Blick & Sprache (2.33) als schwieriger erlebt als in Maus & Sprache (1.72), beide $p < .001$, während sich Blick und Blick & Sprache nicht unterschieden, $p = .951$. Die wahrgenommene Schwierigkeit des Zeigens korrelierte in keinem der drei Zeige-Kommunikationsstile signifikant mit der Lösungszeit, alle $|r| < .240$, alle $p > .1$. In den Ratings der Novizen zeigte sich ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(2,92) = 15.39$, $p < .001$, aber ebenfalls kein Effekt der Kooperationsbedingung und keine

Interaktion, beide $F < 1$, beide $p > .3$. Novizen bewerteten den Umgang mit dem Cursor in Blick (2.23) und Blick & Sprache (2.26) als schwieriger im Vergleich zu Maus & Sprache (1.63), beide $p < .001$, sie empfanden aber keinen Unterschied zwischen Blick und Blick & Sprache, $p = .961$. Keines der Maße zur Bewertungen des Cursorfeedbacks korrelierte mit der Lösungszeit, alle $|r| < .240$, alle $p > .1$.

Tabelle 6. *Bewertungen der Schwierigkeit verschiedener Aspekte der Cursornutzung.*

	Blick	Blick & Sprache	Maus & Sprache
Bewusste Cursorkontrolle (E)	2.21	2.06	1.58
Gezielter Cursoreinsatz (E)	2.19	2.19	1.60
Vermeidung von Verwirrung (E)	2.77	2.75	1.96
Cursor zu unruhig (N)	2.29	2.39	1.47
Cursor verwirrend (N)	2.31	2.40	1.62
Cursor ablenkend (N)	2.08	2.00	1.79

Beachte: Die Ratings erfolgten auf einer fünfstufigen Likert-Skala. E =Experten, N = Novizen.

Weiterhin wurde nach Situationen gefragt, in denen die Novizen sich durch das Zeigen mit Blickbewegungen abgelenkt oder verwirrt gefühlt haben. Als Hauptstörfaktor wurden hektische oder suchende Blicke angegeben, die entstanden seien, wenn der Experte noch unsicher gewesen sei. Zusätzlich wurden Situationen genannt, in denen der Novize versucht habe, selbständig zu handeln, anstatt dem Experten zu folgen. Hauptkritikpunkt an der Umsetzung der Blickübertragung war der unruhige Cursor. Einige Novizen gaben an, dass die zusätzliche Möglichkeit zur verbalen Interaktion wichtig gewesen sei, vor allem im Falle schneller, sprunghafter Blickbewegungen, zur Unterscheidung von Such- und Zeigeverhalten, zur Fehlerkorrektur, als Handlungsfeedback und zur Auflösung von Missverständnissen.

Diskussion

Im dritten Experiment wurde untersucht, wie sich eine Übertragung des Partnerblickes auf kommunikative Prozesse in der technisch medierten Kooperation auswirkt. Paare von Versuchspersonen, ein Experte und ein Novize, lösten gemeinsam Puzzleaufgaben, wobei die Blickbewegungen, Mausbewegungen oder die Sprache des Experten übertragen wurden. Zusätzlich wurde die Selbständigkeit des Novizen variiert, um zu untersuchen, wie die daraus resultierende Interaktivität der Aufgabe mit der Nutzbarkeit von Blickübertragung zusammenhängt. Wie erwartet ging Blickübertragung mit kürzeren Lösungszeiten und weniger Fehlern einher als eine rein verbale Kommunikation. Auch die Dialoge waren kürzer und vor allem Experten sprachen weniger, wenn zusätzlich zur Sprache ihr Blick übertragen wurde. Damit bestätigen die Ergebnisse frühere Befunde von Velichkovsky (1995) und demonstrieren die Nutzbarkeit von Blickfeedback in der technisch medierten Kommunikation.

Auf welche Veränderungen im Kommunikationsprozess lassen sich diese Blickvorteile zurückführen? Schon allein die Tatsache, dass quantitativ weniger gesprochen wurde, könnte die geringeren Lösungszeiten bedingen – aufgrund der sequentiellen Natur von Sprache dauert es schlichtweg lange, bis eine eindeutige Äußerung vollständig hervorgebracht ist. Aber gab es auch strukturelle Unterschiede in den verbalen Interaktionen? Wenn es um die Lokalisation, Identifikation und Manipulation von Objekten geht, ist Sprache nicht nur zeitintensiv, sondern kann auch mehrdeutig sein. Um Missverständnisse zu vermeiden, müssen Objekte einerseits klar spezifiziert werden und andererseits muss Evidenz für das gegenseitige Verständnis geliefert werden. Geschieht dies unter Zuhilfenahme visueller Indikatoren, so kann ein Mehraufwand vermieden werden, weil das benannte Objekt schon durch die Zeigegeste eindeutig bestimmt wird. Dies zeigte sich zwar in einer geringeren Anzahl spezifischer Objektbeschreibungen bei kombinierter Verwendung von Blick und Sprache, die Häufigkeit verbaler Feedbackäußerungen unterschied sich jedoch nicht von der bei rein verbaler Kommunikation. Wenn der Blick übertragen wurde, betrieben Personen also weniger verbalen Aufwand zur Beschreibung von Objekten, aber ein hoher Grad an Absicherung blieb dennoch notwendig.

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass der übertragene Blick vom Experten so eingesetzt und vom Novizen so verwendet werden konnte, dass eine Verständigung über relevante Objekte möglich wurde. Das hauptsächliche Anliegen dieses Experimentes lag jedoch darin, die Mechanismen dieses Unterstützungseffektes näher zu bestimmen. Was ist es, das eine Übertragung von Blickbewegungen hilfreich macht? Oder spezifischer: Wie gut können Personen die im Blick enthaltenen Informationen über Aufmerksamkeitsprozesse des Partners nutzen? Zur Klärung dieser Frage wurde der Vergleich mit einer Übertragung rein intentionaler Zeigebewegungen durch die Maus herangezogen. Während kein Unterschied in der Lösungszeit zwischen beiden Formen der Cursorübertragung entstand, zeigte sich in den Fehlerraten ein Nachteil der alleinigen Blickübertragung. Subjektiv empfanden Experten das Zeigen mit Blicken als schwieriger, selbst in Kombination mit Sprache und trotz einer Präferenz für blickgestützte Kommunikation. Auch Novizen gaben in stärkerem Maße an, sich durch den Blickcursor verwirrt gefühlt zu haben. Bevor diese erhöhte Schwierigkeit in der Nutzung von Blickbewegungen jedoch mit der Rolle von Aufmerksamkeitsinformation in Verbindung gebracht werden kann, müssen einige Alternativerklärungen diskutiert werden.

Zunächst unterschieden sich die Erfahrungen der Teilnehmer in der Anwendung von Blick- und Mausfeedback: Keine der Versuchspersonen hatte zuvor an einem Experiment zur blickgestützten Interaktion teilgenommen, aber alle hatten langjährige Erfahrungen in der Nutzung der Maus. Tatsächlich zeigte Bates (2002), dass die blickgestützte Interaktion mit Computern schon durch wenige Stunden an Übung deutlich verbessert werden kann. Die Abwesenheit von Unterschieden in den Lerneffekten zwischen den Kommunikationsstilen spricht jedoch dagegen, Mausvorteile auf einen höheren Grad an Expertise zu reduzieren. Eine zweite Erklärungsmöglichkeit liegt in einem technischen Aspekt. Viele Novizen gaben an, dass sie das Flackern des Blickcursors gestört und abgelenkt habe. Im Gegensatz zu den Experten bevorzugte die Hälfte aller Novizen daher die Mausübertragung. Obwohl sich unruhige Cursorbewegungen mit hoher Wahrscheinlichkeit in den Bewertungen und Leistungen niederschlugen, deuten dennoch eine Anzahl von Daten auf eine andere Quelle des Unterschiedes zwischen Blick und Maus hin.

In der folgenden Diskussion wird argumentiert, dass Blickübertragung mit Unklarheiten über die Intention des Experten einhergehen kann. Die Maus unterliegt nur der absichtlichen Steuerung des Bedieners und kann bei Bedarf zur Seite gelegt werden, während der Experte nach Teilen sucht, anstatt etwas zeigen zu wollen. Im Gegensatz dazu sind Blickbewegungen immer präsent und für den Novizen sichtbar, unabhängig von den Zielen des Experten. Damit kann es schwerer fallen, zu entscheiden ob eine bestimmte Fixation zum Handeln anweisen soll oder lediglich der Suche nach Informationen dient.

Evidenz für diese Annahme findet sich in den Latenzen der Reaktionen auf den Cursor, dem Markieren und Verschieben. Bei Blickübertragung dauerte das Verschieben länger als das Markieren, wohingegen dieser Unterschied bei Verwendung der Maus nicht existierte. Da sich die zum Markieren und Verschieben notwendigen Handlungen selbst kaum unterschieden, scheint dieser Unterschied als eine Form von Kostenmanagement bei der Wahl von Entscheidungskriterien interpretierbar zu sein. Die Wahrnehmung von Zeigehandlungen setzt sich im Sinne der Signalentdeckungstheorie (Tanner & Swets, 1954) aus mindestens zwei Schritten zusammen: Der Novize muss die Cursorposition nicht nur erkennen, sondern auch entscheiden, ob er das Verweilen des Cursors als Zeigegeste auffassen und darauf reagieren soll. Das Setzen eines solchen Entscheidungskriteriums ist im Falle der Maus relativ einfach, weil das Zeigen ihre einzige Funktion ist. Dahingegen erfüllt der Blick eine Doppelfunktion und Fixationen können entweder der Informationsaufnahme dienen oder eine Zeigegeste repräsentieren. Entscheidungskriterien sind daher kritischer.

Diese Annahme kann nicht nur den generellen Vorteil der Maus in der Reaktionszeit auf Cursorreferenzen erklären, sondern auch die Unterschiede zwischen Blick und Maus in Markieren und Verschieben. Bei Entscheidungen unter Unsicherheit führen hohe Kosten für eine Fehlentscheidung dazu, dass eher konservative Entscheidungskriterien gewählt werden. Das falsche Markieren eines Puzzleteils geht kaum mit Kosten einher, da falsch markierte Teile einfach wieder losgelassen werden können. Ein falsches Verschieben infolge einer Fehlinterpretation des Cursors bewirkt hingegen einen Fehler, der wieder rückgängig gemacht werden muss und deshalb höhere Kosten mit sich bringt. Bevor der Cursor also als Anweisung zum Verschieben interpretiert wird, sollte der Novize genügend Evidenz dafür gesammelt haben, dass dies auch tatsächlich so gemeint ist. Schwierigkeiten bei der Interpretation der Cursorintention während der Blickübertragung sollten sich also vor allem im Verschieben und weniger im Markieren äußern. Dieses Muster entspricht den gefundenen Daten.

Auch in den verbalen Interaktionen findet sich Evidenz für eine größere Unsicherheit während der Blickübertragung. Zwar zeigten die Wortanzahlen insgesamt keinen signifikanten Unterschied zwischen Blick und Maus, Experten sprachen in ersterem Fall jedoch mehr. Auch verbales Feedback wurde bei Blickübertragung häufiger gegeben als bei Verwendung der Maus, sogar so viel wie in der reinen Sprachkommunikation. Ebenso unterschied sich die Spezifität der verbalen Referenzen auf Puzzleteile zwischen Blick und Maus: Während beim Mauszeigen mehr unspezifische als spezifische Äußerungen entstanden, waren die Anteile bei Blickübertragung vergleichbar. Auf die Bedeutung dieses Befundes wird aufgrund seiner Deutlichkeit und Relevanz in der Gesamtdiskussion der Puzzlestudie noch ausführlich eingegangen. An dieser Stelle soll lediglich festgehalten werden, dass Blickübertragung mit einem höheren Maß an verbaler Disambiguierung einherging.

Eine geringere Eindeutigkeit des Blickfeedbacks sollte sich nicht nur auf den Novizen, sondern auch auf den Experten auswirken. Um die entstehende Unsicherheit zu reduzieren, sollte er seinen Blick an die kommunikative Situation anpassen und stärker kontrollieren. Die Blickdaten bestätigen dies: Blickübertragung rief längere Fixations- und Verweildauern sowie höhere Anteile langer Fixationen über 500 Millisekunden hervor. Im Puzzleparadigma spricht dies sehr deutlich für eine kommunikative Anpassung, da Veränderungen der Fixationsdauer auch in den anderen Kommunikationsstilen zu erwarten wären. Dies ist der Fall, weil sich Fixationen sowohl beim Sprechen (Griffin & Bock, 2000; Holsanova, 2008), als auch infolge motorischer Handlungen im Allgemeinen und der Nutzung der Maus im Speziellen (Bujakas & Linde, 1974; Schlegel, 2005) verlängern können. Beide Effekte sollten hypothesenkonträr wirken und die Fixationsdauern während der Sprach- und Mausübertragung erhöhen. Längere Fixationen bei Blickübertragung dagegen liefern starke Evidenz für eine intentionale Kontrolle des Blickes infolge der kommunikativen Situation.

Auch räumliche Blickparameter waren sensitiv dafür, ob der Blick lediglich zur Informationsaufnahme oder instruktiv als Kommunikationsmittel eingesetzt wurde: Trotz der zahlenmäßig sehr geringen Effekte in der mittleren Sakkadenamplitude entstanden bei Blickübertragung gehäuft sehr kleine Sakkaden von unter 1° . Diese waren wahrscheinlich das Produkt von Versuchen der Experten, ihren Blick sehr präzise einzusetzen, indem sie Korrektursakkaden hin zur Teilmitte ausführten. In der Sprach- und Mauskommunikation sollte eine Landung im Randbereich des Teils hingegen kein Problem sein, was das häufigere Auftreten mittellanger Sakkaden von $2-4^\circ$ erklären könnte. Blickübertragung führte weiterhin dazu, dass weniger verschiedene Teile pro Durchgang fixiert wurden. Zusätzliche, hier nicht berichtete Analysen zeigten außerdem, dass dies besonders in Zeitperioden der Fall war, in denen der Novize die Zeigeintention des Cursors interpretieren musste. Auch diese Befunde sprechen dafür, dass Experten um eine Vermeidung von Verwirrung des Novizen bestrebt waren.

Interessant dabei ist, dass sich Blickbewegungen in der kombinierten Übertragung mit Sprache ähnlicher zu denen bei Maus- und alleiniger Sprachkommunikation verhielten: Weder in den Fixationsdauern, noch in der Anzahl fixierter Teile zeigten sie Anzeichen für eine kommunikative Anpassung. Da dies in beiden Kooperationsbedingungen zu beobachten war, kann es offensichtlich nicht dadurch erklärt werden, dass im Falle eines autonom handelnden Novizen einfach nichts mehr gezeigt wurde. Anstatt dessen verließen sich Experten in der kombinierten Blickübertragung eher auf eine verbale Klärung, während sie ihren Blick vor allem in Abwesenheit von Sprache strategisch zur Vermeidung von Missverständnissen einsetzten. Vor dem Hintergrund, dass Aufgabenleistungen durch ein Verhindern natürlicher Augenbewegungen stark beeinträchtigt werden können (Ballard, Hayhoe, & Pelz, 1995), erscheint dies eine sinnvolle Strategie zu sein.

Der zweite Schwerpunkt der Puzzlestudie lag darin, zu klären wie die Effekte einer kommunikativen Blickübertragung mit der Strukturiertheit der Interaktionssituation zusammenhängen. Dazu wurde die Selbständigkeit des Novizen manipuliert: Kann er selbständig handeln, so sollte ein weniger stereotyper Ablauf von Anweisungen und Reaktionen entstehen. Dass dies auch tatsächlich der Fall war, zeigte sich in der Nutzung zweier Puzzlestrategien: In der Instruktionsbedingung puzzelten die Hälfte der Paare hochgradig systematisch, starteten also die Mehrheit der Züge von einer fixen Position ausgehend. In der Autonomiebedingung dagegen arbeiteten nur fünf der vierundzwanzig

Paare auf diese Weise und die restlichen neunzehn Paare verschoben Teile eher unsystematisch. Aber auch in den Leistungs- und Prozessdaten fanden sich Effekte der Aufgabeninteraktivität.

Paare mit autonomen Novizen konnten die Puzzles insgesamt schneller lösen, aber dieser Autonomievorteil zeigte sich nur in den Kommunikationsstilen ohne Blickübertragung. Auf Basis der vorliegenden Daten kann dabei nicht eindeutig festgestellt werden, ob die Abwesenheit des Effektes bei Blickübertragung im Sinne von Autonomiekosten oder eines Instruktionsbenefits zu interpretieren ist. Dennoch betont dieser Befund die Notwendigkeit, Eigenschaften der kooperativen Situation zu berücksichtigen. Wenn Handlungen nur infolge einer Anweisung des Experten ausgeführt werden konnten, half Blickübertragung scheinbar bei der Vermeidung von Engpässen, indem ein schnelles, deiktisches Signal geliefert wurde. Vor allem bei alleiniger Nutzung führte dieser sehr direkte Hinweisreiz allerdings nicht zu weiteren Verbesserungen, wenn Partner zusätzlich verschiedene Handlungen aufeinander abstimmen mussten. Blickübertragung scheint also dann am meisten hilfreich zu sein, wenn beide Partner bereits wissen, *was* sie tun müssen und nur noch geklärt werden muss, wo oder an welchem Objekt diese Handlung stattfinden soll.

Eine blickbedingte Wechselwirkung von Kommunikationsstil und der Interaktivität der Situation fand sich nicht nur in der Leistung, sondern auch in der Art, in der die Partner zusammenarbeiteten. Für die Sprach- und Mausübertragung war die Kopplung zwischen dem Blickort des Experten und dem Handlungsort des Novizen in Autonomie schwächer ausgeprägt als in Instruktion. Bei Blickübertragung hingegen hing der Grad einer solchen Zusammenarbeit kaum mit der Möglichkeit zum autonomen Handeln zusammen. Auch post-experimentelle Berichte bestätigten diese verstärkte Bindung an den Blick des Partners: Mehrere Novizen gaben an, dass der Blickcursor sie beinahe automatisch dazu verleitet habe, ihm zu folgen. Es scheint also, dass die Bindung der Partner bei Blickübertragung kaum davon abhing, ob eine enge Zusammenarbeit erforderlich war. Dieser Befund könnte auch die weiter oben beschriebene Abwesenheit von Autonomieunterschieden in der Aufgabenleistung erklären: Wenn die Paare in beiden Bedingungen auf ähnliche Weise zusammenarbeiteten, so ist auch die Ähnlichkeit in den Leistungen nicht verwunderlich.

Einschränkend muss festgehalten werden, dass der absolute Kopplungsgrad bei Mausübertragung am höchsten war. Die Interpretation der Kopplungsdaten beschränkt sich jedoch auf den *relativen* Effekt, also den Unterschied zwischen den Kooperationsbedingungen in den einzelnen Kommunikationsstilen. Dies ist der Fall, weil die interpersonelle Kopplung von Blick- und Handlungsort wahrscheinlich in unterschiedlichen Kommunikationsstilen auf unterschiedliche Mechanismen zurückzuführen ist. So kann eine ihrer Quellen bei Blickübertragung in einer unwillkürlichen Anziehung der Aufmerksamkeit liegen (Pannasch, Dornhoefer, Unema, & Velichkovsky, 2001; Theeuwes, et al., 1998): Durch das stetige Bewegungssignal des Cursors wird der Novize kontinuierlich von seinen eigenen Zielen abgelenkt. Dahingegen kann eine höhere Kopplung bei Mausübertragung darin begründet sein, dass Novizen dem Cursor mehr Vertrauen entgegenbringen und deshalb eher dort klicken, wo er sich befindet. Um zwischen diesen Mechanismen zu differenzieren, müsste Aufmerksamkeitsanziehung direkter bestimmt werden können, zum Beispiel anhand der raum-zeitlichen Überlappung des Blickortes beider Partner (Richardson, Dale, & Kirkham, 2007). Da in den hier berichteten Experimenten aus technischen Gründen jedoch nur die

Blickbewegungen eines einzigen Partners aufgezeichnet wurden, bleibt dies ein Vorhaben für spätere Untersuchungen.

Insgesamt zeigen die Analysen des kooperativen Prozesses, dass die Herstellung einer gemeinsamen Wissensbasis schwerer fiel, wenn Blick- anstatt Mausbewegungen übertragen wurden. Novizen scheinen unsicher über die Intention des Cursors und Experten passen sich an diese Situation an, indem sie expliziter und präziser kommunizieren. Dies geschieht sowohl verbal, als auch in Form eines kontrollierteren Einsatzes ihrer Blickbewegungen. Blickübertragung scheint vor allem bei geregelten Handlungsabläufen gut nutzbar zu sein, wenn die einzelnen Schritte einer gemeinsamen Aufgabe klar sind und nur noch eine räumliche Abstimmung erforderlich ist. Auch birgt sie ein hohes Potential, die Aufmerksamkeit und Handlungen der Partner aneinander zu binden, selbst wenn die kooperativen Anforderungen der Situation dies nicht vorschreiben. Gegenüber einem rein intentionalen Zeigen mit der Maus konnte bislang kein Vorteil der Übertragung von Aufmerksamkeitsinformation durch Blickfeedback gefunden werden. Dieser Punkt wird sowohl in der Gesamtdiskussion der Puzzlestudie, als auch in verschiedenen anderen Teilen dieser Arbeit wiederkehren.

Die Grenzen von Blickübertragung deuten sich in Experiment 3 bereits an, konnten jedoch nicht klar herausgestellt werden. Trotz der Veränderungen im Kommunikationsprozess konnte das Blickfeedback dennoch erfolgreich genutzt werden, um gemeinsame Arbeit zu koordinieren. Allerdings waren die verwendeten Puzzles sehr einfach. Zumindest die fähigeren Novizen wären schneller zur Lösung gekommen, hätten sie allein puzzeln dürfen. Evidenz dafür findet sich neben den Aussagen der Versuchspersonen auch in einer positiven Korrelation zwischen der Leistung und dem weiter oben beschriebenen Kopplungsgrad von Expertenblick und Novizenhandlung, $r = .166$, $p = .021$. Eine engere Zusammenarbeit ging also mit langsameren Lösungen einher. In einer leichten Aufgabe wie der hier verwendeten war Kooperation zwar möglich, aber nicht notwendig. Damit war es für Novizen auch weniger entscheidend, auf den Blick als Kommunikationsmittel zurückgreifen und diesen aktiv verwenden zu können. Im folgenden Experiment sollen die Grenzen von Blickübertragung stringenter getestet werden. Dazu wird eine Situation geschaffen, in der die Kooperation mit dem Partner notwendiger ist um effektiv handeln zu können, während die Strukturiertheit der Situation in noch stärkerem Maße herabgesetzt wird.

3.2.2 Experiment 4: Puzzeln ohne Experten

In Experiment 3 war die a priori gegebene Eindeutigkeit der kommunikativen Situation trotz der durchgeführten Autonomievariation relativ hoch. Der Experte hatte stets ein perfektes Wissen über die Aufgabenlösung und dies sollte sich auf zweierlei Arten auswirken: Das Blickverhalten wird relativ leicht interpretierbar und ein promptes Reagieren auf die Anweisungen des Experten wird möglich. Die Interpretation des Blickes als Zeigegeste sollte deshalb relativ einfach sein, weil der Experte schon beim ersten Blick auf ein Puzzleteil wusste, wohin dieses verschoben werden muss. Dazu war keine langwierige visuelle Inspektion, sondern lediglich das Lesen der Koordinatenbeschriftung nötig. Prozesse der Informationsaufnahme im Blickverhalten sollten daher eine untergeordnete Rolle spielen. Sie sollten nur während kurzer Zeiträume auftreten, vor allem aber leicht von zeigendem Blickverhalten unterscheidbar sein. Dies ist der Fall, weil sie aufgrund der Einfachheit der

Informationsaufnahme zu wesentlich kürzeren Fixationen führen sollten. Der zweite Grund für einen hohen Grad an Eindeutigkeit liegt im Wissen des Novizen darüber, dass der Experte die korrekte Lösung zuverlässig kannte. Selbst wenn Zeigegesten im Blick als solche erkannt werden mussten, war es dennoch kaum nötig, abzuwägen ob ihnen gefolgt werden sollte oder nicht.

Im zweiten Puzzleexperiment wurde die Aufgabe so verändert, dass eine weniger eindeutige Situation entstand. Der Expertenstatus der helfenden Versuchsperson wurde eliminiert, indem keine Koordinatenbeschriftungen mehr angezeigt wurden. Der Experte hatte damit den gleichen Wissensstand wie der Novize (die Rollenbezeichnungen werden der Einfachheit halber dennoch beibehalten), so dass anstelle der eher instruktionalen Situation eine balanciertere Kooperation entstand. Außerdem wurde ein schwierigeres Puzzle verwendet, um die Notwendigkeit zur Kooperation zu fördern. Beide Manipulationen, die Abwesenheit von Lösungsinformation und die höhere Schwierigkeit, sollten informationssuchende Prozesse relevanter machen. Da sich dies auch im Blickverhalten niederschlagen sollte, wird der Unterschied zur Information größer, die durch die Maus übertragen wird.

Fragestellungen und Hypothesen

Wie kann der Blick des Partners unter den oben skizzierten Bedingungen genutzt werden? Wenn Novizen die im Blick enthaltene Information dennoch gut interpretieren, zur Disambiguierung verbaler Äußerungen heranziehen und damit zur Steuerung ihrer eigenen Handlungen nutzen können, sollte Blick & Sprache wie im vorangegangenen Experiment zu besseren Leistungen führen als Sprache. Maus & Sprache sollte diesen Effekt ohnehin haben, weil mit der Maus ein präzises und eindeutiges Zeigen möglich ist. In Blick & Sprache und Maus & Sprache wurden daher schnellere Lösungen und weniger Fehler erwartet als in Sprache.

Sogar ein Vorteil von Blick & Sprache gegenüber Maus & Sprache wäre denkbar. Gerade weil Suchprozesse in dieser Aufgabe so notwendig sind, könnte der Blick des Partners das Verständnis seiner Handlungen erhöhen und so zu einem besseren Situationsbewusstsein führen. Der Novize wüsste nicht nur, was der Experte gerade tut, sondern auch wo er schon gesucht und welche Teile er letztendlich ausgeschlossen hat. Andererseits ist es möglich, dass er durch diese suchenden Blicke von seiner eigenen Lösungssuche abgelenkt wird. In Experiment 3 deutete sich außerdem an, dass die Unterscheidung von Such- und Zeigeverhalten im Blick des Experten schwer fallen kann. Dies wiederum würde einen Nachteil von Blick & Sprache gegenüber Maus & Sprache nahelegen. Da eventuell schwer interpretierbare Cursorbewegungen jedoch in beiden Bedingungen verbal disambiguiert werden können, wurde letztlich kein Unterschied in den Lösungszeiten und Fehlerraten erwartet. Im Hinblick auf die subjektiven Bewertungen dagegen wurde angenommen, dass der Einsatz und die Interpretation des Blickcursors auch in diesem Experiment als schwieriger empfunden würden als die Nutzung des Mauscursors.

Weiterhin ist zu erwarten, dass Blickübertragung in dieser Aufgabe nur in Verbindung mit Sprache verwendbar ist. Wenn die Partner sich nicht nur darüber verständigen müssen, *wohin* der Cursor verweist, sondern auch *ob* er auf ein Objekt verweist, so ist anzunehmen, dass diese Klärung sprachlich besser vollzogen werden kann. Eine rein blickgestützte

Kommunikation (Blick) wird kaum möglich sein, weil das Erkennen von Zeigeblicken und deren Abgrenzung von Suchblicken hochgradig erschwert sein sollte (siehe auch nächster Abschnitt). Deshalb wurden in Blick stark negative subjektive Bewertungen der Kommunikation sowie längere Lösungszeiten und mehr Fehler erwartet als in Blick & Sprache und Maus & Sprache. Selbst im Vergleich zu Sprache wurde kein Vorteil von Blick mehr erwartet.

In dieser erschwerten Kommunikationssituation sollten Strategien zur Sicherstellung des gegenseitigen Verständnisses notwendig sein. Für die Blickbewegungsdaten wurde daher angenommen, dass Blickübertragung wie in den drei bisher berichteten Experimenten zu höheren Anteilen langer Fixationen und zu längeren Verweildauern führen sollte als Maus & Sprache und Sprache. Allerdings wurde in diesem Experiment eine geringere Ausprägung dieser Unterschiede erwartet. Da auch der Experte nach der richtigen Lösung suchen musste, sollte der Anteil von informationsaufnehmenden, nicht zur intentionalen Kommunikation bestimmten Blicken erhöht sein. Dadurch sollten sich die mittleren Fixationsdauern bei Blickübertragung verkürzen. Andererseits sollten lange Fixationen auch ohne Blickübertragung entstehen, weil die hohe Aufgabenschwierigkeit und die Notwendigkeit zur genauen Inspektion von Objektdetails eine tiefere visuelle Verarbeitung erfordern (Velichkovsky, 2002). Insgesamt sollten die Fixationsdauern zwischen den Kommunikationsstilen also ähnlicher sein als in Experiment 3.

In den Sprachäußerungen war in Experiment 3 keine blickbedingte Wechselwirkung zwischen Kommunikationsstil und Kooperationsbedingung aufgetreten. Dies lässt annehmen, dass auch die in Experiment 4 umgesetzte Variation der Aufgabe nur zu absoluten Veränderungen der verbalen Interaktion, nicht aber zu differentiellen Effekten auf die Sprache in den einzelnen Kommunikationsstilen führen sollte. Daher wurden in Blick & Sprache und Maus & Sprache analog zu den Ergebnissen aus Experiment 3 geringere Anteile von spezifischen Referenzäußerungen erwartet als in Sprache. Da die Blickübertragung in Experiment 4 nicht einfacher zu interpretieren sein sollte als in Experiment 3, wurde auch hier eine höhere Spezifität verbaler Referenzäußerungen in Blick & Sprache erwartet als in Maus & Sprache. Im Hinblick auf die semantische Funktion von Sprachäußerungen wurden geringere Anteile verbalen Feedbacks in den kombinierten Kommunikationsstilen erwartet als in Sprache.

Methoden

Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 48 Personen, darunter 13 Männer und 35 Frauen, im Alter von 19-31 Jahren ($M = 23.10$, $SD = 2.85$) teil. Die meisten Versuchspersonen waren Studenten der TU Dresden und alle verfügten über fließende Deutschkenntnisse und normale oder korrigierte Sehfähigkeiten. Sie erschienen paarweise und wurden in Experten und Novizen aufgeteilt. Diese Teilung erfolgte zufällig, aber mit der Ausnahme, dass Personen mit Sehhilfe als Novizen eingesetzt wurden. Sie erhielten eine Vergütung von fünf Euro pro Stunde oder einer Versuchspersonenstunde.

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau entsprach exakt dem aus Experiment 3.

Stimuli

Das Experiment wurde mithilfe von zwei verschiedenen Puzzles durchgeführt, von denen eines als Übungspuzzle und das zweite als Experimentalpuzzle diente. Als Übungspuzzle wurde ein Bild ausgewählt, das sich im Vorversuch als etwa so einfach herausgestellt hatte wie die in Experiment 3 verwendeten Puzzles. Das Experimentalpuzzle war wesentlich schwieriger (siehe Abbildung 21), konnte aber im Vorversuch dennoch von allen Teilnehmern in weniger als zehn Minuten gelöst werden.

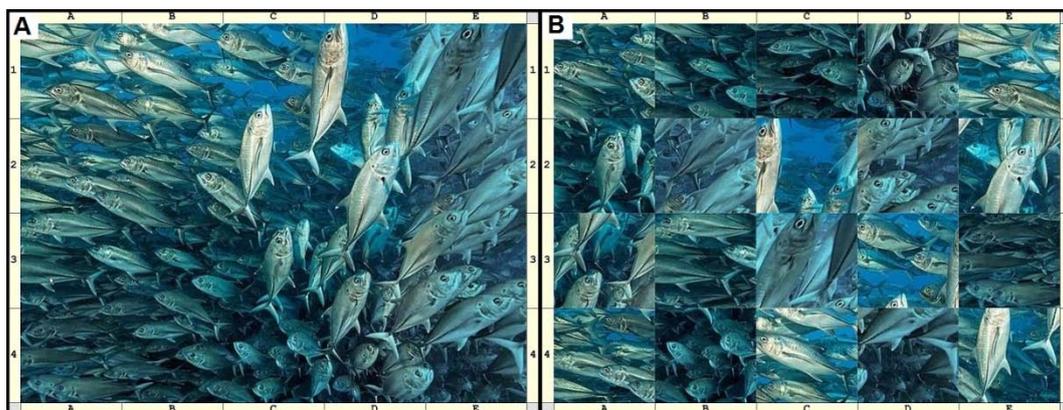


Abbildung 21. Vollständiges Experimentaltbild (A) und zerteiltes Puzzle (B).

Die technischen Details der Stimuli (Auflösung, Größe der Puzzleteile und Art der Cursorarbeit) entsprechen exakt denen aus Experiment 3. Die einzige Ausnahme besteht darin, dass dem Experten diesmal keine Koordinatenbeschriftungen angezeigt wurden. Er sah also das gleiche Bild wie der Novize.

Versuchsablauf

Der Versuchsablauf war identisch zu dem aus Experiment 3, bis auf folgende Ausnahmen: Pro Kommunikationsstil gab es nur ein Übungs- und ein Experimentalpuzzle. Der Experte durfte entsprechend der vier Kommunikationsstile Hilfestellungen geben, verfügte aber über keine zusätzliche Information. Der Novize konnte die Hilfestellungen des Experten nutzen, es war ihm jedoch wie in der Autonomiebedingung aus Experiment 3 gestattet, auch selbständig zu handeln. Trotz der geringeren Anzahl von Durchgängen dauerte das Experiment infolge der hohen Aufgabenschwierigkeit etwa eine Stunde.

Datenauswertung

Um Gesamtperformanz, Blickbewegungen und subjektive Bewertungen zu analysieren, wurden einfaktorielle ANOVAs mit dem vierfach gestuften Messwiederholungsfaktor Kommunikationsstil (Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache) durchgeführt. In die Analyse der Sprachdaten wurde die Rolle (Experte, Novize) als zusätzlicher Faktor aufgenommen. Die statistische Vorgehensweise für detailliertere Analysen von Performanz und Kommunikationsprozess wird an den entsprechenden Stellen beschrieben. Post hoc Tests

wurden mit dem Tukey HSD Test durchgeführt. Zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen Leistung und subjektiver Bewertung wurden Korrelationsanalysen gerechnet.

Ergebnisse

Das Übungspuzzle wurde nicht in die Analyse der Daten einbezogen. Für die Bearbeitung des Experimentalpuzzles wurden in den vier Kommunikationsstilen Performanzdaten, Blickbewegungen, Sprachäußerungen und subjektive Einschätzungen am Ende eines Blockes bestimmt. Durch den Verlust eines Novizenfragebogens in Blick & Sprache mussten die Daten durch die jeweiligen Zellmittelwerte der anderen Versuchspersonen ersetzt werden.

Performanz

In der Gesamtlösungszeit entstanden große deskriptive Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen: In Blick (259.1 s) waren die Versuchspersonen langsamer als in Blick & Sprache (165.1 s), Maus & Sprache (166.2 s) und sogar langsamer als in Sprache (220.9 s). Aufgrund der hohen Varianz in den Lösungszeiten (Min = 48.5 s, Max = 1064.8 s, SD = 136.3) wurde der Haupteffekt Kommunikationsstil jedoch nicht signifikant, $F(3,69) = 2.17$, $p = .100$, und auch der Post hoc Vergleich zeigte keine Unterschiede zwischen den einzelnen Kommunikationsstilen, alle $p > .1$ (siehe Abbildung 22).

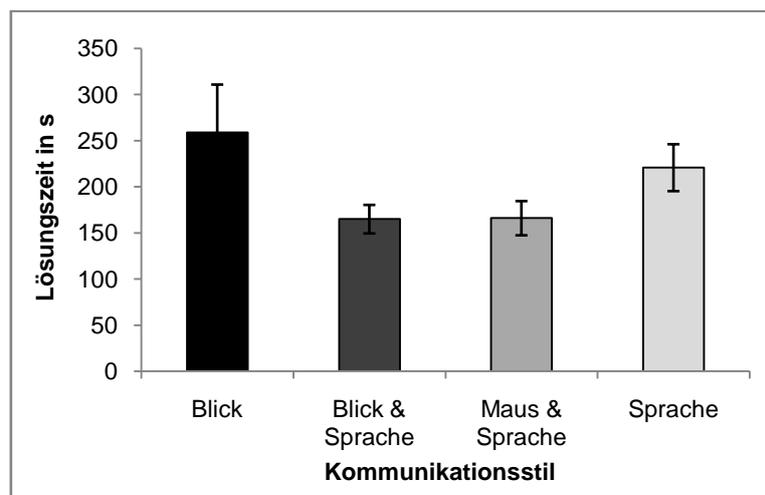


Abbildung 22. Lösungszeiten in den vier Kommunikationsstilen.

Da dem Experten keine Koordinatenbeschriftungen auf den Puzzleteilen angezeigt wurden, ist eine Definition von Fehlern als die Verschiebung eines Teils an eine falsche Position nicht sinnvoll. Wenn die Paare Bereiche zueinander passender Teile bildeten, so konnte die Positionierung eines einzelnen Teils in absoluter Hinsicht zwar falsch sein, relativ zu seinen Nachbarn jedoch korrekt. Daher wurde anstatt des Fehleranteils die Anzahl benötigter Züge bis zur Beendigung eines Puzzles herangezogen. Zur korrekten Positionierung aller 20 Teile benötigten die Versuchspersonen im Mittel 46.8 Züge. Die meisten Züge wurden in Blick gemacht (59), wohingegen sich die Anzahlen in den anderen Kommunikationsstilen ähnelten (41-44). Der Effekt des Kommunikationsstils war infolge der hohen Varianz (Min = 16, Max = 258, SD = 27.98) jedoch nicht signifikant, $F(3,69) = 1.70$, $p = .175$, und auch im Einzelvergleich ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, alle $p > .1$.

Um Informationen über die Zusammenarbeit beider Partner zu erhalten, wurde wie in Experiment 3 die Kopplung von Expertenblick und Novizenhandlung betrachtet. Dazu wurde auch hier der Anteil der Fälle ermittelt, in denen dem Markieren eines Puzzleteils durch den Novizen eine Fixation desselben Teils durch den Experten in einem Zeitfenster von drei Sekunden vorausging. Der Anteil dieser Kopplung unterschied sich signifikant zwischen den Kommunikationsstilen, $F(3,69) = 3.23$, $p = .028$. Im Einzelvergleich zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Blick (63.2 %) und Sprache (52.7 %), $p = .021$. Die Kopplungsanteile von Blick & Sprache (56.04 %) und Maus & Sprache (55.4 %) lagen dazwischen, aber keiner der weiteren Unterschiede war signifikant, alle $p > .1$. Eine explorative Verlängerung des Zeitfensters vor dem Markieren führte zu einer Verstärkung des Trends zu einer höheren Kopplung in Blick als in den kombinierten Kommunikationsstilen. Dieser Unterschied war aber selbst für Zeitfenster von sieben Sekunden nicht statistisch signifikant, beide $p > .05$.

In Blick zeigte sich die höchste Kopplung von Expertenblick und Novizenhandlung. Noch ist jedoch unklar, inwiefern diese Kopplung förderlich für die gemeinsame Leistung beim Puzzeln war. Ebenso könnte sie nicht auf eine engere Zusammenarbeit zurückzuführen sein, sondern darauf, dass Novizen wahllos Teile anklickten, auf denen der Blickcursor lag. Um dies zu untersuchen, wurde eine einfache, lineare Regression mit der Kopplung als Prädiktor und der Lösungszeit als Kriterium gerechnet. Über alle Kommunikationsstile hinweg lieferte der Kopplungsanteil eine signifikante Vorhersage der Lösungszeit, $\beta = -.214$, $t(94) = -2.125$, $p = .036$. Eine stärkere Kopplung ging demnach mit schnelleren Lösungen einher. Diese negativen Vorhersagen zeigten sich in allen einzelnen Kommunikationsstilen, alle $\beta > -.252$, waren allerdings nur in Blick & Sprache ($\beta = -.455$) statistisch signifikant, $p = .026$, alle anderen $p > .1$.

Auf eine Berechnung der Latenzen von Markieren und Verschieben in Reaktion auf den Cursor wurde in diesem Experiment verzichtet. Da der Experte keine Koordinateninformation hatte, mussten seine ersten Fixationen auf einem Teil notwendigerweise der Identifikation und Suche nach der richtigen Position dienen anstatt dem Zeigen. Die erste räumliche Referenz bei Blickübertragung ist daher unmöglich mit der in Maus & Sprache vergleichbar, da sie aufgrund der Notwendigkeit zur Suche keine Zeigegeste sein kann. Um aber trotzdem zwischen Teilhandlungen innerhalb eines Zuges differenzieren zu können und damit ein feineres Maß für die Wirkung von Blickübertragung zu gewinnen als nur die mittlere Lösungszeit, wurde die Handlungsphase herangezogen. Jeder Zug kann in eine Phase des Auswählens und Bewegens unterteilt werden. Das Auswählen bezeichnet dabei die Zeit von der Verschiebung des vorangegangenen Teils bis zum Markieren des nächsten durch Klicken der Maustaste. Das Bewegen beschreibt hingegen die Phase von diesem Markieren bis zum Verschieben des Teils durch Loslassen der Maus über der neuen Position. Die Phasen wurden mittels einer 4 (Kommunikationsstil: Blick, Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache) x 2 (Phase: Auswählen, Bewegen) ANOVA mit Messwiederholung zwischen den Kommunikationsstilen verglichen.

Es entstand ein Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,69) = 4.91$, $p = .004$, und der Phase, $F(1,23) = 248.77$, $p < .001$. In der Interaktion zeigte sich lediglich ein Trend, $F(3,69) = 2.40$, $p = .075$. Das Auswählen eines Teils (3146 ms) dauerte länger als das Bewegen (833 ms). In Maus & Sprache (1799 ms) entstanden kürzere Latenzen als in Sprache (2265 ms), $p = .021$, aber weitere Vergleiche wurden nicht signifikant, alle $p > .06$. Im Auswählen ließen

sich keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Kommunikationsstilen nachweisen, alle $p > .08$, wohingegen im Verschieben Unterschiede zu finden waren. Dabei entstanden längere Latenzen in Blick als in Blick & Sprache und Maus & Sprache, beide $p < .03$, und längere Latenzen in Sprache als in Maus & Sprache, $p = .007$ (siehe Abbildung 23).

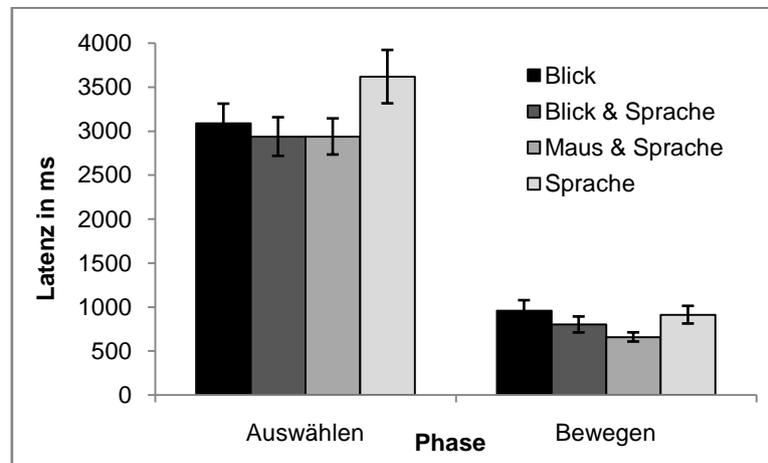


Abbildung 23. Markier- und Verschiebezeiten für die vier Kommunikationsstile.

Blickbewegungen

Durch eine Betrachtung der Blickbewegungen sollte ermittelt werden, ob Experten ihren Blick auch in dieser Situation kommunikativ anpassten, um Verwirrungen und Missverständnisse zu vermeiden. Die jeweils erste Fixation zu Beginn eines Puzzles, Fixationen außerhalb des Bildschirms sowie von einem Blinzeln betroffene Fixationen wurden nicht in die Analyse aufgenommen. Zur Analyse der Fixationsdauer wurden Mediane berechnet und zwischen den Kommunikationsstilen verglichen. Dabei zeigte sich ein marginal signifikanter Haupteffekt im Kommunikationsstil, $F(3,69) = 2.73$, $p = .051$. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Bedingungen waren bezüglich ihrer Richtung hypothesenkonform, aber nicht signifikant, alle $p > .05$. Außerdem ist der Unterschied von nur 7 ms zwischen Blick mit den längsten Fixationsdauern (252 ms) und Maus & Sprache mit den kürzesten Fixationsdauern (245 ms) so gering, dass eine sinnvolle Interpretation schwierig ist (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7. Fixationsdauern in ms und Sakkadenamplituden in Grad sowie deren Standardabweichungen in den vier Kommunikationsstilen.

	Blick	Blick & Sprache	Maus & Sprache	Sprache
Fixationsdauer	252 (24)	246 (23)	245 (19)	248 (20)
Sakkadenamplitude	3.45 (.67)	3.57 (.74)	3.94 (.81)	3.73 (.74)

Im Anteil von Fixationen über 500 ms zeigte sich ein Effekt des Kommunikationsstils, $F(3,69) = 13.86$, $p < .001$. Lange Fixationen traten am häufigsten in Blick auf (10.7 %) und unterschieden sich von allen anderen Kommunikationsstilen (≤ 7.4 %), alle $p < .001$. Die drei anderen Kommunikationsstile unterschieden sich nicht signifikant voneinander, alle $p > .05$.

Neben der Dauer einzelner Fixationen wurden auch die Verweildauern analysiert, die einen hochsignifikanten Effekt des Kommunikationsstils zeigten, $F(3,69) = 14.60$, $p < .001$. In Blick (481 ms) waren sie länger als in allen anderen Kommunikationsstilen, alle $p < .002$. Die Verweildauern in Blick & Sprache (429 ms) waren länger als in Maus & Sprache (392 ms), $p = .038$, unterschieden sich aber nicht von denen in Sprache (427 ms), $p > .9$. Wie in Abbildung 24 zu sehen ist, waren die Unterschiede verglichen mit denen aus Experiment 3 (siehe Abbildung 15) sehr gering ausgeprägt.

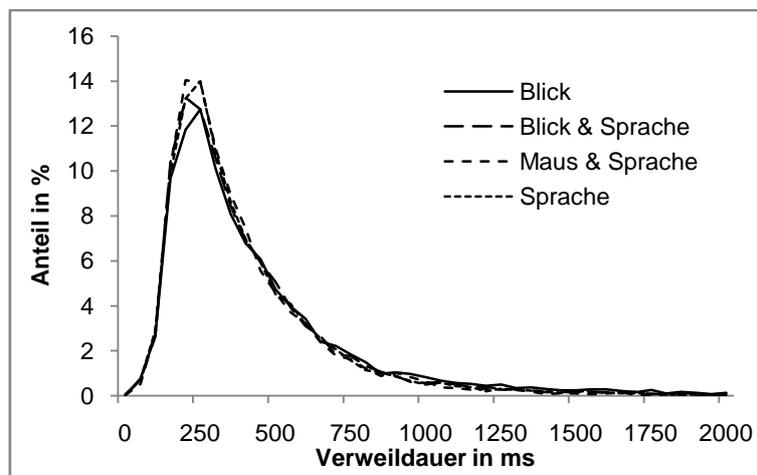


Abbildung 24. Relative Häufigkeiten von Verweildauern in den vier Kommunikationsstilen.

In den Sakkadenamplituden gab es einen hochsignifikanten Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(3,69) = 8.15$, $p < .001$ (siehe Tabelle 7). Längere Sakkaden entstanden in Maus & Sprache (3.94°) als in Blick (3.45°) und Blick & Sprache (3.57°), beide $p < .01$, wobei sich die Blickkommunikationsstile nicht unterschieden, $p = .653$. Sakkaden in Blick waren außerdem kürzer als in Sprache (3.74°), $p = .039$, weitere Unterschiede waren nicht signifikant, alle $p > .2$. Die Unterschiede waren jedoch wie schon in Experiment 3 sehr gering ($< 0.5^\circ$). In der Verteilung der Sakkadenamplituden (siehe Abbildung 25) fällt auf, dass der im vorangegangenen Experiment vorhandene Tiefpunkt in den Häufigkeiten bei 3° hier nicht wiedergefunden werden kann.

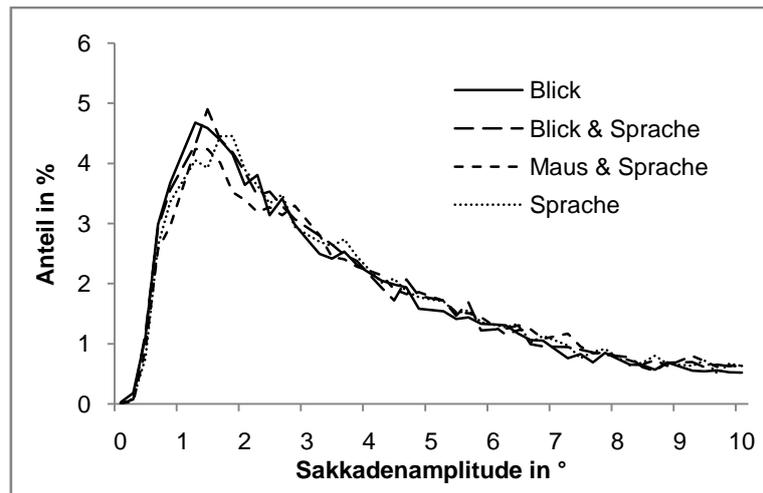


Abbildung 25. Häufigkeiten verschiedener Sakkadenamplituden in den vier Kommunikationsstilen.

Weiterhin wurde die Anzahl verschiedener Puzzleteile berechnet, die innerhalb eines Durchgangs fixiert wurden. Diese Anzahl unterschied sich im Gegensatz zu Experiment 3 nicht signifikant zwischen den Kommunikationsstilen, $F(3,69) = 2.35$, $p = .080$. Im Mittel wurden 4.60 Teile pro Durchgang fixiert (Range: 4.24 in Maus & Sprache – 5.06 in Sprache). Allerdings muss von einer massiven Unterschätzung dieser Anzahlen ausgegangen werden, weil die meisten Paare zunächst bestimmte Bildbereiche zusammensetzten und diese dann gebündelt an die korrekte Position verschoben. Derartige Repositionierungszüge sind meist so schnell, dass kaum Blickbewegungen stattfinden können, sie gehen aber dennoch in die Mittelwertberechnung ein und verzerren diese nach unten.

Sprachäußerungen

Zur Untersuchung des verbalen Aufwandes, der unter Verwendung der verschiedenen Kommunikationsstile nötig war, wurden auch hier die verbalen Interaktionen der Paare analysiert. Während der Durchführung des Experimentes fiel auf, dass im Gegensatz zu Experiment 3 alle Versuchspersonen, sowohl Experten als auch Novizen, in den gemischten Kommunikationsstilen sprachen. Zur quantitativen Analyse dieser verbalen Interaktionen wurden die Wortanzahl, die Funktion von Äußerungen innerhalb des Dialoges und die Spezifität verbaler Objektreferenzen bestimmt. Irrelevante, nicht aufgabenbezogene Sprachäußerungen wie private Gespräche, Selbstgespräche oder Fragen an die Versuchsleiter (6.7 % aller Äußerungen) wurden nicht in die Analysen aufgenommen.

Die Wortanzahlen zeigten einen signifikanten Haupteffekt des Kommunikationsstils, $F(2,92) = 4.81$, $p = .010$, aber keinen Effekt der Rolle, $F(1,46) = 2.56$, $p = .116$, und keine Interaktion beider Faktoren, $F(2,92) = .10$, $p = .906$. In Sprache (205.9 Wörter) wurde mehr gesprochen als in Blick & Sprache (140.6 Wörter) und Maus & Sprache (141.5 Wörter), beide $p < .03$, die sich untereinander nicht unterschieden, $p > .9$. Experten sprachen tendenziell mehr als Novizen (183.5 vs. 141.8 Wörter), dieser Trend wurde jedoch nicht signifikant. Auch rollenspezifische Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen gab es nicht (siehe Abbildung 26).

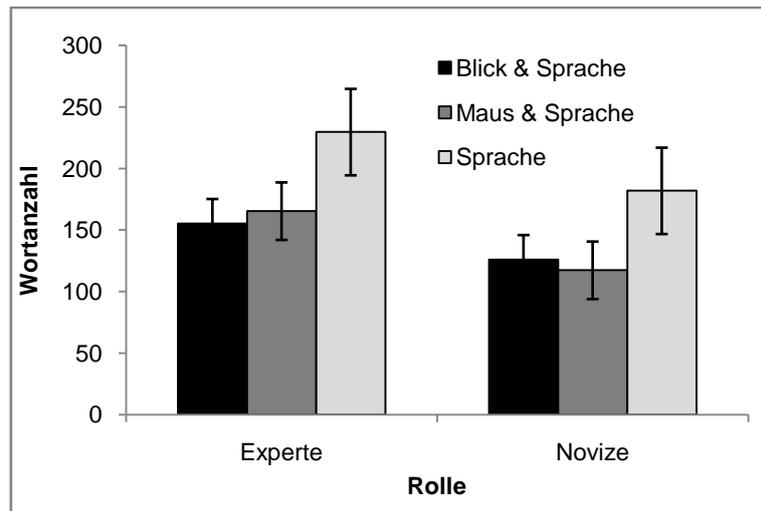


Abbildung 26. Wortanzahlen in Abhängigkeit von Kommunikationsstil und Rolle.

Zum Vergleich von Sprachäußerungen unterschiedlicher Funktion innerhalb der Dialoge gingen die prozentualen Anteile von *Anweisung*, *Information*, *Feedback* und *Frage* in eine 3 (Kommunikationsstil: *Blick & Sprache*, *Maus & Sprache*, *Sprache*) x 4 (Äußerungskategorie: *Anweisung*, *Information*, *Feedback*, *Frage*) x 2 (Rolle: *Experte*, *Novize*) ANOVA mit Messwiederholung ein. Die folgende Darstellung beschränkt sich auf Effekte, welche die Äußerungskategorie beinhalten. Es entstand ein Haupteffekt der Äußerungskategorie, $F(3,138) = 85.17$, $p < .001$, und eine Interaktion von Kommunikationsstil und Äußerungskategorie, $F(6,276) = 3.41$, $p = .003$. Weiterhin entstanden eine Interaktion von Äußerungskategorie und Rolle, $F(3,138) = 75.88$, $p < .001$, sowie eine Dreifachinteraktion von Kommunikationsstil, Äußerungskategorie und Rolle, $F(6,276) = 5.17$, $p < .001$.

Anweisungen, die im vorangegangenen Experiment die am häufigsten auftretende Äußerungskategorie gewesen waren, machten hier nur 18.1 % aller Äußerungen aus. Die Häufigkeiten von Informationen (34.0 %) und Feedback (35.2 %) waren vergleichbar und Fragen (9.6 %) wurden am seltensten gestellt. In keiner der Äußerungskategorien entstanden Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen, alle $p > .09$. Zur Erklärung dieser Abwesenheit von Effekten des Kommunikationsstils kann die Dreifachinteraktion unter Einschluss der Rolle beitragen: Während die Äußerungen von Experten mit dem Kommunikationsstil variierten, traten derartige Unterschiede für Novizen nicht auf (siehe Abbildung 27). Experten gaben Anweisungen in *Maus & Sprache* prozentual häufiger als in *Sprache*, $p < .001$. Interessant ist jedoch vor allem, dass die Anteile von Feedback für Experten in *Maus & Sprache* geringer waren als in *Blick & Sprache* und *Sprache*, beide $p < .005$, während sich die beiden letzteren Kommunikationsstile nicht unterschieden, $p > .9$. Für Novizen wurde keiner der Vergleiche signifikant, alle $p > .9$.

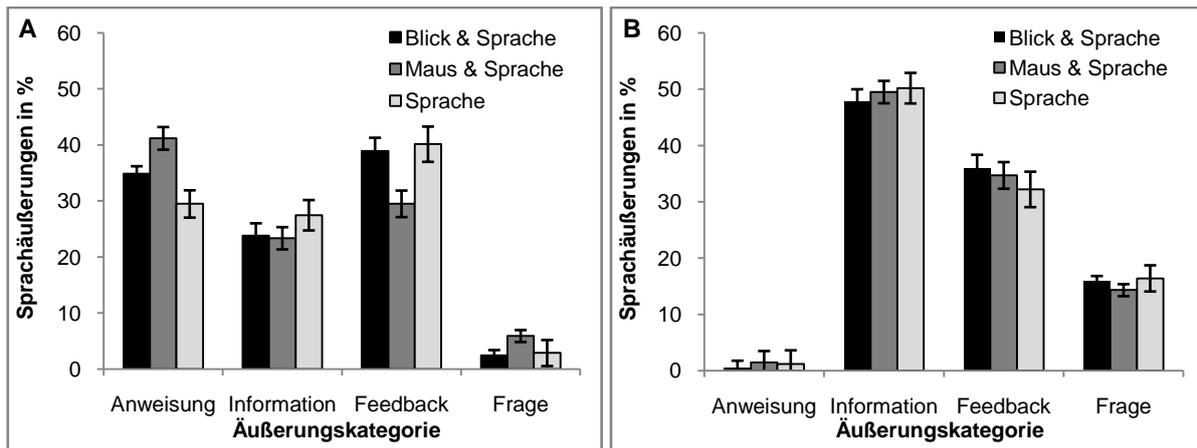


Abbildung 27. Äußerungskategorien von Experten (A) und Novizen (B) in den drei Kommunikationsstilen.

Im letzten Schritt wurde die Spezifität untersucht, mit der die Versuchspersonen auf Puzzleteile referenzierten. Im Unterschied zu Experiment 3, in dem Novizen vor allem in der Instruktionsbedingung wenig gesprochen und so gut wie gar keine Referenzäußerungen produziert hatten, waren die Sprachanteile von Experten und Novizen in diesem Experiment sehr symmetrisch. Deshalb wurde die Rolle als zusätzlicher Faktor in die Analyse einbezogen. Ausgeschlossen wurden 7.9 % der Referenzäußerungen, die aus Beschreibungen von Bildinhalten oder Hinweisen auf frühere Handlungen bestanden. Sie waren in Bezug auf ihre Spezifität sehr heterogen (z.B. „die Dunklen“ vs. „der ganz große Fisch“, vgl. Abbildung 21) und unterschieden sich nicht zwischen den Kommunikationsstilen. Die verbleibenden Äußerungen wurden anhand ihres räumlichen Beschreibungsgehaltes analog zu Experiment 3 in spezifische, halbspezifische und unspezifische Referenzen klassifiziert.

Es wurde eine 3 (Kommunikationsstil: *Blick & Sprache, Maus & Sprache, Sprache*) x 3 (Spezifität: *spezifisch, halbspezifisch, unspezifisch*) x 2 (Rolle: *Experte, Novize*) ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Im Folgenden werden nur Effekte berichtet, welche den Faktor Spezifität beinhalten. Der Haupteffekt der Spezifität war signifikant, $F(2,92) = 118.62, p < .001$. Weiterhin zeigte sich eine Interaktion von Kommunikationsstil und Spezifität, $F(4,184) = 41.76, p < .001$, eine Interaktion von Rolle und Spezifität, $F(2,92) = 51.13, p < .001$, sowie eine hochsignifikante Dreifachinteraktion unter Einschluss der Rolle, $F(4,184) = 26.79, p < .001$ (siehe Abbildung 28). Mehr als die Hälfte aller Äußerungen (54.2 %) waren unspezifisch, die restlichen Äußerungen waren zu etwa gleichen Anteilen spezifisch und halbspezifisch (18.9 und 19.0 %). Sowohl für spezifische als auch für unspezifische Äußerungen waren alle Einzelvergleiche zwischen den Kommunikationsstilen signifikant, alle $p < .01$. Die Anteile halbspezifischer Äußerungen unterschieden sich nicht zwischen den Kommunikationsstilen, alle $p > .9$. Spezifische Äußerungen traten am seltensten in Maus & Sprache und am häufigsten in Sprache auf (7.4 und 31.6 %), während unspezifische Äußerungen am häufigsten in Maus & Sprache und am seltensten in Sprache produziert wurden (68.4 und 40.7 %). Die Häufigkeiten in Blick & Sprache lagen sowohl für spezifische (17.7 %), als auch für unspezifische Äußerungen (53.6 %) in der Mitte. Diese Spezifitätsunterschiede zwischen den Kommunikationsstilen traten nur für Experten auf, alle $p < .01$, nicht aber für Novizen, alle $p > .6$.

Mittels einer Kontrastanalyse sollte überprüft werden, ob sich die Sprache in Blick & Sprache und Maus & Sprache bezüglich des Verhältnisses spezifischer und unspezifischer

Äußerungen unterscheidet. Aufgrund der großen Unterschiede zwischen den Rollen wurde der Vergleich für Experten und Novizen getrennt durchgeführt. Für Experten ergab sich eine hochsignifikante Interaktion, $F(1,46) = 58.86, p < .001$. Diese entstand, weil sich die Anteile spezifischer und unspezifischer Äußerungen in Blick & Sprache nicht unterschieden, $p = .946$, während in Maus & Sprache mehr als sechsmal so viele unspezifische Äußerungen gemacht wurden wie spezifische, $p < .001$. Für Novizen zeigte sich diese Interaktion nicht, $F(1,46) = .04, p = .851$, hier entstanden sowohl in Blick & Sprache als auch in Maus & Sprache mehr unspezifische als spezifische Äußerungen, beide $p < .001$.

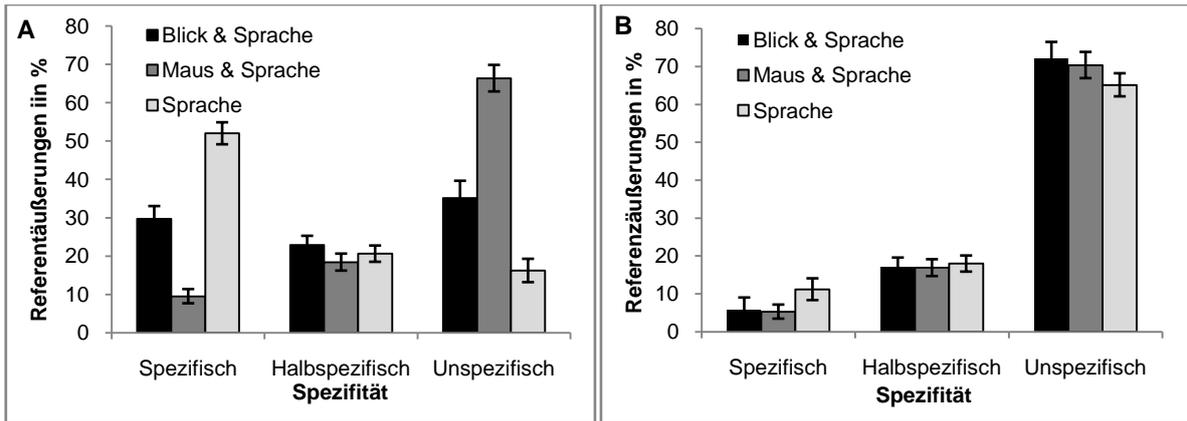


Abbildung 28. Spezifität der Referenzäußerungen von Experten (A) und Novizen (B) in den drei Kommunikationsstilen.

Subjektive Daten

Die Versuchsteilnehmer wurden gebeten, ihren bevorzugten Kommunikationsstil zu wählen. Dabei wählten 7 Personen (14.6 %) Blick, 18 Personen (37.5 %) Blick & Sprache, 21 Personen (43.8 %) Maus & Sprache und 2 Personen (4.2 %) Sprache. Im Vergleich zwischen den Rollen fällt auf, dass Blick & Sprache eher von Novizen und Maus & Sprache eher von Experten bevorzugt wird (siehe Abbildung 29), was im Gegensatz zur Präferenz der Novizen für Maus & Sprache in Experiment 3 steht.

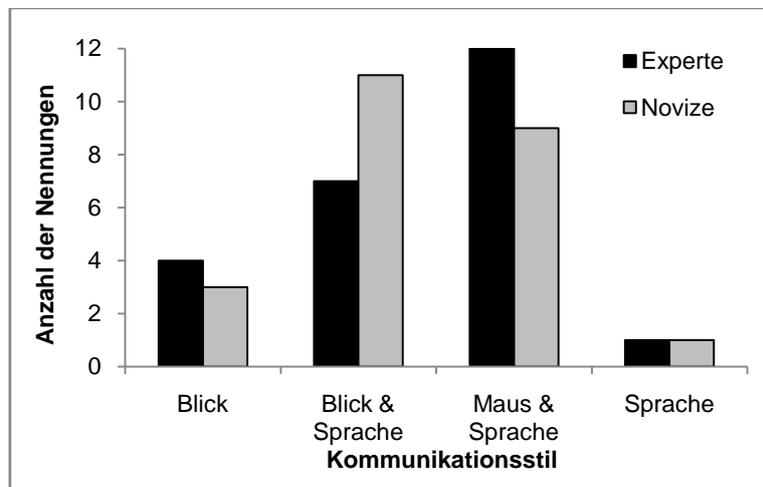


Abbildung 29. Bevorzugte Kommunikationsstile von Experten und Novizen.

Wie in Experiment 3 wurden die Versuchspersonen gebeten, die Aufgabe und ihre Zusammenarbeit mit dem Partner in den verschiedenen Kommunikationsstilen zu bewerten. Während in Experiment 3 alle Formen der Cursorübertragung positiver bewertet wurden als Sprache, traf dies hier nur auf die kombinierten Kommunikationsstile zu. Blick hingegen erhielt in einigen Bewertungsaspekten sogar noch schlechtere Ratings als Sprache. Aus Platzgründen werden die detaillierten Analysen an dieser Stelle jedoch nicht dargestellt.

Experten und Novizen wurden gebeten, ihren Umgang mit dem Blick- oder Mauscursor anhand verschiedener Aspekte zu bewerten. Eine Übersicht über die mittleren Ratings befindet sich in Tabelle 8. Experten wurden gefragt, wie schwer ihnen das bewusste Kontrollieren des Cursors, dessen gezielter Einsatz zum Zeigen und dessen Einsatz ohne eine Verwirrung des Partners gefallen sei. Die kombinierten Schwierigkeitsratings unterschieden sich zwischen den Kommunikationsstilen, $F(2,46) = 17.39$, $p < .001$. Die Verwendung des Cursors unterschied sich nicht signifikant zwischen Blick (3.19) und Blick & Sprache (2.79), $p > .1$, wurde aber als schwieriger empfunden als in Maus & Sprache (1.96), beide $p < .001$.

Auch Novizen wurden gebeten, Schwierigkeiten in der Verwendung des Cursorfeedbacks zu bewerten und anzugeben, inwiefern sie den Cursor als zu unruhig, verwirrend und ablenkend empfanden. Es entstanden Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen, $F(2,46) = 19.03$, $p < .001$. Die Cursornutzung wurde in Blick (3.03) als am schwierigsten wahrgenommen, gefolgt von Blick & Sprache (2.36) und Maus & Sprache (1.93), alle $p < .03$. Keines der Ratings zur Cursorverwendung korrelierte jedoch signifikant mit der Lösungszeit, alle $|r| < .273$, alle $p > .1$.

Tabelle 8. *Bewertungen der Schwierigkeit verschiedener Aspekte der Cursornutzung.*

	Blick	Blick & Sprache	Maus & Sprache
Bewusste Cursorkontrolle (E)	3.13	2.58	1.75
Gezielter Cursoreinsatz (E)	2.70	2.96	1.88
Vermeidung von Verwirrung (E)	3.74	2.83	2.25
Cursor zu unruhig (N)	2.61	2.22	1.58
Cursor verwirrend (N)	3.30	2.34	1.92
Cursor ablenkend (N)	3.17	2.52	2.29

Beachte: Die Ratings erfolgten auf einer fünfstufigen Likert-Skala. E =Experten, N = Novizen.

Als Situationen, in denen der Blickcursor abgelenkt habe, gaben die meisten Novizen die eigenständige Lösungssuche an, bei der sie vom sichtbar gemachten Suchverhalten des Partners gestört worden seien. Verwirrt habe der Blickcursor sie vor allem dann, wenn sie Suchverhalten nicht von Zeigeverhalten unterscheiden konnten oder der Cursor zu schnell gesprungen sei.

Diskussion

In Experiment 3 war gezeigt worden, dass Blickübertragung mit Unklarheiten über die Cursorbedeutung einhergeht, aber dennoch zu ähnlichen Leistungen beim gemeinsamen Puzzeln führen kann wie die Mausübertragung. Das Ziel von Experiment 4 bestand deshalb darin, die Grenzen von Blickübertragung zu testen, indem die hierarchische Natur der Experten-/Novizen-Situation durch eine symmetrischere Kooperation ersetzt wurde. In einem schwierigen Puzzle wurden dem Experten diesmal keine Zusatzinformationen gegeben, so dass er die korrekte Lösung nicht kannte und selbst nach passenden Teilen suchen musste. Dadurch sollte eine Zusammenarbeit einerseits notwendiger sein, andererseits aber auch einen erhöhten Koordinationsaufwand erfordern. Da die Ergebnisse vor allem in Relation zu denen aus Experiment 3 interessant sind, wird dieser Vergleich in der folgenden Diskussion im Vordergrund stehen. Um Redundanzen zur Diskussion von Experiment 3 zu vermeiden, liegt der Hauptfokus dabei auf Effekten, die sich zwischen den Experimenten unterscheiden.

Während alle drei Formen der Cursorinformation in Experiment 3 zu deutlichen Verbesserungen der Leistung geführt hatten, gab es in Experiment 4 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen in der Lösungszeit und der Anzahl benötigter Züge. Der Grund dafür scheint in der hohen Varianz der Daten zu liegen: Während einige Puzzledurchgänge in weniger als zwei Minuten beendet waren, dauerten andere mehr als fünfzehn Minuten. Deskriptiv dauerte die Lösung bei Verwendung eines einzelnen Kommunikationsmittels (Blick oder Sprache) etwa anderthalb Minuten länger, als wenn Cursorübertragung und Sprache kombiniert wurden. Der mit Sprache kombinierte Blick zeigte keinerlei signifikante Nachteile gegenüber der Maus in den Handlungsdaten. Dahingegen führte alleinige Blickübertragung zu Nachteilen gegenüber der Maus, vor allem bei der Entscheidung, wohin ein bereits markiertes Teil verschoben werden soll. Im Vergleich zur rein verbalen Interaktion brachte alleinige Blickübertragung keinerlei Vorteile mit sich. Auch die subjektiven Bewertungen zeigten, dass die Nutzung des Blickes allein am schwierigsten empfunden wurde. Wenn nach Problemen bei der Nutzung des Cursors gefragt wurde, empfanden Personen diese bei Blickübertragung als schwieriger im Vergleich zur Verwendung der Maus. Insgesamt deuten die Ergebnisse verglichen mit Experiment 3 auf eine schlechtere Verwendbarkeit der alleinigen Blickübertragung und eine hohe Ähnlichkeit der kombinierten Kommunikationsstile hin. Die Daten sind jedoch nicht eindeutig genug, um klare Schlüsse ziehen zu können.

In der Analyse des Kommunikationsprozesses mithilfe von Blickbewegungen und Sprachäußerungen konnten hingegen deutlichere Effekte gefunden werden. Eine Übertragung von Blickbewegungen führte im Gegensatz zu Experiment 3 zwar nicht zu Unterschieden in der mittleren Fixationsdauer, aber dennoch zu höheren Anteilen langer Fixationen und zu längeren Verweildauern. Allerdings war der Effekt des Kommunikationsstils auf Blickparameter wesentlich geringer als in Experiment 3 und beschränkte sich weitgehend auf die alleinige Blickübertragung: Die kombinierte Blickübertragung unterschied sich im Anteil langer Fixationen nicht signifikant den beiden Bedingungen ohne Blickfeedback und in den Verweildauern nur von der Mausübertragung. Unterschiede zwischen alleiniger und kombinierter Blickübertragung waren dagegen stets signifikant. Bei kombinierter Blickübertragung ähnelte das Blickverhalten also eher dem aus einer Situation, in welcher der Blick keine kommunikative Funktion inne hat. Diese Daten suggerieren, dass Personen der

kommunikativen Verwendung des Blickes in dieser Aufgabe wenig Bedeutung einräumen, wenn es sich vermeiden lässt. Stehen andere Kommunikationsmittel zur Verfügung, so wird der Blick nicht mehr oder nur noch wenig modifiziert, um ihn für den Partner verständlich zu machen. Damit bestätigen die Daten den bereits in Experiment 3 vorhandenen Trend, der hier jedoch wesentlich deutlicher zum Vorschein kommt.

Warum wird der Blick in Experiment 4 kaum noch als verlässliches Mittel zur Kommunikation angesehen? Dies könnte ganz einfach dadurch erklärt werden, dass eine Zusammenarbeit weniger effektiv ist, wenn der Experte ohnehin kein zusätzliches Wissen besitzt. Die negative Korrelation der Lösungszeit mit der Kopplung der Aufmerksamkeits- und Handlungsfoki beider Partner widerlegen diese Annahme: Puzzles können schneller gelöst werden, wenn Experte und Novize zusammenarbeiten. Der gezielte Einsatz des Blickes scheint eher durch die Natur der Aufgabe an sich erschwert zu sein. Evidenz dafür findet sich im Vergleich der Fixationsdauerverteilungen mit denen der beiden Kooperationsbedingungen aus Experiment 3 (Instruktion und Autonomie). In Experiment 4 (Symmetrie) entstanden höhere Anteile mittellanger Fixationen (250-500 ms), wohingegen in beiden Bedingungen aus Experiment 3 mehr lange Fixationen über 500 ms gemacht wurden (siehe Abbildung 30). Instruktion und Autonomie unterschieden sich kaum voneinander, aber beide waren deutlich verschieden von der Symmetriebedingung in Experiment 4. Dieses Muster ist in allen Kommunikationsstilen zu finden, wenngleich es bei Blickübertragung stärker ausgeprägt ist.

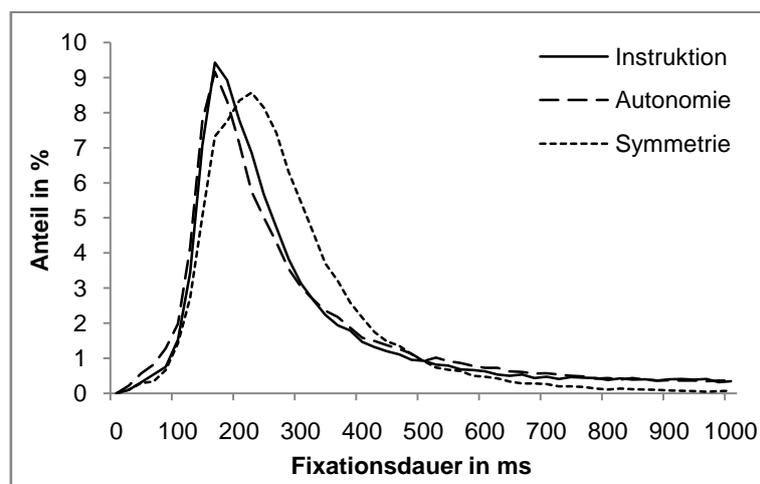


Abbildung 30. Fixationsdauerverteilung in den Kooperationsbedingungen Instruktion und Autonomie (Experiment 3) sowie Symmetrie (Experiment 4).

Diese Häufung mittellanger Fixationen kann dahingehend interpretiert werden, dass in Experiment 4 eine hohe Notwendigkeit zur identitätsbezogenen Verarbeitung von Bildinhalten bestand. Weil Koordinatenbeschriftungen nicht gezeigt wurden und das Puzzle sehr schwierig war, wurde eine genaue Analyse visueller Details notwendig, die wiederum mit höheren Fixationsdauern einhergeht (z.B. Velichkovsky, 2002; Velichkovsky, et al., 2005). Die Fixationsdauer hing hier also stark mit Prozessen der detaillierten Verarbeitung von Identitätsinformation zusammen. Diese waren natürlich auch dann nötig, wenn der Blick als Kommunikationsmittel übertragen wurde. Folglich wurde seine Zeigefunktion weniger eindeutig, weil mehr kommunikativ irrelevante Fixationen entstanden, die lang und damit schwer von relevanten Fixationen abgrenzbar waren.

In den Sakkadenamplituden zeigte sich eine ähnliche Tendenz: Im Gegensatz zu den beiden Kooperationsbedingungen aus Experiment 3 entstanden in Experiment 4 weniger sehr kurze Sakkaden unter 1° , mehr mittellange Sakkaden von $1-4^\circ$ und weniger längere Sakkaden von $4-6^\circ$ (siehe Abbildung 31). Diese Unterschiede sind dadurch zu erklären, dass Experten nicht mehr nur auf die Mitte des Teils schauten oder zwischen Teilmitten wechselten, sondern sich im gesamten Bereich eines Puzzleteils bewegten. Die Zuordnung einer Fixation zu einem bestimmten Teil kann für den Novizen somit weniger eindeutig werden, wenn dieses nahe am Rand fixiert wird. In diesem Falle muss er nicht mehr nur entscheiden, ob der Blick als Zeigegeste zu interpretieren ist, sondern auch auf welches Teil er sich beziehen könnte. Wie schon die Fixationsdauern, so sind in dieser Aufgabe also auch Sakkaden stärker in Prozesse der Verarbeitung visueller Informationen eingebunden. Eine Interpretation des Blickes und damit eine intentional-kommunikative Nutzung werden erschwert.

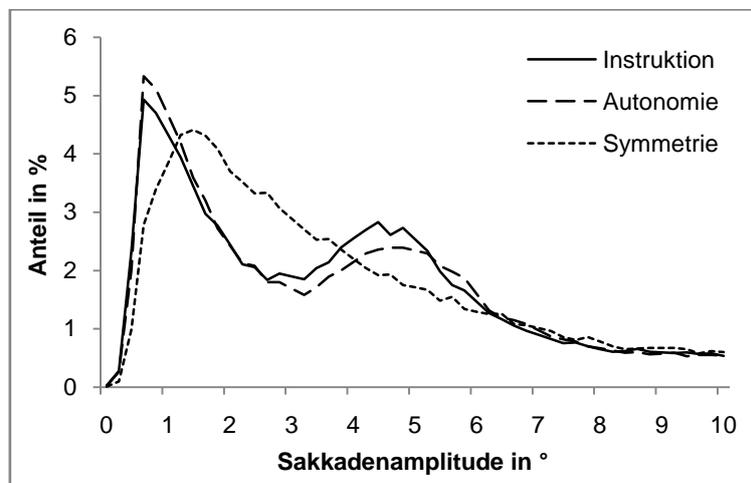


Abbildung 31. Verteilungen der Sakkadenamplituden in den Bedingungen Instruktion, Autonomie und Symmetrie.

Veränderungen im Kommunikationsprozess wurden in Experiment 4 auch anhand der Sprachdaten deutlich. Im Gegensatz zu Experiment 3 sprachen alle Versuchspersonen und es zeigte sich kein Unterschied in den Wortanzahlen von Experten und Novizen. Fragte man die Teilnehmer, wann sie die Sprache als hilfreich empfanden, so wurde neben der Absprache von Strategien vor allem die Disambiguierung unverständlicher Cursorgesten, die Korrektur von Missverständnissen und das Geben von Feedback genannt. Die Wortanzahlen waren in der rein sprachlichen Kommunikation am höchsten und unterschieden sich nicht zwischen den kombinierten Kommunikationsstilen. Bis auf die höhere Symmetrie in den Sprachanteilen beider Partner sind die Ergebnisse also mit denen aus Experiment 3 vergleichbar.

In der semantischen Funktion verbaler Äußerungen im Dialog zeigten sich insgesamt keine Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen. Die Gesamtanteile von Anweisungen, Informationen, Feedback und Fragen hingen also nicht davon ab, ob der Blick übertragen wurde oder nicht. Dieser Unterschied zu Experiment 3 ist jedoch leicht zu erklären, wenn man beachtet, dass Novizen dort insgesamt kaum gesprochen hatten. Der Effekt war dort also fast ausschließlich durch Experten zustande gekommen. Auch hier entstanden vergleichbare Ergebnisse, wenn man die Analyse nur über Experten rechnete: Wenn diese mit der Maus zeigten, gaben sie am wenigsten verbales Feedback, während sich

die anderen beiden Kommunikationsstile wie schon in Experiment 3 nicht unterschieden. Blickübertragung konnte eine direkte, nonverbale Klärung also weniger gut leisten als die Maus und machte somit ein höheres Maß an verbaler Absicherung nötig. Dies steht im Einklang mit den Novizenratings, die den Blickcursor selbst in Kombination mit Sprache als schwerer verständlich einschätzten als den Mauscursor.

Die Spezifität verbaler Objektreferenzen wies hingegen durchaus Vorteile von Blickübertragung gegenüber Sprache auf. Es wurden weniger umständliche, spezifische Beschreibungen produziert, zugunsten von unspezifischen oder deiktischen Verweisen. Dennoch war wie bereits in Experiment 3 der Anteil spezifischer Äußerungen höher als bei Verwendung der Maus. Wie bereits in den inhaltlichen Äußerungskategorien zeigte sich auch in der Spezifität, dass Unterschiede zwischen den Kommunikationsstilen allein auf Experten zurückgingen. Die Sprache der Novizen war weder inhaltlich noch formal davon abhängig, ob ein (Blick-)Cursor übertragen wurde. Dies ist besonders in Experiment 4 bemerkenswert, wo die Novizensprache in quantitativer Hinsicht mit der von Experten vergleichbar war. Wenn es der Novize ist, den ein unverständliches Kommunikationsmittel in seiner Handlung beeinträchtigt, sollte dann nicht auch er es sein, der besonderen Aufwand zur Vermeidung von Missverständnissen betreibt? Außerdem waren in Studien zur Visualisierung gemeinsamer Arbeitsobjekte durchaus Veränderungen in den Äußerungen von Novizen beobachtet worden, während Experten eher unbeeinflusst blieben (Kraut, et al., 2002). Wie ist dieser scheinbar paradoxe Effekt zu erklären?

Sprachunterschiede können damit zusammenhängen, wer für Mehrdeutigkeiten in der kommunikativen Situation verantwortlich ist. Beim Herstellen einer gemeinsamen Wissensbasis liegt die Verantwortung für das richtige Verständnis einer Äußerung nicht nur beim Rezipienten, der im Zweifelsfall nachfragen muss. Anstatt dessen sorgen auch Produzenten aktiv dafür, sich so gut wie möglich verständlich zu machen (Clark & Brennan, 1991) und Sprecher passen ihre Äußerungen besonders dann an die Bedürfnisse des Zuhörers an, wenn dessen Verständnis gefährdet ist (Horton & Gerrig, 2005). Entsprechend versuchen Verursacher von Mehrdeutigkeiten, diese zu beseitigen, indem sie zum Beispiel die referentielle Form (konkrete Benennung von Objekten oder unspezifischer Verweis) so wählen, dass die Identifikation des Referenten erleichtert wird (Chafe, 1994). In Studien zur visuellen Darstellung von Arbeitsobjekten ist der Verursacher von Mehrdeutigkeiten der Novize, von dem die Last der Beschreibung all seiner Handlungen durch die Visualisierung genommen wird. In den Puzzleexperimenten ist der Verursacher hingegen der Experte, dessen kommunikative Möglichkeiten variiert werden. Er ist es, von dem die Last des Beschreibens genommen wird, wenn sein Blick oder seine Maus übertragen werden. Dem Novizen hingegen standen stets die gleichen Verständigungsmöglichkeiten zur Verfügung, was das Ausbleiben von Unterschieden in seinen verbalen Äußerungen erklären könnte.

Zusammengenommen zeigen die Ergebnisse aus Experiment 4, dass Schwierigkeiten in der Benutzung von Blickfeedback entstanden, wenn der Experte die Lösung nicht kannte und selbst nach passenden Teilen suchen musste. Dies war vor allem dann der Fall, wenn der Blick als alleiniges Kommunikationsmittel zur Verfügung stand. Da ein hohes Maß an visueller Objektverarbeitung notwendig war, konnten Experten ihren Blick weniger gut intentional steuern und so einsetzen, dass eine Verwirrung des Novizen vermieden wurde. In Kombination mit Sprache war eine Blicknutzung zwar möglich, die geringere Eindeutigkeit musste aber durch erhöhten verbalen Koordinationsaufwand ausgeglichen werden.

3.2.3 Gesamtdiskussion zum kooperativen Puzzeln

Die Übertragung von Blickbewegungen eines Experten kann verglichen mit einer rein verbalen Kommunikation zu besseren Leistungen beim gemeinsamen Puzzeln führen. Dabei können relevante Objekte mithilfe des Blickcursors direkt gezeigt werden, anstatt umständliche verbale Beschreibungen notwendig zu machen. Im Vergleich zum Zeigen mit der Maus führt Blickübertragung zu ähnlichen Leistungen bei erhöhtem kommunikativem Aufwand. Blickübertragung kann vor allem in hoch strukturierten Situationen eingesetzt werden, führt aber zu Problemen, wenn der Blick verstärkt Suchprozesse des Experten reflektiert. Was sagen diese Ergebnisse über die Verwendbarkeit von Blickübertragung und deren Einfluss auf kooperative Prozesse? In den folgenden Abschnitten wird diskutiert, wie Blickübertragung zur Erstellung einer gemeinsamen Wissensbasis herangezogen werden kann und welche Rolle die Kombination von Blick- und Sprachinformation dabei spielt. Die Verwendbarkeit des Blickes zum intentionalen Zeigen und die damit verbundenen Veränderungen von Blickparametern werden mit den Merkmalen der kooperativen Situation in Bezug gesetzt. Anschließend wird die Übertragung von Blick und Maus einem kritischen Vergleich unterzogen und es wird analysiert, worauf Unterschiede in der Kommunikation unter Verwendung beider Cursortypen zurückzuführen sind. Die Diskussion schließt mit einer Erörterung der Frage, inwiefern Probleme des Zeigens mit dem Blick durch technische Modifikationen reduzierbar sein könnten und warum der Fokus noch stärker auf die Merkmale der Aufgabe gelegt werden muss.

Blickübertragung und kommunikative Prozesse

Wie wird die Kommunikation zwischen Kooperationspartnern beim gemeinsamen Lösen einer Aufgabe durch eine Übertragung des Partnerblickes verändert? In der Vergangenheit wurde beobachtet, dass sich visuelle Information über die Handlungen und Aufmerksamkeit des Partners in einer höheren Effektivität kooperativer Dialoge niederschlagen können (Doherty-Sneddon, et al., 1997; Monk & Gale, 2002). Mit einem geringeren Aufwand werden vergleichbare Ergebnisse erzielt, wenn eine gemeinsame Wissensbasis auf direktem Wege unter Einbeziehung der visuellen Umgebung hergestellt werden kann. Im folgenden Abschnitt wird argumentiert, dass Blickfeedback einen ähnlichen Effekt hatte.

Das Puzzleparadigma baut auf einer Arbeitsplatzvisualisierung auf, die in allen Kommunikationsstilen gleichermaßen vorhanden war. Die Handlungen des Novizen (Anklicken und Verschieben) waren stets in Echtzeit sichtbar. Da das Anklicken als eine Form des Zeigens verstanden werden kann und das Platzieren von Objekten oft sogar noch eindeutiger Objektinformation liefert (Clark, 2003), waren zwei hochgradig informative lokalisierende Gesten verfügbar. Von Novizenseite konnte somit präzise, nonverbale Evidenz in allen experimentellen Bedingungen gegeben werden. Auch der Experte war zu einer effizienten Kommunikation in der Lage, weil die sprachliche Verständigung infolge der systematischen Anordnung der Teile mit nur minimalem Aufwand verbunden war. Umso mehr spricht es für die Potentiale von Blickfeedback, dass in Experiment 3 ein *zusätzlicher* Leistungsvorteil entstand.

Aber nicht nur die Leistung an sich wurde durch die Verfügbarkeit von Blickinformation gesteigert, sondern auch die Dialoge wurden vereinfacht. Durch die im Blick enthaltene Zeigeinformation konnten explizite, räumliche Bezüge hergestellt werden,

die wie in anderen Studien (z.B. Bangerter, 2004; Monk & Gale, 2002; Neider, et al., 2010; Velichkovsky, 1995) eine quantitative Verringerung der verbalen Interaktion nach sich zogen. Sprache konnte für solche Situationen reserviert werden, in denen Missverständnisse entstanden oder Unklarheiten aufgelöst werden mussten (siehe auch Kraut, et al., 2002).

Im Gegensatz zur Sprachmenge stand allerdings der Inhalt verbaler Interaktionen. Der Anteil verbalen Feedbacks unterschied sich nicht von dem bei reiner Sprachkommunikation. Der Blick des Partners führte also offenbar nicht dazu, dass eine verbale Absicherung des Verständnisses überflüssig wurde, während die Mausübertragung diesen Effekt durchaus hatte. Dieses Ausbleiben eines Effektes könnte anhand der Rolle nonverbaler Evidenz zur Koordination gemeinsamer Handlungen erklärt werden, die durch das Initiieren des nächsten Handlungsschrittes gegeben werden kann (Clark & Brennan, 1991). Im Puzzle liefert der Experte dieses nonverbale Feedback, indem er seinen Cursor auf die nächste Position verschiebt. Zwar ist dies für beide Formen der Cursorübertragung möglich, kann aber nur im Falle der Maus eindeutig als Handlung im engeren Sinne gewertet werden. Blicksprünge hingegen können auch innerhalb einer noch stets laufenden Handlungseinheit zu beobachten sein und bestätigen somit nicht notwendigerweise die Richtigkeit der Aktion des Novizen. Eine zusätzliche verbale Absicherung wird notwendig.

Die Form referenzieller Äußerungen wurde durch Blickübertragung hingegen deutlich verändert: Experten produzierten weniger spezifische und mehr unspezifische oder deiktische Referenzen als bei alleiniger Sprachübertragung. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit früheren Blickübertragungsstudien (Neider, et al., 2010; Velichkovsky, 1995) und anderen Paradigmen zur Wirkung visuell-räumlicher Indikatoren (z.B. Cherubini, et al., 2010). Generell neigen Sprecher beim Verweisen auf Objekte zur Verwendung unklar spezifizierter Äußerungen, wenn die referentielle Domäne auf andere Weise begrenzt wird (Tanenhaus, Chambers, & Hanna, 2004). Offenbar bot die Verwendung des Blickcursors in Verbindung mit verbalen Objektreferenzen genügend Klarheit, um eine solche Begrenzung zu erlauben.

Selbst wenn diese Kombination mit Sprachäußerungen bei alleiniger Übertragung des Blickes nicht möglich war, konnte Blickinformation in Experiment 3 genutzt werden, nicht aber in Experiment 4. Dieser Unterschied wirft die Frage nach der Rolle von Sprache in der blickgestützten Interaktion auf. Kürzlich erschienene Studien zur Übertragung des Partnerblickes während der gemeinsamen visuellen Suche argumentierten sehr optimistisch, dass schon der Blick allein ein intuitiv verständliches Medium sei (Brennan, et al., 2008; Neider, et al., 2010). Sprache führe vor allem zu koordinativen Kosten (Brennan, et al., 2008) und nehme in Verbindung mit Blickfeedback bestenfalls eine alarmierende Funktion ein, um die Aufmerksamkeit des Partners anzuziehen (Neider, et al., 2010). Beide Studien waren jedoch nicht im engeren Sinne kooperativ (vgl. Kapitel 1.4.3) und aus Arbeiten zur Wechselwirkung deiktischer Gesten und verbaler Äußerungen ist bekannt, dass beide Medien komplementäre Rollen erfüllen, um verschiedene Aspekte einer Nachricht zu kommunizieren (Bangerter, 2004). Wodurch wird bestimmt, ob der Partnerblick allein zur Herstellung einer gemeinsamen Wissensbasis genutzt werden kann oder ob Sprache notwendig ist?

Die bisherigen Befunde deuten an, dass die Anwendbarkeit alleiniger Blickübertragung davon abhängt, in welchem Maße alternative Handlungen verfügbar und verschiedene Interpretationen des Blickcursors möglich sind. Die Handlungsalternativen wurden in den Puzzleexperimenten in Form der Autonomievariation und im Vergleich zwischen vorhandenem und nicht vorhandenem Expertenwissen manipuliert. Im ersten Falle entstanden

unterschiedlich eindeutige Situationen dadurch, dass der Handlungsverlauf in verschiedenem Grade einem bestimmten, sich wiederholenden Schema folgte (der Experte gibt eine Anweisung, der Novize reagiert). Im zweiten Falle hingegen wurde die Handlung des Experten variabler, weil dieser nicht mehr hauptsächlich zeigen, sondern vor allem selbst suchen musste. Beide Manipulationen führten dazu, dass der Grad an Klarheit über die Cursorbedeutung variierte und beide wirkten sich auf die Nutzbarkeit alleiniger Blickübertragung aus: Im Gegensatz zu den anderen Kommunikationsstilen zeigte sie keine Autonomievorteile und konnte in Experiment 4 von den Novizen nur schwer verstanden werden.

In entsprechender Weise variierte die tatsächliche Nutzung von Sprache in der mit Blick kombinierten Übertragung zwischen den drei Interaktivitätsgraden der kooperativen Situation. Während in Instruktion zahlreiche Versuchspersonen auf Sprache verzichteten, taten dies in Autonomie nur noch wenige und in der symmetrischen Bedingung (Experiment 4) keine einzige. Dies ist unmittelbar einleuchtend, wenn man die Übertragung des Blickcursors als eine Art Zeigegeste begreift, deren Interpretierbarkeit maßgeblich von der gemeinsamen Wissensbasis der Partner abhängt (Tomasello, 2008). Ist dieses Wissen bereits in hohem Maße durch die Aufgabe vordefiniert, wird ein besseres Verständnis von Partnerhandlungen möglich (Sebanz, Bekkering, et al., 2006). Entsprechend ist auch der Blick des Partners einfacher zu interpretieren, wenn die Aufgabe seine Bedeutung bereits hochgradig festlegt. Ein zeigender Blick kann leichter als solcher erkannt werden, wenn beide Partner wissen, dass der Experte nicht suchen muss, sondern die korrekte Position zeigt und der Novize dieser Geste folgen wird. Je strukturierter und klarer die Aufgabe ist, desto weniger eindeutig muss ein Kommunikationsmittel sein und der Blick allein reicht aus. In weniger eng definierten Aufgaben dagegen ist eine zusätzliche Disambiguierung durch Sprache nötig und die Redundanz beider Kommunikationsmittel wirkt sich positiv aus. Entsprechend fanden sich in den Sprachdaten aus Experiment 4 die höchsten Anteile klärender verbaler Äußerungen wie Informationen, Feedback und Fragen. Der Nutzen zusätzlicher Sprache hängt also davon ab, wie wahrscheinlich Unklarheiten und Missverständnisse in einer gegebenen Situation sind.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Blickübertragung gegenüber einer reinen Sprachkommunikation dazu führen kann, dass Aufgaben schneller, fehlerfreier und mit geringerem Kommunikationsaufwand gelöst werden. Die Verwendbarkeit von Blickfeedback variiert dabei mit der Eindeutigkeit der kommunikativen Situation.

Blickparameter in Abhängigkeit von Kommunikationsstil und Aufgabe

Der Blick des Partners kann kommunikativ relevante Inhalte übermitteln. Zu diesem Zwecke können Personen Parameter ihrer Blickbewegungen kontrollieren, um eine Verwirrung des Empfängers zu vermeiden. Dabei fixieren und verweilen sie länger auf enger umgrenzten Bereichen (siehe Experimente 1 und 2), was auch im Puzzleparadigma nachgewiesen werden konnte (Experiment 3). In Experiment 4 jedoch führte die alleinige Blickübertragung zu eher geringen und die kombinierte Blickübertragung zu überhaupt keinen statistisch nachweisbaren Veränderungen im Blickverhalten. Diese Abwesenheit eines Effektes steht im Gegensatz zu Ergebnissen von Velichkovsky (1995), der kombinierte Blick- und Sprachübertragung verwendete und höhere Anteile von Fixationen über 500 Millisekunden fand. Wie kann diese Diskrepanz erklärt werden, zumal die Abwesenheit von Koordinatenbeschriftungen in Experiment 4 dieses rein oberflächlich ähnlicher zur Studie von Velichkovsky machte?

Die Experimente unterschieden sich in einem zentralen Aspekt, der die Parameter von Blickbewegungen beeinflussen kann: der Erfahrung des Experten mit dem Stimulusmaterial. Während diese in Experiment 4 nur aus der Bildvorschau und gegebenenfalls aus den vorangegangenen Blöcken bestand, hatten Velichkovskys Experten ein sechsstündiges Training absolviert. Damit ist anzunehmen, dass ein Erkennen von Zielpositionen stark auf Prozessen des Langzeitgedächtnisabrufes basierte. In diesem Fall müssten die Teile nicht mehr ausführlich visuell inspiziert, sondern vor allem lokalisiert werden. Dadurch ist die von Velichkovsky verwendete Aufgabe in wesentlichen Aspekten sogar ähnlicher zu Experiment 3 als zu Experiment 4, weil beide stärker auf dem Erkennen von Positionen anstelle von detaillierten Objektmerkmalen aufbauen. Somit könnte erklärt werden, warum die kommunikative Intention sich in ersteren beiden Studien stärker auf die Eigenschaften von Blickbewegungen auswirken konnte, während Blickparameter in Experiment 4 vor allem durch die Suchaktivitäten des Experten bestimmt waren.

Weiterhin unterscheiden sich die Experimente 3 und 4 in ihren Anforderungen an die sprachliche Kommunikation, die ihrerseits Blickbewegungen verändern kann. In Experiment 4 fand nicht nur quantitativ mehr sprachliche Interaktion statt, sondern auch die Notwendigkeit zur präverbalen Verarbeitung war höher: Auf jedem einzelnen Puzzleteil waren ähnlich aussehende Fische abgebildet, so dass die Teile nur schwer verbal zu unterscheiden waren. Fixationsdauern steigen jedoch schon allein dadurch an, dass über betrachtete Bildinhalte gesprochen wird (Holsanova, 2008) und Objekte werden umso länger fixiert, je schwerer ihre verbale Identifikation fällt (Griffin, 2001). Beide Faktoren lassen eine Verlängerung der Fixationsdauer erwarten, die nicht spezifisch mit dem Zeigen durch Blickbewegungen zusammenhängt.

Die Unterschiede im Blickverhalten zwischen den Experimenten werden deshalb so ausführlich behandelt, weil sie Folgendes verdeutlichen: Eine Verwendung des Blickes zum Zeigen ist nur dann eindeutig und hilfreich, wenn der Zeigende auch weiß, was er zeigen soll. Muss er nicht nur Positionen suchen, sondern in einem aufwändigen Prozess Objektdetails identifizieren, so unterscheiden sich seine Zeigeblicke kaum noch von denen zur restlichen Bearbeitung der Aufgabe. Der Einfluss von Prozessen der Informationsverarbeitung auf das Blickverhalten nimmt überhand, wohingegen der Einfluss der Zeigeintention kaum noch ins Gewicht fällt. Aus dem übertragenen Blickcursor kann der Novize nicht mehr schließen, ob der Experte ihm etwas mitteilen möchte oder das Teil nur inspiziert. Eine bewusste, kommunikative Anpassung des Blickes zur Verdeutlichung der kommunikativen Intention kann also nur dann geleistet werden, wenn die Anforderungen der Aufgabe an die visuelle Verarbeitung nicht zu hoch sind.

Blick und Maus im Vergleich – Inhalts- und Formaspekte des Zeigens

Blickübertragung kann zwar einen Mehrnutzen gegenüber der rein verbalen Interaktion mit sich bringen, aber im kritischeren Vergleich mit der Mausübertragung zeigten sich keinerlei Blickvorteile. Dies steht zum Teil im Gegensatz zu einigen Studien, in denen Blick und Maus im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion verglichen wurden (Ware & Mikaelian, 1987). Trotz inkonsistenter Befundlage und einer erhöhten Fehlertendenz für Blickinteraktion wurden in manchen Arbeiten Blickvorteile berichtet (z.B. Sibert & Jacob, 2000; Vertegaal, 2008). Warum konnte in den Puzzleexperimenten kein Mehrwert des Blickes gefunden werden, liefert dieser doch viel detailliertere und schnellere Informationen als die Maus?

So aufschlussreich die Erkenntnisse aus der Mensch-Computer-Interaktion auch sein können, so unterscheiden sie sich doch in wesentlichen Punkten von der technisch medierten Kommunikation. Probleme der Blicksteuerung, die bereits in der Interaktion mit Computern auftreten, können in der Kommunikation zwischen Menschen sogar noch verstärkt werden. Eines dieser Probleme betrifft die Auswahl relevanter Blickinstanzen. Maschinen können konkrete Kriterien setzen, ab wann eine Fixation aktionsauslösend sein soll (wenngleich auch dies nicht unproblematisch ist, vgl. Kapitel 1.4.1). In der Kommunikation zwischen Menschen ist diese Eindeutigkeit nicht gegeben. Während ein Computer zum Beispiel alle Fixationen unter 500 Millisekunden ignorieren kann, haben menschliche Betrachter Schwierigkeiten bei der Bestimmung der kommunikativen Relevanz des Blickes. Damit sollte die Nutzung von Blickfeedback auch schwieriger zu erlernen sein, weil das Fehlen fester Schwellen kein konstantes Feedback erlaubt: Interpretiert ein Partner in einigen Durchgängen Fixationen mit einer Dauer von 400 Millisekunden als Zeigegeste, während er auf andere Fixationen von 700 Millisekunden noch immer nicht reagiert, wird dem blickproduzierenden Partner eine kommunikative Anpassung seines Blickes an die Bedürfnisse des Empfängers erschwert. Dies wiederum kann auch auf den Empfänger selbst zurückwirken: Variieren kommunikativ relevante Fixationen stark in ihrer Länge, so wird deren Erkennung und Abgrenzung von sonstigem Blickverhalten erschwert. Analog zum Midas Touch Problem in der Blicksteuerung (Jacob, 1991) weiß der beobachtende Partner nicht, welche Anteile des Blickverhaltens ihm gelten sollen.

In den Ergebnissen der Puzzleexperimente finden sich zahlreiche Hinweise dafür, dass das Ausbleiben von Blickvorteilen gegenüber der Maus auf genau diese Schwierigkeiten bei der Interpretation des Blickes rückführbar ist. Die Unterschiede zwischen Blick und Maus in der Reaktion auf den Cursor wurden bereits in der Diskussion zu Experiment 3 ausführlich dargelegt und mit einer Abschätzung der Kosten für Fehlinterpretationen in Zusammenhang gebracht. Auch in den subjektiven Daten zeigte sich, dass der Blickcursor als weniger eindeutig erlebt wurde als der Mauscursor. Die wohl wichtigste Evidenz stammt jedoch aus den Analysen zur Auswahl der referentiellen Form im Sinne der Spezifität verbaler Objektbeschreibungen. Während bei Verwendung der Maus mehr unspezifische als spezifische Referenzäußerungen produziert wurden, unterschieden sich die Anteile bei Blickübertragung nicht. Was genau hat dieser über alle Kooperationsbedingungen hinweg konsistent auftretende Befund mit der Interpretierbarkeit von Blickfeedback zu tun?

Aus linguistischen Studien ist bekannt, dass die referentielle Form sensitiv für Effekte des Kontextes ist (Chafe, 1976). Objekte können mittels Substantiven oder konkreten Beschreibungen entweder explizit benannt (z.B. „*das obere Feld*“) oder durch Pronomen unspezifisch bezeichnet werden (z.B. „*es*“, „*dieses*“). Während im ersten Fall aus der verbalen Beschreibung selbst eindeutig hervorgeht, wer oder was gemeint ist, kann dies im zweiten Fall nur aus dem Zusammenhang geschlossen werden. Das ist aber nur dann möglich, wenn der Referent (also das bezeichnete Objekt) im entsprechenden Kontext eine hohe Salienz besitzt. Die Verwendung unspezifischer Referenzen steigt also in dem Maße, in dem der Kontext den Referenten disambiguiert (Ariel, 1990; Chafe, 1994). Verweist man auf den einzigen Mann in einer Gruppe von Frauen, so ist die Bezeichnung „*er*“ eindeutig. Verweist man im gleichen Kontext auf eine Frau, so reicht die Bezeichnung „*sie*“ nicht aus, es sei denn aus anderen Informationen (z.B. dem vorangegangenen Gespräch) geht klar hervor, dass nur eine bestimmte Frau gemeint sein kann.

Aus dem linguistischen Kontext einer Objektbenennung kann mit hoher Genauigkeit vorhergesagt werden, welche Form der Referenz gewählt wird (Kibrik, Dobrov, Loukachevitch, & Zalmanov, 2010). Aber nicht nur der linguistische, sondern auch der visuelle Kontext kann die referentielle Form bestimmen (Ferreira, et al., 2005). Der wesentliche Mechanismus liegt auch hier in der Vermeidung von Mehrdeutigkeiten. Dennoch beeinflussen selbst bei eindeutigen Referenten auch die anderen Objekte in einer Szene, welche Referenz gewählt wird (Fukumura, van Gompel, & Pickering, 2010). Insgesamt zeigt sich also, dass die Wahl der referentiellen Form dadurch bestimmt wird, wie eindeutig der Kontext festlegt, auf welches Objekt sich der Sprecher bezieht. Je höher diese kontextuelle Determination, desto weniger muss durch präzise sprachliche Beschreibungen Klarheit geschaffen werden.

Dieses Erklärungsmodell lässt sich auch auf die Äußerungsspezifitäten im Puzzle anwenden. Bei Verwendung von Mausbewegungen ist aufgrund ihrer hochgradig intentionalen Natur klar, dass der Cursor ein Zeigen reflektiert. In der begleitenden sprachlichen Kommunikation kann der Experte demzufolge auf eine zusätzliche Klärung verzichten. Verweilt der Mauscursor auf einem Teil und der Experte sagt „das da“, so wird unmittelbar deutlich, dass er genau dieses Teil meint. Blickübertragung ist dagegen weniger eindeutig. Da der Blick nicht immer ein Zeigen symbolisiert, wird der Referent (das zu bezeichnende Puzzleteil) weniger salient im Kontext des Puzzles, über das der Cursors springt. Alternativ könnte der ausschlaggebende Faktor auch eine geringere Sicherheit über die positionale Genauigkeit von Cursorgesten sein, weil der Experte kein Feedback über seine eigene Blickcursorposition bekam. Beide Möglichkeiten passen zu der Annahme, dass die referentielle Form von Äußerungen strategisch gewählt wird, um Mehrdeutigkeiten zu vermeiden. Personen behandeln nur diejenigen Objekte linguistisch als gegeben, die Teil der gemeinsamen Wissensbasis sind – also die, von denen sie wissen, dass auch der Partner von ihnen weiß (Hanna, et al., 2003). Wenn unklar ist, ob der Partner den Cursor versteht, müssen Objekte deshalb genauer beschrieben werden. Ist die Cursorintention hingegen klar, wird auf spezifische Referenzen verzichtet, um die Arbeitsgedächtnisbelastung zu reduzieren (Almor, 1999) und den gemeinsamen Aufwand gering zu halten (Clark & Wilkes-Gibbs, 1986). Der Unterschied in den sprachlichen Äußerungen zwischen Blick und Maus weist also darauf hin, dass Blickinformation als weniger eindeutig erlebt wird.

Probleme beim Zeigen mit dem Blick – optimierbar oder inhärent?

Der letzte Abschnitt behandelt die Frage, inwiefern Probleme der Blickübertragung durch technische Hilfsmittel verbessert oder sogar behoben werden können. Dieses Thema wird am Ende dieser Dissertation erneut aufgegriffen. Da sich die folgende Diskussion jedoch speziell auf die Verwendung des Blickes zum intentionalen Zeigen bezieht und dieses Gebiet mit Abschluss der Puzzlestudie verlassen werden soll, wurde dennoch eine Teilung des Themenbereiches zur Optimierung von Blickfeedback gewählt.

Wie die bisherige Diskussion zeigte, bestand eines der wesentlichen Probleme der Rückmeldung zeigenden Blickverhaltens im Puzzleparadigma in einer Art Midas Touch Problem (Jacob, 1991; Velichkovsky, Sprenger, & Unema, 1997): Novizen konnten nur schwer zwischen suchenden und zeigenden Expertenblicken unterscheiden. Im Gegensatz zur Maus, die bei Bedarf zur Seite gelegt werden kann, sind Blickbewegungen allgegenwärtig und beinhalten sowohl kommunikativ nützliche als auch irrelevante Informationen. Ein

weiteres Problem lag in der starken Aufmerksamkeitsbindung durch den Blickcursor. Die kontinuierliche Übertragung sämtlicher Blickbewegungen kann den Empfänger von eigenen Handlungen und Zielen ablenken, wenn ein zumindest teilautonomes Handeln erforderlich ist. Tatsächlich berichteten mehrere Novizen in der Autonomiebedingung aus Experiment 3, dass sie angesichts des kaum ignorierbaren Blickcursors auf selbständiges Handeln verzichtet hätten und ihm blind gefolgt seien. Bestätigt wird dies durch die Kopplung von Expertenblick und Novizenhandlung bei Blickübertragung, die zwischen beiden Kooperationsbedingungen vergleichbar war. Personen zeigen also eine Tendenz, den Blickcursor des Partners ständig zu beachten, teilweise selbst ohne dies zu wollen (siehe auch Ohno, 2005).

Bewegungssignale und visuelle Onsets ziehen die Aufmerksamkeit reflexiv auf sich (Pannasch, et al., 2001; Theeuwes, et al., 1998). Selbst wenn ein Betrachter einen bestimmten Anteil des Blickverhaltens als irrelevant eingestuft hat, sollte es ihm also schwer fallen, die kontinuierlich präsente aber hochgradig variable und unvorhersagbare Cursorbewegung zu ignorieren. Besonders problematisch wird dies in Aufgaben, in denen die Relevanz des Partnerblickes von Augenblick zu Augenblick variiert. Ist zum Beispiel nur ein intentionales Zeigen von Bedeutung, das Suchverhalten aber hingegen irrelevant, so verändert sich die Cursorbedeutung in kürzesten Zeitabständen von kompletter Irrelevanz zu hochgradiger Relevanz. Der Novize muss den Cursor also ignorieren und trotzdem gleichzeitig auf potentiell bedeutsame Ereignisse überwachen, die im nächsten Moment wieder kritisch für ein erfolgreiches Handeln sein können. Eine solche Hintergrundüberwachung zu ignorierender Aufgabendimensionen kann Probleme in der Bearbeitung der gesamten Aufgabe verursachen (Dreisbach & Goschke, 2008). So könnte nicht nur der Umgang mit dem Blickfeedback selbst, sondern der gesamte Lösungsprozess durch das periphere Beobachten des Blickcursors beeinträchtigt werden. Daher müssen Wege gefunden werden, um die Interpretierbarkeit von Blickfeedback zu verbessern und die automatische Aufmerksamkeitsbindung zu verringern.

Eine ganz einfache Form der Unterstützung besteht darin, dem Nutzer die Möglichkeit zum selbständigen Ein- und Ausschalten der Blickübertragung zu geben. Im Rahmen der blickgestützten Interaktion mit Computern wurde dies zum Beispiel durch eine Kombination von blickbasierter und manueller Steuerung ermöglicht (Vertegaal, 2008; Zhai, et al., 1999): Der Nutzer klickt die Maus, wenn am Blickort eine Aktion ausgelöst werden soll. Analog dazu könnten auch in der kommunikativen Verwendung motorische Handlungen genutzt werden, um die Übertragung des Blickes zu regulieren, zum Beispiel durch Veränderungen der Kopfposition (Ohno, 2005). Derartige Steuerungsmöglichkeiten erhöhen jedoch den Arbeitsaufwand des Nutzers, der spezielle Handlungen ausführen muss, um zwischen den Zuständen zu wechseln (Blickübertragung an oder aus). Kritischer ist jedoch die entstehende Doppelaufgabenbelastung: Neben der Bearbeitung der eigentlichen Aufgabe muss der Nutzer zusätzlich darauf achten, ob die Anzeige seiner Blicke gerade aktiviert ist und entscheiden, ob er dies für sinnvoll hält. Das selbständige An- und Abschalten empfiehlt sich also höchstens für längere Zeiträume, in denen Teilaufgaben von den Partnern selbständig zu bearbeiten sind. Die Feinkontrolle der Sichtbarkeit von Blickbewegungen im Sekundenbereich sollte nicht auf die Schultern der Anwender geladen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Cursor in Abhängigkeit von der Tätigkeit des Beobachters sichtbar zu machen. So zeigt zum Beispiel das *Online Collaboration Tool ‚Mikogo‘* (Boos & Zondler, 2007) Mausbewegungen des Partners nur dann an, wenn der Beobachter seine eigene Maus nicht bewegt, sondern lediglich beobachtend vor dem Monitor

sitzt. Allerdings birgt dieses System die Gefahr, dass auch relevante Informationen verloren gehen, wenn der zeigende Partner seine Aktivität nicht präzise auf die des Beobachters abstimmt. Derartige an die Handlung der Partner gekoppelte Anzeigeänderungen sind daher vorzugsweise in Aufgaben verwendbar, die kein kontinuierliches Handeln des Empfängers der Blickübertragung erfordern. Aber wie kann eine selektive Anzeige kommunikativ relevanter Zeigeinformation im Blickverhalten umgesetzt werden, ohne die Nutzer zu belasten oder einen Verlust relevanter Informationen zu riskieren?

Die Antwort liegt in den Blickbewegungen selbst. Eine intentional-kommunikative Verwendung von Blickbewegungen führt zu einer Veränderung von deren Parametern. Beim Zeigen mit dem Blick entstehen höhere Anteile langer Fixationen. Wenn genau diese Fixationen kommunikativ relevant sind, könnten sie selektiv an den Partner rückgemeldet werden. So wurden zum Beispiel beim Schreiben mit den Augen deutliche Steigerungen der Leistung erzielt, wenn einfach alle Fixationen unter 500 Millisekunden eliminiert wurden (Stampe & Reingold, 1993). Analog könnten auch in kommunikativen Anwendungen nur solche Blickbewegungen angezeigt werden, die wahrscheinlich kommunikative Intentionen verfolgen, so wie Fixationen oberhalb einer bestimmten Dauer. Auch andere Kriterien sind denkbar, wie zum Beispiel die selektive Übertragung von Fixationen, denen eine kurze Sakkade vorausging und die daher mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht der Lokalisation dienen (Velichkovsky, et al., 2005). Dabei stellt sich jedoch generell die Frage, welche Vorteile die Blickübertragung noch haben soll, wenn alle Informationen eliminiert werden, die den Blick vom rein intentionalen Zeigen mit der Maus unterscheiden.

Blickbewegungen veranschaulichen die Prozesse der visuellen Aufmerksamkeit des Partners. Allerdings konnte bisher kein einziger Hinweis darauf gefunden werden, dass sich diese Information unterstützend auf den kommunikativen Prozess auswirkte. Blickvorteile schienen anstatt dessen ausschließlich auf die Zeigewirkung des Blickes reduzierbar zu sein, während Aufmerksamkeitsinformation lediglich zu einer Verunsicherung und Ablenkung des Novizen führte. Bevor jedoch Schlussfolgerungen über die mangelnde Bedeutsamkeit dieser Information gezogen werden, muss man fragen, welche Vorteile in einer Aufgabe wie dem Puzzle überhaupt erwartet werden können. So vorteilhaft Puzzles und ähnliche räumliche Zeigaufgaben angesichts der Einfachheit in der experimentellen Umsetzung auch sind – die Aussagekraft und Generalisierbarkeit der Ergebnisse aus solchen Paradigmen ist beschränkt. Diese Einschränkungen gehen über das allgemeine Problem der externen Validität kontrollierter Laborexperimente hinaus und betreffen vor allem vier Punkte.

Das erste Problem liegt darin, dass Puzzles an sich *keine kooperativen Aufgaben* sind. Eine Lösung ist nicht ausschließlich über die Zusammenarbeit beider Partner zu erreichen. Die Aufgabenstruktur macht den Experten nicht zwingend notwendig und ein fähiger Novize könnte allein sogar schneller zur Lösung kommen. In diesem Zusammenhang kann angenommen werden, dass die Allgegenwärtigkeit des Blickcursors umso störender ist, je weniger der Novize diesen benötigt.

Der zweite Punkt betrifft die Puzzlehandlungen direkt: Beim gemeinsamen Puzzeln sind beinahe *ausschließlich Lokalisierungsprozesse* erforderlich. Es geht hauptsächlich um das Zeigen und Erkennen von Positionen. Manipulationen an Objekten müssen dagegen nicht vorgenommen werden und es sind keine inhaltlichen Entscheidungen zu treffen. Damit sind Puzzleaufgaben wenig komplex im Hinblick auf die Tiefe der Informationsverarbeitung, die Anforderungen an gemeinsame Handlungen und die Ansprüche an die Koordination beider

Partner. Welche Verarbeitungsprozesse, Strategien und Intentionen soll der Partnerblick in dieser Situation sichtbar machen?

Daran anschließend besteht das dritte Problem in der *mangelnden Bedeutsamkeit von Suchstrategien*. Die Teile sind zufällig angeordnet und das korrekte Positionieren hängt kaum von vorangegangenen oder nachfolgenden Lösungsschritten ab. Daher spielen im Blick reflektierte Suchstrategien und Wege zur Lösungsfindung wenn überhaupt nur eine verschwindend geringe Rolle. Relevant für den Novizen ist nur das Ergebnis, das der Experte ihm *nach* seinem Suchprozess anzeigt. Informationen über die visuelle Aufmerksamkeit des Partners helfen im Puzzle nur wenig und stellen eher einen Störfaktor dar.

Eng damit verbunden ist der vierte und vielleicht wichtigste Problembereich: Die Rolle des Blickfeedbacks im Puzzle beschränkt sich auf das intentionale *Zeigen von Positionen*. Aufgrund ihrer Doppelinformation sind Blickbewegungen nur bedingt zum Zeigen geeignet, wohingegen die Maus zu diesem Zwecke perfekt erscheint. Diese vier Aspekte machen die Verwendung von Puzzleaufgaben zur Untersuchung der Mechanismen einer Nutzung von Blickfeedback in der technisch medierten Kooperation problematisch. In der dritten Studie soll der Frage nachgegangen werden, ob es Aufgaben gibt, in denen charakteristische Eigenschaften von Blickbewegungen nicht Störfaktor sind, sondern genau diejenigen Informationen liefern, die der Partner braucht.

3.3 Blickbasiertes Verschieben des Sichtbereiches

Blickbewegungen sind ein schlechter Mausersatz. Zum Auswählen und Anzeigen von Objekten ist die Computermaus durch ihre intuitive Bedienung, die direkte Cursorsrückmeldung und die Effekte extensiver Übung hochgradig effizient. In ihrer Präzision und Schnelligkeit ist sie dem Zeigen mit Blicken nur minimal unterlegen und hat zudem den Vorteil, dass die Nutzerintention (z.B. Suchen versus Zeigen) für einen Partner eindeutig erkennbar ist. Lässt man außer Acht, dass die Anschaffungskosten einer Maus in keinem Verhältnis zum Kauf eines Eyetrackers stehen, so stellt sich die Frage, ob beim Lösen visuell-räumlicher Aufgaben überhaupt Vorteile von Blickfeedback gegenüber dem Mauszeigen erwartet werden können. Natürlich sind Situationen denkbar, in denen eine Nutzung der Hände zum manuellen Zeigen nicht möglich ist. Aber ist die Verwendung von Blickfeedback wirklich nur auf derart spezifische Bereiche beschränkt oder kann es sinnvoller genutzt werden, wenn sein Einsatz sich stärker an den Potentialen von Blickbewegungen orientiert? Eine Möglichkeit, dies experimentell zu testen, wird in der dritten Studie vorgestellt. Zuvor müssen jedoch einige theoretische Grundlagen gelegt werden. Im folgenden Abschnitt wird erörtert, wie Situationen aussehen müssten, in denen die Eigenschaften von Blickbewegungen nicht störend sondern vorteilhaft wirken können. Nachfolgend wird anhand einer Charakterisierung kooperativer Prozesse erläutert, wie und warum sich das Paradigma der dritten Studie von allen vorab verwendeten Aufgaben unterscheidet.

Die Potentiale von Blickbewegungen nutzen

Eine am Potential von Blickbewegungen orientierte Nutzung sollte da ansetzen, wo sich Blickinformation vom Mauszeigen unterscheidet. Mausbewegungen werden durch die Muskeln in Arm und Hand gesteuert und unterliegen damit weitestgehend der willentlichen Kontrolle durch den Benutzer. Er kann die Maus still halten oder sogar loslassen, so dass selbst in Anwesenheit von Handbewegungen nicht unbedingt eine Bewegung des Cursors entsteht. Somit wird nur genau das gezeigt, was der Nutzer auch tatsächlich zeigen will. Augenbewegungen dagegen stehen im unmittelbaren Zusammenhang zum Fokus der visuellen Aufmerksamkeit, der üblicherweise am Blickort liegt (Just & Carpenter, 1976). Der wesentliche Unterschied zwischen Blick und Maus besteht darin, dass Blickbewegungen in stärkerem Maße unbewusste, nicht-intentionale oder informationsverarbeitende Prozesse visualisieren, während die Maus nur das Ergebnis dieser Prozesse anzeigt. Eine kommunikative Verwendung des Blickes in der technisch medierten Kooperation sollte sich auf genau diese Eigenschaft stützen und die im Blick enthaltene Information über Aufmerksamkeitsprozesse nutzen.

In der Forschung zum interaktiven Einsatz von Blickbewegungen in Mensch-Maschine-Systemen gibt es bereits einige Anwendungen, die auf dieser natürlichen Funktion des Blickes aufbauen. Blickbewegungen werden dabei nicht zur intentionalen Kontrolle des Computers, sondern zur impliziten Steuerung herangezogen, oft in Kombination mit anderen Medien wie Sprache und Gesten (Koons, Sparrell, & Thorisson, 1993). So kann zum Beispiel der Ort einer Fixation, die in zeitlicher Nähe zu einem bestimmten Sprachkommando ausgeführt wird, für eine Entscheidung darüber genutzt werden, auf welches Objekt sich das Sprachkommando

bezieht (Kaur, et al., 2003). Andere Systeme, bei denen es weniger auf die Korrektheit der Interpretation einzelner Fixationen ankommt, verwenden oft größere Einheiten des Blickverhaltens. Dabei wird der Blickort eines Betrachters als Hinweis auf dessen Interesse genutzt. Zum Beispiel wird beim Erzählen einer Geschichte auf diejenigen Inhaltsbereiche oder Objekte näher eingegangen, die vom Betrachter angesehen werden (Starker & Bolt, 1990). Auch in interaktiven Filmen wurden Blickbewegungen gemessen, um anhand der beachteten Regionen zu entscheiden, wie sich die Handlung innerhalb des Filmes entfalten soll (Hansen, Andersen, & Roed, 1995; Vesterby et al., 2005).

Die Herausforderung der dritten Studie besteht darin, eine Analogie zu solchen Formen der impliziten Steuerung auch in kommunikativen Szenarien zu verwenden. Dabei wird versucht, die kommunikative Funktion von Blickbewegungen nicht auf ein explizites Zeigen zu reduzieren, sondern den Blick verstärkt als Hinweis auf die visuelle Aufmerksamkeit des Partners zu nutzen. Anhand dieser Anforderungen wird klar, wie eine Aufgabe gestaltet sein muss, in der die im Blick enthaltene zusätzliche Information eine Chance hat, sich hilfreich auszuwirken. Notwendig zur schnellen und korrekten Lösung darf nicht nur die Information über das Ergebnis von Suchaktivitäten sein, sondern vor allem das Wissen über diese Aktivitäten selbst. Räumlich müssen die Stimuli so angeordnet sein, dass Blickbewegungen Schlüsse auf den Explorationsprozess zulassen. Dieser Prozess muss insofern systematisch sein, dass aufeinander folgende Fixationen nicht zufällig im Raum verteilt sind. Anstatt dessen sollte aus räumlichen und zeitlichen Parametern von Fixationen inferiert werden können, welche Objekte oder Bildbereiche in weiteren Schritten von Interesse sein werden. Suchprozesse des Partners und die Tiefe seiner Informationsverarbeitung müssen für das Gegenüber relevant sein, um ihn besser unterstützen zu können. Es sind also Aufgaben nötig, in denen das Relevante am kommunikativen Blickverhalten nur begrenzt aus absichtlich produzierten Zeigegesten besteht, sondern vielmehr aus denjenigen Aspekten von Blickbewegungen, die an sich gar nicht kommunikativ intendiert sind.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt bei der Aufgabengestaltung liegt in der Wichtigkeit des Partnerblickes an sich. In den Puzzleexperimenten hatte die Blickübertragung eine stark aufmerksamkeitsbindende Wirkung. Soll dies nicht zum Störfaktor werden, sondern sich positiv auf die Zusammenarbeit auswirken, so muss eine echte Kooperation zwischen beiden Partnern notwendig sein. Es müssen also Aufgaben gewählt werden, in denen der Beobachter des Blickcursors auf dessen Information angewiesen ist, um erfolgreich zur Lösung beitragen zu können. Durch die Blickübertragung darf er nicht von eigenen Zielen abgelenkt werden, weil er die Aufgabe auch (oder sogar besser) allein lösen könnte. Eine echt kooperative Aufgabe ist nötig. Wie solche Aufgaben aussehen, wird im folgenden Abschnitt erläutert.

Merkmale echter Kooperation – Symmetrie und Komplementarität

Im Alltagsgebrauch wird der Begriff der Kooperation oft zur Beschreibung von Situationen benutzt, in denen zwei oder mehrere Personen gemeinsam eine Aufgabe bearbeiten. Eine differenziertere Definition grenzt diesen Prozess dahingehend weiter ein, dass die Struktur der Aufgabe an sich ein gemeinsames Lösen erfordern muss, so dass die Partner nur durch ihre Zusammenarbeit zum Ziel kommen können. Dabei gibt es einerseits Situationen, in denen die Gesamtaufgabe erst zwischen den Partnern aufgeteilt wird, welche danach voneinander unabhängige Unteraufgaben selbständig lösen und die Ergebnisse am Ende zusammentragen. Andererseits können Aufgaben so aufgebaut sein, dass eine Zusammenarbeit während des

gesamten Lösungsprozesses vonnöten ist (Dillenbourg, 1999). Zwar hängt diese Trennung maßgeblich vom Auflösungsgrad der Analyse ab, dennoch soll in der dritten Studie eine Aufgabe gewählt werden, in der die Partner kontinuierlich zusammenarbeiten müssen.

Ein wesentliches Merkmal kooperativer Aufgaben ist ihre Symmetrie, die in verschiedenen Aspekten der Zusammenarbeit unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann (Dillenbourg, 1999). So können zum Beispiel die Einfluss- und Handlungsmöglichkeiten, die Kommunikationsanteile oder die Statusmerkmale beider Partner unterschiedliche Grade an Symmetrie aufweisen. Symmetrie grenzt kooperative Aufgaben von solchen ab, in denen ein Partner den andern anleitet, wie zum Beispiel in Lehr-/Lernsituationen. Obwohl Symmetrie in vielen Kooperationsaufgaben durchaus eine wichtige Rolle spielt, sind die Aufgabeninhalte selbst oft nicht symmetrisch, sondern komplementär. Dieser komplementäre Charakter findet sich in zahlreichen kooperativen Situationen des Alltags wieder, trotz der Verschiedenheit in deren Oberflächenstruktur (z.B. Krankenschwester und Arzt während einer Operation oder Hebebühnenführer und Fensterputzer bei der Gebäudereinigung). Anstelle von zwei Partnern, die parallel ähnliche Aufgaben bearbeiten, schafft dabei ein Partner die Rahmenbedingungen, um dem Anderen eine Arbeit an den Details der Aufgabe zu ermöglichen.

Dieses Schaffen von Rahmenbedingungen kann auf verschiedene Weise geschehen, zum Beispiel indem die notwendige Kraft beigesteuert, das Material zur Verfügung gestellt oder das Handlungsfeld des Partners verschoben wird. In allen Fällen muss der helfende Partner wissen, auf welche Weise er die Bedingungen schaffen soll, die sein Gegenüber zum Lösen der Aufgabe befähigen. Dieses Wissen erlangt er vor allem auf drei Arten, die den Fähigkeiten entsprechen, mithilfe derer Personen gemeinsame Handlungen koordinieren (vgl. Kapitel 1.2.1): das Wissen über die gemeinsame Aufgabe, die Kommunikation mit dem Partner und die Beobachtung von dessen Handlungen. Für die Zwecke der dritten Studie ist besonders Letzteres von Bedeutung, wobei die Partnerhandlungen hier auf Prozesse der Aufnahme visueller Informationen erweitert werden sollen. Der Helfer überwacht also die Blickbewegungen des Partners (als Indikator für dessen visuelle Aufmerksamkeit) und interpretiert sie im Hinblick auf aktuelle Handlungen, zukünftige Handlungsziele und seine eigenen Beiträge zu diesen Zielen (siehe auch Knoblich, Butterfill, & Sebanz, 2011). Oder einfacher ausgedrückt: Er beobachtet, wie der Partner schaut und schließt daraus, was dieser gerade tut und in der näheren Zukunft tun will. Angesichts dieses Wissens plant er seine eigenen, unterstützenden Handlungen.

Was müssen beide Partner in komplementären Aufgaben wissen und können? Der Partner, der die Bedingungen schafft (im Folgenden: *Assistent*), muss das Gesamtsystem steuern können, braucht aber keine Fertigkeiten zur detaillierten Bearbeitung der Aufgabe. Ein grobes Verständnis der Abläufe ist dennoch hilfreich, um Handlungen des ausführenden Partners (*Arbeiter*) besser interpretieren und vorhersagen zu können. Um den Arbeiter optimal zu unterstützen, muss der Assistent über dessen Handlungsabsichten informiert sein und über die räumlichen, zeitlichen und funktionalen Zusammenhänge einzelner Handlungsschritte Bescheid wissen. Er muss also verstehen, *wo* und *wann* der Arbeiter *was* tun will. Der Arbeiter hingegen muss die Komponentenprozesse der Aufgabenlösung präzise beherrschen und seine Bedürfnisse räumlich und zeitlich genau an den Assistenten kommunizieren können. Er muss also in der Lage sein, verständlich anzugeben, wo, wann und auf welche Weise er Hilfe benötigt.

Neben den Einzelfertigkeiten beider Partner sind auch deren gemeinsame Fähigkeiten von Bedeutung. Beide Partner müssen über das Wissen und Können des Anderen, über das gemeinsame Ziel und über den Weg zu dessen Erreichung Bescheid wissen. Sie müssen über ein effizientes Kommunikationssystem verfügen, mit dem sie sich schnell und zuverlässig verständigen können. Eine genaue zeitliche Abstimmung ihrer Handlungen ist dabei entscheidend. In einer Aufgabe, in der ein Assistent zum Beispiel den Handlungsbereich eines Arbeiters verschiebt, um ihm den nächsten Handlungsschritt zu ermöglichen, darf er dies erst dann tun, wenn der Arbeiter die vorangegangene Teilhandlung abgeschlossen hat. Bewegt der Hebebühnenführer den an einer Glasfassade tätigen Fensterputzer schon zum nächsten Ort, bevor dieser mit dem Putzen fertig ist, so bleibt das Fenster schmutzig. Daher müssen beide Partner stets über den aktuellen Stand der Aufgabe informiert sein, sie müssen also über einen hohen Grad an Situationsbewusstsein (Endsley, 1995) verfügen. Im nächsten Abschnitt wird skizziert, wie die soeben besprochenen Aufgabenaspekte experimentell umgesetzt wurden.

Das experimentelle Paradigma – Blickbasiertes Verschieben des Sichtbereiches

In der dritten Studie sollen Blick- und Mausübertragung in einer Situation verglichen werden, die das Potential von Blickbewegungen nutzbar macht. Dies wurde in einer Aufgabe umgesetzt, in der ein Assistent Informationen über den Zustand des Arbeiters nutzt, um die Rahmenbedingungen für dessen Handlungen zu schaffen. Um den Aufmerksamkeitsfokus und die damit verbundenen Ziele des Arbeiters erschließbar zu machen, wurden seine Blick- oder Mausbewegungen, jeweils in Verbindung mit der Möglichkeit zur verbalen Interaktion, an den Assistenten übertragen. Eine komplementäre Kooperationssituation wurde dadurch realisiert, dass der Assistent den Sichtbereich des Arbeiters in Form eines beweglichen Fensters verschieben konnte. Konkret musste im Zuge der Aufgabenbearbeitung einer von sechs visuell dargestellten Pfaden ausgewählt werden. Die Bestimmung erfolgte in drei aufeinanderfolgenden und bezüglich der Ebene der Informationsverarbeitung hierarchischen Schritten. Die Pfade unterschieden sich in mehreren Merkmalen und welcher Pfad der Richtige war, hing von der Ausprägung dieser Merkmale relativ zu den anderen Pfaden ab. Der Assistent kannte die Merkmalsausprägungen der einzelnen Pfade nicht oder nur zum Teil. Mithilfe der Blick- oder Mausübertragung des Arbeiters konnte er das Fenster so steuern, dass für den Arbeiter relevante visuelle Informationen sichtbar wurden.

Da der Arbeiter zur Lösung der Aufgabe (Bestimmung des korrekten Pfades) verschiedene Displaybereiche visuell inspizieren musste, war sein Blick im Gegensatz zur Puzzlestudie nicht einfach ein Zeigeinstrument. Blickbewegungen spiegelten nicht nur das wider, was ein ansonsten passiv neben dem Geschehen stehender Beobachter verdeutlichen wollte (so wie der Experte beim Puzzeln, der in die eigentliche Aufgabenbearbeitung nicht eingebunden war). Anstatt dessen waren sie hier ein Nebenprodukt der eigentlichen Handlung und standen damit im direkten Zusammenhang zum Lösungsprozess. Damit sollte die Beobachtung der Blickbewegungen des Arbeiters auch eine direkte und detaillierte Überwachung seiner Handlungen ermöglichen. Dies wiederum könnte es dem Assistenten erlauben, adäquat auf diese Handlungen zu reagieren, sowie zukünftige Intentionen und Handlungen zu antizipieren. Können diese Aufgabeneigenschaften dazu führen, dass der Assistent den übertragenen Blick besser interpretieren und den Arbeiter somit effektiver unterstützen kann?

3.3.1 Experiment 5: Bestimmung der Fenstergröße

Zur Vorbereitung des Hauptexperimentes zum blickbasierten Verschieben des Sichtbereiches wurde zunächst ein Vorexperiment durchgeführt. Dieses diente vor allem der Ermittlung einer geeigneten Fenstergröße, die eine Balancierung von Schwierigkeit und Benutzbarkeit erlaubt. Zu diesem Zwecke wurde in Experiment 5 untersucht, wie sich die Größe des Fensters auf die Leistung beim Finden des richtigen Pfades auswirkt. Das in der dritten Studie verwendete Paradigma wurde so modifiziert, dass die Fensterposition direkt an den Blickort einer Versuchsperson gebunden war, sich also blickkontingent veränderte.

Diese *moving window* Technik stammt ursprünglich aus der Leseforschung (McConkie & Rayner, 1975), fand später aber auch in Untersuchungen zur visuellen Suche (Bertera & Rayner, 2000) und bei der Betrachtung komplexer Szenen Verwendung (Castelhano & Henderson, 2007). Die visuelle Information auf dem Bildschirm wird unkenntlich gemacht, mit Ausnahme eines Bereiches um den aktuellen Fixationsort der Versuchsperson. Führt die Person einen Blicksprung aus, so verändert auch der sichtbare Bereich seine Position. Wie bereits in den siebziger Jahren nachgewiesen wurde, hat die Größe des blickkontingenten Fensters einen Einfluss auf perzeptive Prozesse (McConkie & Rayner, 1975). Um diesen Einfluss zu bestimmen, wird zum Beispiel die Anzahl von Buchstaben variiert, die beim Lesen links und rechts vom Fixationsort angezeigt werden. Die kleinstmögliche Fenstergröße, bei deren Verwendung keine Leistungseinbußen im Vergleich zur Aufgabenbearbeitung mit vollständig sichtbarem Display entstehen, entspricht den Grenzen des visuell nutzbaren Bereiches (*perceptual span*).

Diese Wahrnehmungsspanne lässt sich hochpräzise bestimmen, wenn die Fenstergröße iterativ an die Leistung der Versuchsperson angepasst wird. Dabei startet die Person mit einem bestimmten Durchmesser und dieser wird sequentiell so verändert, dass sich die Leistung immer mehr an den Baselinewert anpasst, den die Person ohne Fenster erreicht (Pomplun, Reingold, & Shen, 2001). Im hier beschriebenen Experiment ist ein derartig präzises Vorgehen weder möglich noch notwendig. Möglich ist es deshalb nicht, weil sich in informellen Tests herausgestellt hatte, dass die durchschnittliche Dauer eines einzelnen Durchgangs mit knapp einer Minute sehr lang ist. Dies schließt die hohen Trialzahlen aus, die ein iteratives Verfahren erfordern würde. Notwendig ist eine so präzise Vorgehensweise deshalb nicht, weil nicht das effektive Sichtfeld bestimmt, sondern lediglich eine Fenstergröße gefunden werden soll, in der die Aufgabe noch immer gut lösbar aber trotzdem hinreichend schwierig ist. Desweiteren liegt das Ziel nicht darin, für jede Versuchsperson ihren optimalen Wert zu bestimmen, sondern eine Fenstergröße zu finden, mit der die meisten Personen gut zurechtkommen. Daher wurde die Fenstergröße für alle Personen in gleicher Weise und in vorab festgelegten Stufen variiert.

Um eine geeignete Fenstergröße zu bestimmen, wurde eine Ein-Personen-Version des Paradigmas zur kooperativen Fensterverschiebung umgesetzt. Die Aufgabe musste also nicht von zwei Personen gemeinsam, sondern vom Arbeiter allein gelöst werden. Das Fenster wurde dabei nicht vom Assistenten verschoben, sondern blickkontingent an den jeweiligen Fixationsort des Arbeiters bewegt. Mit dieser Technik wurde sozusagen der perfekte Assistent simuliert, der das Fenster hundertprozentig zuverlässig und mit einer zeitlichen Verzögerung von nur wenigen Millisekunden an die Stelle verschiebt, die der Arbeiter sehen möchte. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand wie im Hauptexperiment darin, in einem dreistufigen

Prozess den korrekten von sechs Pfaden zu bestimmen, während nur ein Ausschnitt des Displays sichtbar war. Die Größe dieses Fensters wurde in drei Stufen variiert und mit einer Bedingung mit vollständig sichtbarem Display verglichen.

Das Vorexperiment diente noch einem weiteren Zweck. Da im Hauptexperiment die Blickbewegungen des Arbeiters zur Information über dessen Suchprozess genutzt werden sollten, muss diese Informationen im Blick auch erkenntlich sein. Deshalb wurden neben den Lösungszeiten und Fehlern auch Blickbewegungen registriert und zwischen den Fenstergrößen verglichen. Da die Aufgabe aus drei bezüglich der Verarbeitungsebene hierarchischen Schritten bestand, werden Informationen auf früh ausscheidenden Pfaden flacher verarbeitet: Im ersten Schritt musste eine Farbentscheidung getroffen werden, im zweiten Schritt musste die Form von Objekten differenziert werden und der dritte Schritt verlangte eine Addition von Ziffern. Um zu prüfen, ob diese Unterschiede im Blickverhalten sichtbar waren, wurde neben der Fenstergröße auch die Relevanz des Pfades für die Teilaufgaben als der Zeitpunkt seines Ausscheidens in die Analyse aufgenommen. Sollten sich Unterschiede in Blickparametern zeigen, so könnte es auch für den Assistenten im Hauptexperiment möglich sein, den Blick als Hinweis auf kognitive Prozesse des Arbeiters zu nutzen und dieses Wissen zur Steuerung des Fensters zu gebrauchen. Weiterhin war der Zusammenhang von Pfadrelevanz und Fenstergröße von Bedeutung. Wenn eine bestimmte Fenstergröße die Parameter des Blickes so verändert, dass er nicht mehr zwischen den drei Lösungsschritten differenziert, so wäre dieses Fenster im Hauptexperiment ungeeignet.

Zur Bewertung des Einflusses der Fenstergröße auf die Aufgabenschwierigkeit wurden außerdem subjektive Daten erhoben. Die Einschätzungen der Versuchspersonen selbst sind deshalb relevant, weil sie die Entscheidung über die Zusammenarbeit mit dem Partner beeinflussen können. Wie eng zwei Menschen kooperieren, hängt vor allem davon ab, wie schwer sie die Aufgabe empfinden und weniger von deren Lösungszeit in Sekunden. Die zu wählende Fenstergröße sollte eine mittlere bis hohe subjektive Schwierigkeit haben, um eine enge Kooperation im Hauptexperiment notwendig zu machen.

Methoden

Versuchspersonen

Siebzehn Studenten der TU Dresden, 12 Frauen und 5 Männer, nahmen am Experiment teil. Ihr Alter variierte von 19-32 Jahren ($M = 24.76$, $SD = 3.21$). Alle Versuchspersonen hatten normale Sehfähigkeiten und gaben an, nicht an einer klinisch relevanten Rechenschwäche oder einer Farbsehschwäche zu leiden. Die Teilnahme am Experiment wurde mit einer Versuchspersonenstunde oder fünf Euro vergütet.

Versuchsaufbau

Die Aufzeichnung der Blickbewegungen erfolgte analog zu den Experimenten 3 und 4. Da das Experiment jedoch nicht kooperativ war, wurden nur zwei der fünf Rechner aus dem Setup dieser Experimente verwendet: der Eyetracker-Rechner und der Darbietungsrechner, auf dem das Experiment lief. Die Stimuli wurden mit einer Bildwiederholrate von 100 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel auf einem 19 Zoll Röhrenmonitor dargeboten.

Stimuli

Insgesamt wurden 32 Stimulusbilder präsentiert. Die Bilder basierten auf einem Raster aus 20 x 20 Rechtecken mit einer Größe von je 51.2 x 38.4 Pixel, was in etwa einem Sehwinkel von 1.6° horizontal und 1.2° vertikal entspricht. Jedes Bild war in sechs vom Bildmittelpunkt ausgehende, gleich große und farblich gekennzeichnete Pfade aufgeteilt. Jeweils drei Pfade waren rot und drei grün eingefärbt. Die Farben benachbarter Pfade wechselten sich stets ab, die räumliche Anordnung der Pfadfarben wurde zwischen den Bildern ausbalanciert. Am äußeren Rand eines jeden Pfades befand sich ein Lösungsfeld, das aus vier Rasterrechtecken bestand und mit einem Buchstaben (A-F) gekennzeichnet war.

In einzelnen Rasterkästchen befanden sich runde und eckige Objekte, die etwa gleichmäßig auf den Pfaden verteilt waren. Die Gesamtanzahl der Objekte pro Pfad variierte von 5-10, die Anzahl von Objekten der in einem Durchgang relevanten Form (siehe Versuchsablauf) variierte von 1-7. Jede Objektkategorie hatte zwei Ausprägungen (rund: Oval, abgerundetes Rechteck; eckig: Trapez, Dreieck), die zwischen den Bildern variiert wurden. Pro Bild trat jedoch nur jeweils eine dieser Ausprägung auf (z.B. nur Ovale und Trapeze). In den Objekten befanden sich positive und negative Ziffern im Verhältnis von etwa 3:2. Diese waren aus Zufallszahlenfolgen ausgewählt, allerdings unter der Prämisse, dass folgende Kriterien erfüllt sein mussten: Die Ziffernsumme innerhalb eines Bereiches ergab stets eine Zahl zwischen 0 und 20 und einzelne Ziffern wurden maximal dreifach wiederholt. Ein Stimulusbeispiel befindet sich in Abbildung 32.

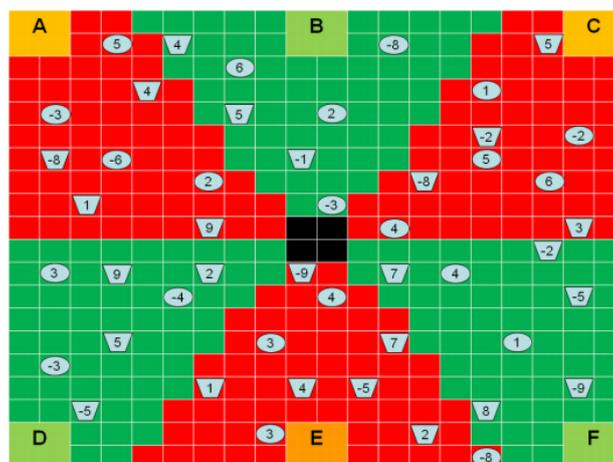


Abbildung 32. Stimulusbeispiel mit Pfaden, Objekten und Ziffern.

Die Stimuli wurden mit einer schwarzen Maske überlagert, so dass sie nur im Bereich eines rechteckigen Fensters sichtbar waren (siehe Abbildung 33). Die rechteckige Fensterform mit klaren Grenzen wurde gewählt, um ein besseres Schaffen visueller Anker im Raster des Stimulusbildes zu erlauben und den Versuchspersonen damit die Navigation zu erleichtern. Das Fenster bewegte sich blickkontingent, die Fenstermitte war also an den aktuellen Fixationsort gebunden. Das Fenster wurde in drei Größen dargeboten: 4 x 4 Rasterkästchen (205 x 154 Pixel oder 6.3 x 4.8°), 5 x 5 Kästchen (256 x 192 Pixel oder 7.9 x 5.9°) und 6 x 6 Kästchen (307 x 231 Pixel oder 9.5 x 7.1°). Der Einfachheit halber werden diese Fenster im Folgenden als 4er, 5er und 6er bezeichnet. Der Mauscursor der Versuchsperson war im gesamten Bildbereich, also auch außerhalb des Fensterbereiches sichtbar.

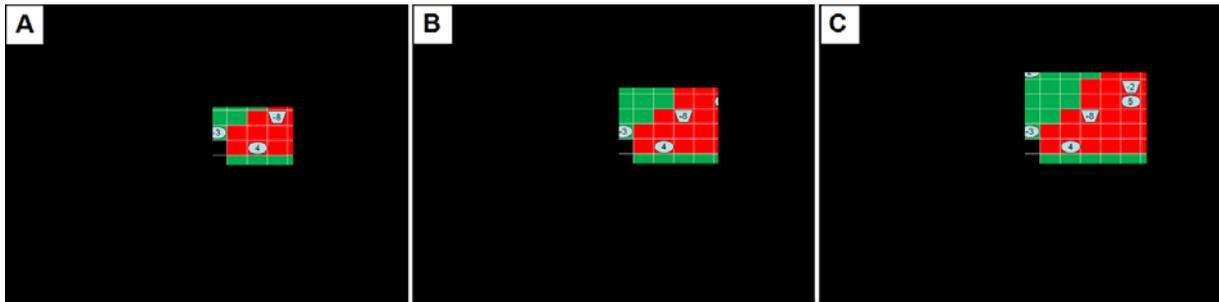


Abbildung 33. Die drei verwendeten Fenstergrößen: 4er (A), 5er (B) und 6er (C).

Versuchsablauf

Vor Beginn des Experimentes wurde ein Fragebogen vorgelegt, der nach dem allgemeinen Befinden, Problemen beim Farbsehen und einer Einschätzung der eigenen Fähigkeit beim Addieren und Subtrahieren von Ziffern fragte. Danach wurden die Versuchspersonen schriftlich und ergänzend mündlich über den Ablauf des Experimentes instruiert und es wurde durch die anschließende gemeinsame Bearbeitung eines Übungsdurchgangs geprüft, ob die Aufgabe verstanden wurde. Zu Beginn des eigentlichen Experimentes wurde eine Neun-Punkt-Kalibrierung durchgeführt, die zwischen den Durchgängen wiederholt werden konnte, wenn der Fixationsort nicht mehr genau genug mit der Fenstermitte übereinstimmte.

Während des Experimentes bearbeiteten die Versuchspersonen 32 Durchgänge, jeweils acht pro Fenstergröße und acht ohne Fenster. Die Stimuli und Fenstergrößen wurden unabhängig voneinander randomisiert, so dass stimulus- und fensterbedingte Unterschiede in der Aufgabenschwierigkeit nicht miteinander konfundiert waren. Vor jedem Durchgang erschien in der Mitte des Bildschirms ein Fixationspunkt und wenn die Versuchsperson diesen fixierte, wurde der Durchgang durch den Versuchsleiter gestartet. Die Aufgabe der Versuchsperson war es, in drei aufeinander aufbauenden Bearbeitungsschritten den richtigen Pfad auszuwählen.

Die Aufgabe, die in jedem Durchgang ausgeführt werden musste, bestand aus einer Farbentscheidung, einer Formdiskrimination und dem Addieren von Ziffern. Im ersten Schritt sollten die drei roten Pfade ausgewählt werden, die drei grünen Pfade konnten fortan ignoriert werden. Der zweite Schritt verlangte einen Vergleich der Anzahl runder Objekte zwischen den Pfaden. Die beiden Pfade mussten ausgewählt werden, auf denen sich mehr runde Objekte befanden als auf dem dritten. Aus den verbleibenden beiden Pfaden musste im dritten Schritt derjenige bestimmt werden, auf dem die Summe aller in den Objekten befindlichen Ziffern am kleinsten war. Somit kamen infolge des ersten Schrittes noch drei Pfade in Frage, nach dem zweiten Schritt schied ein weiterer Pfad aus und erst nach Ausführen des dritten Schrittes stand die Lösung fest. Für die beiden letzten Aufgabenschritte wurden relative Aufgaben verwendet, deren Lösung sich nicht durch das Betrachten eines einzelnen Pfades, sondern nur durch den Vergleich mehrerer Pfade ermitteln ließ. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um sicherzustellen, dass stets alle Pfade angesehen wurden.

Um eine hohe Vergleichbarkeit mit dem Hauptexperiment herzustellen, in welchem die Paare kooperierten und dabei frei verbal interagieren durften, war es auch im Vorexperiment gestattet, dem Versuchsleiter Zwischenergebnisse mitzuteilen und ihn somit als externes Gedächtnis zu nutzen. Ein Durchgang wurde beendet, indem die Versuchsperson mit der

Maus in eines der sechs Lösungsfelder klickte. Bei Auswahl eines falschen Feldes wurde ein Fehlerfeedback mit einer Dauer von 2000 ms gegeben, danach startete der nächste Durchgang. Nach dem Experiment wurde ein Fragebogen vorgelegt, der eine Bewertung der Aufgabe, Lösungsstrategien und Probleme im Umgang mit den vier Fenstergrößen erfragte. Das gesamte Experiment dauerte etwa eine dreiviertel Stunde.

Datenauswertung

Zur Analyse des Einflusses der Fenstergröße wurden über die Lösungszeiten, Fehlerraten und subjektiven Daten einfaktorielles ANOVAs mit dem vierstufigen Messwiederholungsfaktor *Fenstergröße* gerechnet. Zur Auswertung der Blickdaten wurden 4 (*Fenstergröße: 4er, 5er, 6er, ohne*) x 4 (*Pfadrelevanz: Schritt 1, Schritt 2, Schritt 3, Lösung*) ANOVAs mit Messwiederholung gerechnet. Einzelvergleiche zwischen Faktorstufen wurden mit dem Tukey HSD Test durchgeführt. Weitere Analysen zur Untersuchung spezifischerer Fragestellungen werden an den entsprechenden Stellen im Ergebnisteil beschrieben.

Ergebnisse

Performanz

Die Lösungszeit wurde als Mittelwert über alle Durchgänge pro Fenstergröße berechnet, wobei sowohl korrekte als auch inkorrekte Durchgänge berücksichtigt wurden. Letztere wurden deshalb mit einbezogen, weil Fehler fast ausschließlich im falschen Addieren von Ziffern begründet waren und sich die Aufgabenbearbeitung damit nicht grundsätzlich von der in korrekten Durchgängen unterschied. Eine zusätzliche Testung zeigte jedoch, dass unter Ausschluss der Fehlerdurchgänge vergleichbare Ergebnisse entstanden.

Die mittlere Lösungszeit für einen Durchgang lag bei 52.0 s und unterschied sich hochsignifikant zwischen den drei Fenstergrößen, $F(3,48) = 63.69$, $p < .001$ (siehe Abbildung 34). Die längsten Lösungszeiten entstanden unter Verwendung des 4er Fensters (66.8 s), gefolgt vom 5er (53.8 s), dem 6er (45.8 s) und den Durchgängen ohne Fenster (41.8 s). Zwischen dem 6er und der Bedingung ohne Fenster konnte kein Unterschied nachgewiesen werden, $p = .208$, alle anderen Unterschiede zwischen Fenstergrößen waren hochsignifikant, alle $p < .001$.

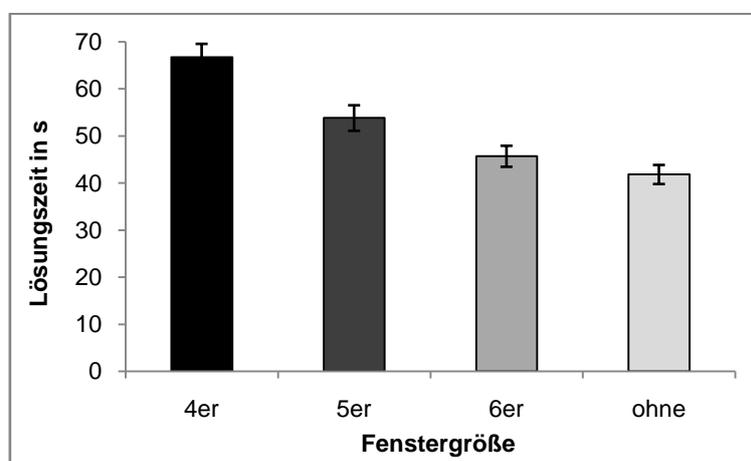


Abbildung 34. Lösungszeit in Abhängigkeit von der Fenstergröße.

Die mittlere Fehlerrate lag bei 14.0 % und unterschied sich trotz numerisch großer Differenzen (Min = 8.1 % ohne Fenster, Max = 17.7 % mit 6er Fenster) nicht signifikant zwischen den Fenstergrößen, $F(3,48) = 1.73$, $p = .173$. Keiner der Einzelvergleiche wurde signifikant, alle $p > .1$.

Blickbewegungen

Zur Analyse der Blickdaten wurden mittlere Fixationsdauern, Gesamtfixationszeiten eines Pfades und mittlere Sakkadenamplituden zwischen den Fenstergrößen und den Pfaden unterschiedlicher Relevanz verglichen. Die erste und letzte Fixation eines Durchganges, Fixationen außerhalb des Bildschirmes und Fixationen, denen ein Blinzeln folgte oder vorausging, wurden aus der Analyse entfernt. Aus den verbleibenden Daten wurden Mediane der Fixationsdauer und Sakkadenamplitude für jede Faktorstufenkombination berechnet.

In der Fixationsdauer zeigten sich Haupteffekte der Fenstergröße, $F(3,48) = 78.05$, $p < .001$, und der Pfadrelevanz, $F(3,48) = 98.73$, $p < .001$, aber die Interaktion beider Faktoren war nicht signifikant, $F(9,144) = 1.63$, $p = .111$. Die Fixationsdauer verringerte sich mit steigender Fenstergröße (siehe Abbildung 35). Die längsten Fixationen wurden mit dem 4er Fenster gemacht (270 ms), gefolgt vom 5er (258 ms), dem 6er (246 ms) und der Bedingung ohne Fenster (226 ms), alle $p < .001$.

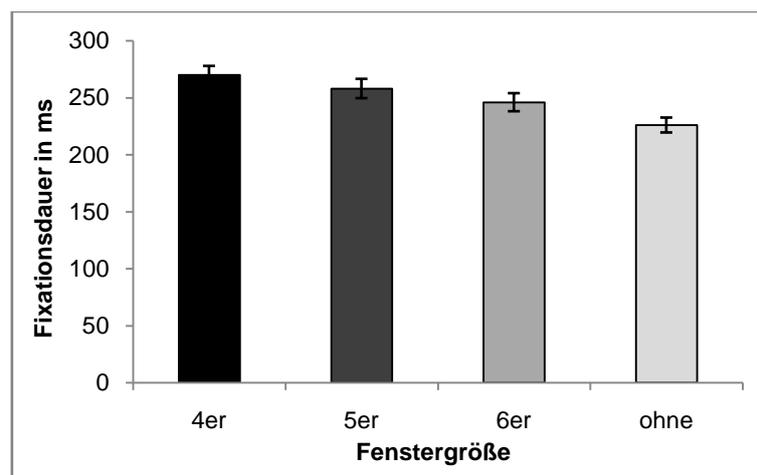


Abbildung 35. Mittlere Fixationsdauern für die vier Fenstergrößen.

Die Fixationen waren auf den in Schritt 1 ausscheidenden Pfaden am kürzesten (218 ms), hatten mittlere Dauern für Schritt-2-Pfade (235 ms) und waren am längsten für Schritt-3-Pfade (260 ms) und Lösungspfade (259 ms). Letztere beide Pfade unterschieden sich nicht, $p > .9$, wohingegen alle anderen Unterschiede hochsignifikant waren, alle $p < .001$. Der Trend zu einer Interaktion war darauf zurückzuführen, dass in allen Fensterbedingungen längere Fixationen auf Schritt-2-Pfaden als auf Schritt-1-Pfaden gemacht wurden, alle $p < .05$, während es diesen Anstieg ohne Fenster nicht gab, $p > .9$.

Weiterhin wurden die Zeitanteile verglichen, mit denen Personen die Pfade fixierten. Es entstand ein Haupteffekt der Pfadrelevanz, $F(3,48) = 718.30$, $p < .001$, aber kein Effekt der Fenstergröße, $F(3,48) = 1.84$, $p = .153$. Die Interaktion war signifikant, $F(9,144) = 3.68$, $p < .001$. Obwohl unter Verwendung aller Fenstergrößen mehr Zeit auf Schritt-3-Pfaden (38.4 %) und Lösungspfaden (40.8 %) verbracht wurde als auf Schritt-1-Pfaden (6.6 %) und Schritt-2-

Pfaden (14.3 %), alle $p < .001$, war dieser Unterschied unter Verwendung des 4er Fensters am geringsten.

In der Analyse der Sakkadenamplituden entstanden Haupteffekte der Fenstergröße, $F(3,48) = 121.38$, $p < .001$, und der Pfadrelevanz, $F(3,48) = 134.77$, $p < .001$, sowie eine Interaktion beider Faktoren, $F(9,144) = 14.52$, $p < .001$. Die Sakkadenamplitude vergrößerte sich mit steigender Fenstergröße vom 4er (2.18°) über das 5er (2.41°) und 6er Fenster (2.63°) und die Durchgänge ohne Fenster (3.14°), alle $p < .01$. Auf Schritt-1-Pfaden wurden größere Sakkaden gemacht als auf allen anderen Pfaden, alle $p < .001$, während sich die restlichen Pfade nicht voneinander unterschieden, alle $p > .05$. Die numerisch größten Unterschiede zwischen den Fenstergrößen entstanden für Sakkaden auf Schritt-1-Pfaden (siehe Abbildung 36), aber auch auf allen anderen Pfaden führten größere Fenster zu längeren Sakkaden, alle $p < .01$.

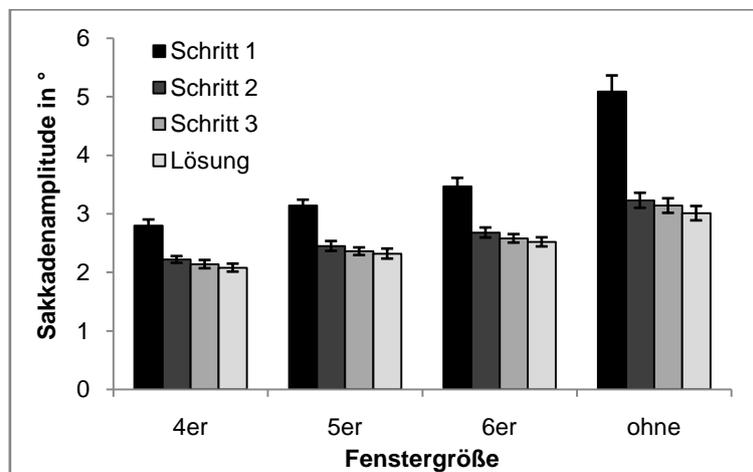


Abbildung 36. Sakkadenamplitude in Abhängigkeit von Fenstergröße und Pfadrelevanz.

Subjektive Daten

Alle Bewertungen wurden auf einer 5-stufigen Skala vorgenommen. Die subjektive Schwierigkeit der Aufgabe unterschied sich signifikant zwischen den Fenstergrößen, $F(3,48) = 45.36$, $p < .001$. Als am schwierigsten wurde die Nutzung des 4er Fensters bewertet (2.35), gefolgt vom 5er (2.88) und dem 6er (3.47). Die Durchgänge ohne Fenster wurden als am leichtesten empfunden (4.71). All diese Unterschiede waren signifikant, alle $p < .05$, mit Ausnahme des Vergleiches zwischen 4er und 5er Fenster, der das Signifikanzlevel knapp verfehlte, $p = .074$. In der subjektiven Schwierigkeit beim Kontrollieren der Fensterposition zeigte sich ebenfalls ein Unterschied zwischen den Fenstergrößen, $F(2,32) = 11.76$, $p < .001$. Die Positionskontrolle fiel am schwersten unter Verwendung des 4er Fensters (3.24) und unterschied sich signifikant vom 5er (2.53) und 6er Fenster (2.18), beide $p < .01$, wohingegen sich Letztere nicht voneinander unterschieden, $p = .266$.

Diskussion

Unter Verwendung blickkontingenter Fenster wurde der Einfluss der Fenstergröße auf Aufgabenleistung und Blickbewegungen in der Pfadaufgabe untersucht. Das Ziel dabei war die Ermittlung einer im kooperativen Hauptexperiment nutzbaren Fenstergröße, bei der die

Aufgabe gut lösbar, aber dennoch schwierig genug ist, um eine detaillierte Koordination von Assistent und Arbeiter notwendig zu machen. Zusätzlich wurde der Einfluss verschiedener Fenstergrößen auf Blickbewegungen geprüft, welche im Kooperationsexperiment Hinweise auf den Lösungsprozess des Partners geben sollen. In den Fehlern wurden infolge der hohen Varianz keine Effekte gefunden, aber die Aufgabe konnte mit steigender Fenstergröße schneller gelöst werden. Dabei unterschieden sich zwar alle Fenstergrößen voneinander, aber die Lösungszeiten des größten Fensters und der Bedingung ohne Fenster waren vergleichbar. Das größte Fenster erschwerte die Aufgabe also nicht hinreichend, was es zur Verwendung im Hauptexperiment weniger geeignet macht. Dagegen fiel die Aufgabenbearbeitung mit dem kleinsten Fenster zu schwer, es unterschied sich vom mittleren Fenster um mehr als zehn Sekunden (19.5 %).

Da Personen die Entscheidung über eine mehr oder weniger enge Zusammenarbeit wahrscheinlich stark auf ihr subjektives Schwierigkeitsempfinden basieren, eignen sich Fenster, die als eher schwierig erlebt werden. Die subjektiven Einschätzungen weisen darauf hin, dass die Aufgabe unter Verwendung des größten Fensters zu leicht war. Das zweitgrößte Fenster wurde insgesamt noch unterhalb des mittleren Ratings bewertet, seine Verwendung erschien den Versuchspersonen also eher schwierig. Das subjektive Kontrollerleben bei der Bestimmung der Fensterposition ähnelte dabei jedoch dem des größten Fensters. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die recht hohe subjektive Schwierigkeit weniger auf eine kalibrierbedingte Ungenauigkeit in der Fensterpositionierung zurückzuführen war, sondern direkter mit der Größe des sichtbaren Bereiches zusammenhing. Auch angesichts der subjektiven Daten erscheint das mittlere Fenster also geeignet. Es balanciert Schwierigkeit und Benutzbarkeit am besten und wird daher für das Hauptexperiment ausgewählt.

In den Blickdaten zeigten sich deutliche Effekte sowohl der Fenstergröße, als auch der Pfadrelevanz. Die Fixationsdauer sank mit steigender Fenstergröße und stieg mit höherer Relevanz des Pfades. Sakkadenamplituden stiegen mit der Fenstergröße und waren am höchsten für Pfade, die im ersten Schritt ausschieden. Unterschiede zwischen den Pfaden und damit indirekt auch zwischen den Schritten der Aufgabenbearbeitung wurden also in den Blickdaten reflektiert. Während Pfade aus Schritt 1 und 2 vor allem in der Sakkadenamplitude variierten, kam der Unterschied zwischen Schritt 2 und 3 in den Fixationsdauern deutlicher zum Vorschein.

Inhaltlich unterschieden sich die drei Lösungsschritte in der Tiefe der notwendigen Verarbeitung, mit Farberkennung im ersten Schritt, figurativer Verarbeitung im zweiten Schritt und semantischer Verarbeitung im dritten Schritt. Dadurch stehen die Unterschiede in den Blickbewegungen auf verschiedenen Pfaden im Einklang mit früheren Arbeiten, die Zusammenhänge zwischen Blickparametern und Merkmalen der Aufgabe oder der Verarbeitungstiefe zeigten (Rayner, 1998; Velichkovsky, 2002). Auch dass Fixationsdauern und Sakkadenamplituden mit der Größe blickkontingenter Fenster variieren können, ist nicht neu (Maw & Pomplun, 2004; Nuthmann, 2011). Obwohl die gefundenen Effekte also an sich erwartungskonform sind, ist ihr deutliches Hervortreten von großer Bedeutung im Kontext der dritten Studie. Die Befunde weisen darauf hin, dass Blickbewegungen in diesem Paradigma Informationen über die Tätigkeit des Arbeiters liefern können. Damit sollte Blickübertragung in dieser Aufgabe eine Chance haben, den Partner tatsächlich unterstützen zu können. Bearbeitungsprozesse sollten in diesem Experiment sogar noch besser erkennbar sein als dies durch die Analyse der Pfadrelevanz suggeriert wird. Der Grund für die Unterschätzung im

Vorexperiment ist der, dass in den Blickbewegungen auf später ausscheidenden Pfaden auch Fixationen und Sakkaden früherer Bearbeitungsschritte enthalten sind. Blickbewegungen auf Schritt-3-Pfaden und Lösungspfaden sind nicht nur Blickbewegungen beim Rechnen, sondern summieren sich aus Blickbewegungen aller drei Schritte, die nacheinander an diesen Pfaden ausgeführt wurden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse also deutlich, dass der Blick in dieser Aufgabe auf die Aktivität einer Person schließen lässt.

Dies Maus hingegen hatte diesen Effekt nicht: Die meisten Personen ließen ihre Maus während der Bearbeitung der Aufgabe ruhen und benutzten sie erst zum Anklicken des Lösungspfades. Einige wenige Personen verwendeten die Maus unterstützend, indem sie sie auf den in Schritt 2 ausgeschlossenen Pfad legten. Nur in Durchgängen ohne Fenster wurde die Maus von einigen Personen kontinuierlich mitgeführt, vermutlich um Verwechslungen der vielen gleichzeitig sichtbaren Objekte zu vermeiden. In Durchgängen mit Fenster wurde ein solches Mitführen jedoch nie beobachtet. Die Tatsache, dass Mausebewegungen nicht zur Unterstützung eigener Lösungsprozesse verwendet werden, schließt natürlich ihre Nutzbarkeit zur Visualisierung dieser Prozesse für den Partner nicht aus. Dennoch wird deutlich, dass ein solches Verfahren zusätzlichen Aufwand bedeuten würde. Insgesamt belegen die Ergebnisse das Funktionieren des Paradigmas und weisen auf seine Eignung zur Verwendung im kooperativen Setting hin: Lösungsprozesse spiegeln sich in der Pfadaufgabe deutlich in den Blickbewegungen wider.

3.3.2 Experiment 6: Blickfeedback zur Verschiebung des Sichtbereiches

Im Puzzle war kein Vorteil der Blickübertragung gegenüber dem Zeigen mit der Maus entstanden. Daraufhin wurde die Hypothese aufgestellt, dass Blickvorteile nur dann auftreten, wenn die kommunikative Funktion des Blickes auf charakteristischen Eigenschaften natürlicher Blickbewegungen aufbaut. Dabei müssen die visuelle Aufmerksamkeit des Partners und die Prozesse seiner Aufnahme und Verarbeitung von Informationen für das Gegenüber relevant sein, anstatt als Störfaktor zu wirken. Experiment 5 zeigte, dass solche Prozesse in der Pfadaufgabe anhand des Blickes erkennbar sind. Daher wurde die Aufgabe in Experiment 6 in den kooperativen Kontext übertragen, um zu untersuchen wie Assistenten die Blickinformation des Arbeiters zur Koordination gemeinsamer Handlungen nutzen.

Um die Rahmenbedingungen der Effektivität von Blick- und Mausübertragung spezifizieren zu können, wurde neben dem Cursortyp (*Blick* oder *Maus*) auch die Sichtbarkeit des gemeinsamen Arbeitsmaterials variiert. Entweder wurden dem Assistenten zusätzlich zum Cursor die Positionen der Objekte angezeigt (*Objekte*) oder er sah den Cursor auf einem grauen Rasterhintergrund, der zwar eine räumliche Strukturierung des Displays bot aber keinerlei visuellen Objektbezug lieferte (*Raster*). Niemals wurde ihm die komplette Stimulusinformation dargeboten, um die kooperative Natur der Aufgabe zu sichern, in der die Partner nur gemeinsam zum Ziel kommen können. Wenn Assistenten den Blick des Arbeiters als Hinweis auf dessen visuelle Verarbeitung von Objektinformation nutzen, so sollte die Sichtbarkeitsmanipulation dieser Objekte kritisch sein. Auch die bereits im Puzzle vorgenommene Variation der Situationsinteraktivität wird auf diese Weise erneut aufgegriffen. Sieht der Assistent keine lösungsrelevanten Objekte, so kann er sein Handeln nur auf das Feedback des Arbeiters stützen. Bei Sichtbarkeit der Objektpositionen hingegen kann er die Aufgabe zwar noch immer nicht selbständig lösen, aber ein zumindest

teilautonomes Verschieben des Fensters wird möglich. So kann er aktiv zur gemeinsamen Handlung beitragen, anstatt nur reaktiv die Anweisungen des Arbeiters auszuführen. Es sollte untersucht werden, ob sich diese Variation der Abhängigkeit vom Partner differentiell auf die kommunikative Verwendung von Blick- und Mausfeedback auswirkte.

Wie bereits im Puzzleparadigma lag der Fokus nicht nur auf dem Ergebnis, sondern vor allem auf dem Prozess des gemeinsamen Arbeitens. Daher wurden neben der Leistung auch die Blickbewegungen des Arbeiters sowie die verbalen Interaktionen und Handlungen der Partner analysiert. Von besonderem Interesse war dabei die Frage, wie Teilhandlungen raumzeitlich so koordiniert werden, dass eine flüssige Zusammenarbeit entstehen kann. Um diesen Prozess kooperativen Handlungskoordination zu charakterisieren, wurden Mausbewegungen beider Partner und Blickbewegungen des Arbeiters zueinander in Bezug gesetzt. Auf diese Weise wurde ermittelt, wie die Fensterbewegung des Assistenten von den übertragenen visuellen Informationen des Arbeiters abhängt.

Fragestellungen und Hypothesen

Wie trägt Blickfeedback zur Koordination gemeinsamer Handlungen bei, wenn es als Hinweis zur Verschiebung des Sichtbereiches genutzt wird? Ob in dieser Aufgabe Blickvorteile gegenüber der Maus entstehen, sollte maßgeblich davon abhängen, wie gut Assistenten den Cursor interpretieren und zur Steuerung der Fensterverschiebung verwenden können. Wenn die Blickbewegungen des Arbeiters zu einem besseren Verständnis seiner Suchprozesse führen und dem Assistenten dadurch eine effektivere Unterstützung erlauben, so sollten kürzere Lösungszeiten und weniger verbale Anweisungen nötig sein als beim Mauszeigen. In den Fehlerraten wurde kein Effekt des Cursortyps erwartet, weil der Lösungserfolg eher von höheren kognitiven Prozessen (Zählen und Rechnen) als von schnellen Reaktionen auf visuelle Ereignisse abhing.

Dennoch gibt es Gründe, auch in dieser Aufgabe Schwierigkeiten in der Nutzung der Blickübertragung zu erwarten. Im Puzzle hatten gerade Suchprozesse zu Verwirrung und Problemen im Cursorverständnis geführt. In Suchaufgaben selbst können Verbesserungen der Leistung zwar auch infolge einer Übertragung *suchender* Blicke entstehen (Brennan, et al., 2008), andererseits wurde dies bisher nie in echt kooperativen Aufgaben nachgewiesen. Die Pfadaufgabe setzte auf den Potentialen einer Beobachtung des Partnerblickes auf, da Suchprozesse von hoher kommunikativer Relevanz waren. Der Assistent musste die damit verbundenen Blickbewegungen jedoch zur Manipulation des Sichtfeldes des Arbeiters nutzen. Ein nicht hinreichend an dessen Bedürfnisse angepasstes Verschieben sollte den Lösungsprozess daher schwerwiegend stören. Folglich wurde erwartet, dass Blickfeedback, auch wenn es zur Koordination der Fensterbewegung genutzt werden kann, mit einer verstärkten Verwendung verbalen Feedbacks einhergehen würde, um Missverständnisse zu vermeiden und ein ungewolltes Verschieben zu verhindern.

Auf der anderen Seite hängt die Frage nach differentiellen Effekten von Blick- und Mausübertragung nicht nur vom Blick selbst ab, sondern auch davon, wie Arbeiter ihre Maus einsetzen. Wie liefern sie für den Partner notwendige Informationen über ihren Suchprozess, wenn nur ihre Maus sichtbar ist? Sie könnten zum Beispiel versuchen, den Cursor stets dahin mitzuführen, wo sie gerade Informationen aufnehmen. Performanzunterschiede zwischen beiden Cursortypen könnten in diesem Fall ausbleiben, weil sich die Bewegungen von Blick-

und Mauscursor ähnlicher werden. Daher wurden einerseits die Mausbewegungen der Arbeiter auf Zusammenhänge mit deren Blickbewegungen untersucht und andererseits wurde die raum-zeitliche Kopplung der übertragenen Cursorbewegung (Blick oder Maus) mit der Bewegung des Fensters verglichen. Diese Analysen waren hochgradig explorativ, eine Richtung der Zusammenhänge wurde daher nicht vorhergesagt.

Auch die Fragestellung aus den Experimenten 1-4 nach den Blickbewegungen des Produzenten von Blickfeedback wurde wieder aufgegriffen. Führt die kommunikative Nutzung von Blickbewegungen auch hier zu einer Anpassung von Blickparametern? Zwar wurden diese Effekte mehrfach repliziert, aber in allen bisherigen Experimenten wurde der Blick zumindest anteilig zum bewussten, intentionalen Zeigen verwendet. In der Pfadaufgabe dagegen ist vor allem seine natürliche, instrumentelle Funktion zur Aufnahme visueller Informationen relevant. Das Ausbleiben von Effekten für Blick & Sprache in Experiment 4 lässt vermuten, dass messbare Veränderungen im Blickverhalten nur auftreten, wenn Zeigeprozesse eine dominante Rolle spielen. Daher wurden keine Unterschiede zwischen Blick und Maus in den Fixationsdauern und Sakkadenamplituden erwartet.

Weiterhin wurde der Einfluss der Sichtbarkeit von Objekten für den Assistenten auf beide Formen der Cursorübertragung getestet. Da die Sichtbarkeit relevanter Objekte eine bessere Koordination gemeinsamen Arbeitens ermöglicht (Whittaker, 1995), wurden insgesamt schnellere Lösungen in der Bedingung Objekte erwartet. Zusätzlich sollte die Manipulation aber auch blickspezifisch wirken, da sie die Fähigkeit des Assistenten zum selbständigen Handeln und zur Herstellung von Bezügen zwischen Cursor und Objekten beeinflusst. Dadurch entsteht ein Zwiespalt in der Vorhersage der Interaktion von Sichtbarkeit und Cursor: Einerseits war Blickübertragung im Puzzle bei enger Zusammenarbeit am hilfreichsten gewesen, was Blickvorteile für Raster nahelegen würde. Andererseits unterscheidet sich die Reaktion auf den Cursor in der Pfadaufgabe wesentlich von der im Puzzle. Kein Interpretieren diskreter Zeigegesten ist erforderlich, sondern eine kontinuierliche Nutzung des Feedbacks. Den resultierenden Verhaltensstrom muss der Assistent selbst in sinnvolle Einheiten zerlegen und entscheiden, wann und wie er reagieren soll. Dies könnte nur umgangen werden, wenn er sämtlichen Cursorbewegungen folgt und so eine blickkontingente Verschiebung des Fensters versucht. Eine solche Strategie ist angesichts der hohen Geschwindigkeit von Augenbewegungen jedoch kaum zu erwarten. Daher wurde angenommen, dass Blickbewegungen in Abwesenheit der Objekte nur schwer nutzbar sind, weil kein Anhaltspunkt für die räumliche und zeitliche Sequenzierung und Gewichtung des Blickfeedbacks gegeben ist.

Methoden

Versuchspersonen

Am Experiment nahmen insgesamt 48 Versuchspersonen im Alter von 18-51 Jahren teil ($M = 23.88$, $SD = 6.07$), die überwiegend aus Studenten der TU Dresden rekrutiert wurden. Unter den Teilnehmern befanden sich 32 Frauen und 16 Männer. Alle verfügten über normale oder korrigierte Sehfähigkeiten, gaben an, nicht an einer Farb- oder Rechenschwäche zu leiden und sprachen fließend Deutsch. Die Hälfte der Versuchspersonen wurde der Rolle des Assistenten und die andere Hälfte der des Arbeiters zufällig zugewiesen, mit der Ausnahme, dass

Personen mit Sehhilfe als Assistenten eingeteilt wurden. Die Teilnahme am Experiment wurde mit anderthalb Versuchspersonenstunden oder einer finanziellen Vergütung von fünf Euro pro Stunde entlohnt.

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau inklusive Eyetracker und den Computern zur Stimuluspräsentation und Sprachaufzeichnung glich dem aus den Experimenten 3 und 4.

Stimuli

Dem Arbeiter wurden 20 Stimuli präsentiert, die inhaltlich einer Auswahl aus den in Experiment 5 verwendeten Bildern entsprachen. Unterschiede gab es lediglich in einigen nicht aufgabenrelevanten visuellen Details (z.B. Farbton, genaue Form der Objekte, Schriftart der Ziffern), die mit der Erzeugung der Stimuli im Programm zusammenhingen. Die Bilder für den Assistenten unterschieden sich zwischen den beiden Versionen der Sichtbarkeit. In Raster wurde ein grauer Bildschirm gezeigt, auf dem nur die Kästchenteilung des Hintergrundbildes und die Lösungsfelder (A-F) zu sehen waren. Pfade und Objekte waren nicht abgebildet. In Objekte wurden die Pfade farblich angezeigt und alle Objekte als Kreise dargestellt, so dass ihre Position, nicht aber ihre Identität erkennbar war. Das vom Assistenten zu bewegendes Fenster maß 255 x 190 Pixel (7.9 x 5.9°), was einem Bereich von 5 x 5 Rasterkästchen oder einem Sechzehntel des Bildes entsprach. Die physikalischen Eigenschaften des Fensters waren identisch mit denen aus Experiment 5. Der Assistent konnte den Bildschirm sowohl innerhalb, als auch außerhalb des Fensters einsehen. Zur besseren Unterscheidbarkeit von Fensterinnenraum und Außenbereich wurde Letzterer mit einem transparenten Grauton überlagert. Als Cursor zur Anzeige der Blick- oder Mausposition des Arbeiters auf dem Monitor des Assistenten diente das bereits im Puzzle verwendete Augen-Icon. Ein Stimulusbeispiel für Arbeiter und Assistenten wird in Abbildung 37 gegeben.

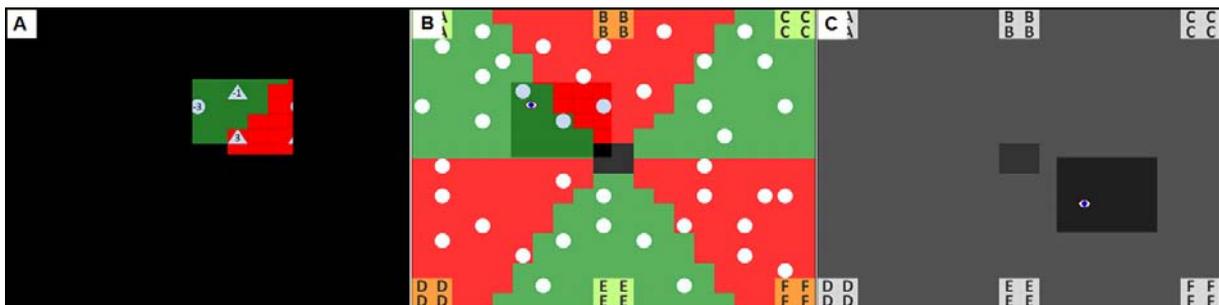


Abbildung 37. Stimulusbeispiel für Arbeiter (A) und Assistenten in Objekte (B) und Raster (C).

Versuchsablauf

Vor Beginn des Experimentes wurden die Versuchspersonen schriftlich und ergänzend mündlich über den Ablauf des Experimentes instruiert. Es wurde ein Fragebogen zur Erfassung demografischer Daten und dem allgemeinen Befinden vorgelegt. Zu Beginn eines jeden Blockes erfolgten eine Neun-Punkt-Kalibrierung des Eyetrackers und ein Übungsdurchgang. Die Kalibrierung konnte bei Bedarf nach jedem Durchgang wiederholt werden.

Die Paare durchliefen vier Blöcke, die jeweils einer der Bedingungskombinationen von Cursor und Sichtbarkeit entsprachen. Die Reihenfolge der Blöcke wurde zwischen den Paaren ausbalanciert, so dass jede Abfolge genau einmal auftrat. Jeder Block bestand aus fünf Durchgängen und einem Übungsdurchgang, der nicht in die Analysen einging. Die Stimuli wurden innerhalb des Experimentes randomisiert, so dass die Paare sich darin unterschieden, welche Bilder in einem bestimmten Block angezeigt wurden.

Ein Durchgang startete, wenn beide Teilnehmer dies durch Drücken der Leertaste bestätigten. Zu Beginn des Durchgangs waren das Fenster und die Maus des Arbeiters in der Bildmitte platziert. Seine Aufgabe entsprach exakt der aus Experiment 5: Er musste denjenigen Pfad auswählen, der rot war, nicht die kleinste Anzahl runder Objekte enthielt und eine kleinere Ziffernsumme ergab als der andere in Schritt 3 noch vorhandene Pfad. Im Unterschied zu Experiment 5 war das Fenster nicht an den Blickort des Arbeiters, sondern an die Maus des Assistenten gebunden. Der Durchgang endete, wenn der Arbeiter eines der Lösungsfelder mit seiner Maus anklickte. Nach jedem Durchgang wurde Feedback über die Richtigkeit der Lösung gegeben. Die Aufgabe des Assistenten bestand darin, das Fenster so zu verschieben, dass der Arbeiter die Aufgabe erfüllen konnte. Ihm wurden diesbezüglich keine Vorgaben oder Hinweise auf Strategien gegeben. In allen Bedingungen durften beide Partner frei sprechen. Zusätzlich wurden in Blick die Blickbewegungen und in Maus die Mausbewegungen des Arbeiters übertragen. Mausclicks wurden nicht visualisiert, sie waren jedoch im Prozess der Lösungsfindung auch nicht nötig. In Raster verfügte der Assistent über keinerlei lösungsrelevante, visuelle Information, sondern sah lediglich den Cursor des Partners auf dem grauen Hintergrund. In Objekte wurden ihm die Pfadfarben und Positionen der Objekte angezeigt.

Nach jedem Block füllten die Versuchspersonen einen Fragebogen aus, in dem die Aufgabenschwierigkeit, die Qualität der Zusammenarbeit und die Verwendung des Cursors bewertet wurden. Das gesamte Experiment dauerte etwa anderthalb Stunden.

Datenauswertung

Die Performanz- und Blickdaten wurden, sofern im Text nicht anders vermerkt, mithilfe von 2 (*Cursor: Blick, Maus*) x 2 (*Sichtbarkeit: Objekte, Raster*) ANOVAs mit Messwiederholung ausgewertet. In den Analysen der Sprachäußerungen wurde zusätzlich die Rolle (*Assistent, Arbeiter*) als zweifach gestufter Zwischensubjektfaktor, sowie die jeweilige inhaltliche Kategorisierung der Sprachdaten aufgenommen. Weiterführende Analysen werden an der jeweiligen Stelle im Text beschrieben. Alle Post hoc Vergleiche wurden mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt.

Ergebnisse

Zur Untersuchung der Zusammenarbeit in der Pfadaufgabe werden Leistungsmaße und Daten zur Bewegung des Fensters sowie deren Zusammenhang mit der Cursorbewegung dargestellt. Weiterhin werden Parametern der Blickbewegungen des Arbeiters zwischen den Bedingungen verglichen und es erfolgt eine quantitative und qualitative Analyse der verbalen Interaktionen. Den Abschluss bilden die subjektiven Aufgabenbewertungen beider Partner.

Performanz

In den Lösungszeiten zeigte sich ein Haupteffekt des Cursors, $F(1,23) = 22.60$, $p < .001$, ein Haupteffekt der Sichtbarkeit, $F(1,23) = 14.69$, $p < .001$, und eine Interaktion beider Faktoren, $F(1,23) = 11.89$, $p = .002$. Die Lösungszeiten waren in Maus kürzer als in Blick (77.5 vs. 101.9 s) und in Objekte kürzer als in Raster (75.9 vs. 103.4 s). Die Verlangsamung bei Verwendung von Blickbewegungen im Gegensatz zur Maus trat nur in Raster auf, $p < .001$, wohingegen sich beide Cursors in Objekte nicht signifikant unterschieden, $p = .153$ (siehe Abbildung 38).

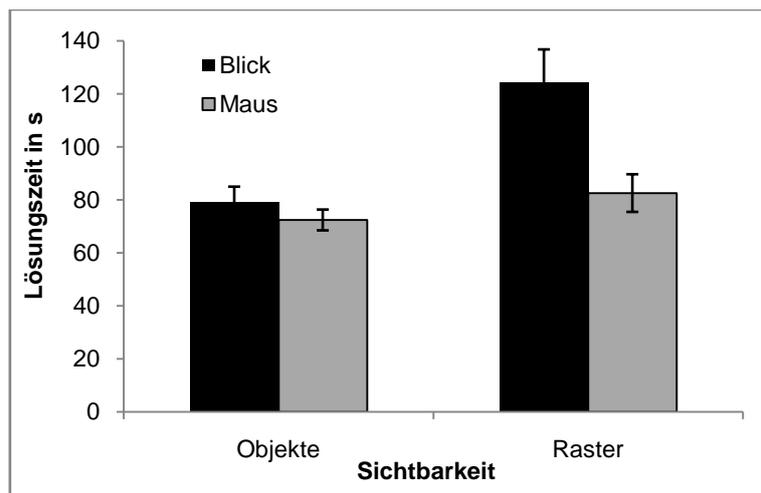


Abbildung 38. Lösungszeiten in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit.

Die mittlere Fehlerrate lag bei 22.5 % in Blick und 16.2 % in Maus, die Fehlerraten unterschieden sich statistisch jedoch nicht zwischen den Cursors, $F(1,23) = 2.58$, $p = .122$. Auch der Haupteffekt der Sichtbarkeit war nicht signifikant, $F(1,23) = .01$, $p = .910$, und es konnte keine Interaktion beider Faktoren gefunden werden, $F(1,23) = .02$, $p = .901$.

Neben der Aufgabenleistung im Sinne von Lösungszeiten und Fehlern wurde auch die Zusammenarbeit zwischen den Partnern betrachtet. Dabei wurde die Bewegung des Fensters durch den Assistenten mit der Cursorbewegung des Arbeiters in Zusammenhang gebracht. Im ersten Schritt wurde die Fensterbewegung als die Summe aller vom Assistenten mit der Maus zurückgelegten Distanzen berechnet. Diese kumulierte Fensterdistanz unterschied sich nicht zwischen Blick und Maus, $F(1,23) = 1.74$, $p = .200$, zeigte aber einen hochsignifikanten Haupteffekt der Sichtbarkeit, $F(1,23) = 77.72$, $p < .001$, und einen Trend zu einer Interaktion von Cursor und Sichtbarkeit, $F(1,23) = 2.95$, $p = .099$. In Objekte wurde das Fenster im Mittel nur um 7208 px bewegt, wohingegen die mittlere Distanz in Raster bei 10044 px lag. Der Trend zu einer Interaktion konnte darauf zurückgeführt werden, dass es in Objekte keinen Unterschied in den Fensterdistanzen zwischen Blick und Maus gab (7245 und 7170 px), $p = .792$, während in Raster eine nicht signifikante Tendenz zu mehr Fensterbewegung in Maus als in Blick zu beobachten war (10408 vs. 9680 px), $p = .075$.

Das Fenster wird in Raster also mehr bewegt – aber wie hängt dies von der Bewegung des Cursors ab? In den folgenden Analysen werden Zusammenhänge zwischen den Handlungsströmen beider Partner analysiert, um Aussagen über deren Koordination zu erlauben. Fünf Paare wurden aus diesen Analysen entfernt. Die Arbeiter dieser Paare hatten

ihre Maus in mindestens einer der beiden Mausbedingungen zu Beginn des Blockes beiseitegelegt und kommunizierten rein verbal. Eine sinnvolle Auswertung von Abhängigkeiten zwischen den Bewegungen ihrer (nicht genutzten) Maus und den Handlungen des Assistenten wird dadurch unmöglich.

Zunächst sollte untersucht werden, wie stark die Bewegung des Cursors des Arbeiters (Blick oder Maus) und die Bewegung des Fensters (dessen Mittelpunkt dem Cursor des Assistenten entsprach) aufeinander abgestimmt waren. Zur Quantifizierung dieses Zusammenhanges wurde die mittlere Distanz zwischen beiden Cursors berechnet. Eine bloße Differenzbestimmung zu einem gegebenen Zeitpunkt ist jedoch wenig aufschlussreich. Wenn beide Bewegungen aneinander gekoppelt sind (z.B. der Assistent folgt dem Cursor des Arbeiters), so ist zu erwarten, dass sich die Cursors nicht gleichzeitig, sondern mit einem bestimmten zeitlichen Versatz bewegen. Daher wurden die Zeitreihen der Cursorbewegung beider Partner schrittweise gegeneinander verschoben. So entstand ein Distanzwert für jede Stufe des Zeitversatzes (siehe Abbildung 39), welcher entsprechend der Aufzeichnungsrate der Mausbewegungen auf 63 ms festgelegt wurde. Ein positiver Versatzwert bedeutet dabei, dass der Assistent dem Arbeiter folgt.

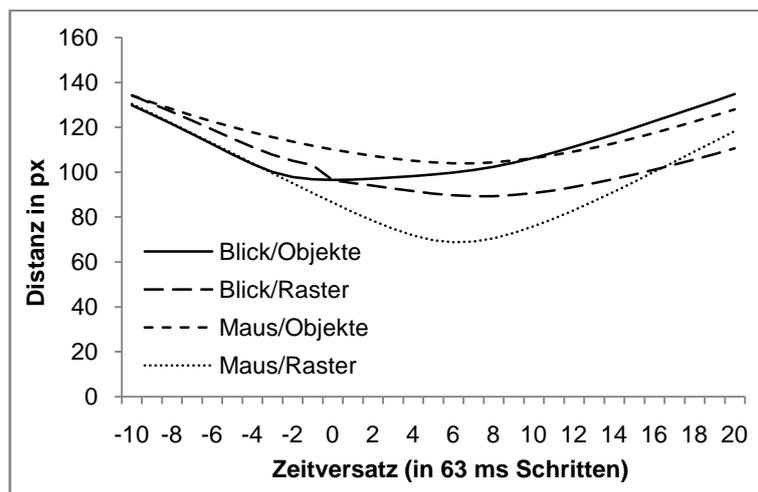


Abbildung 39. Distanzen zwischen Cursor und Fenstermitte im Zeitverlauf.

Zunächst wurden die mittleren Minimaldistanzen zwischen den experimentellen Bedingungen verglichen. Eine geringe Minimaldistanz bedeutet dabei, dass der Cursor des Arbeiters und das Fenster häufig nah beieinander liegen, ohne dass Aussagen darüber gemacht werden, wann dies der Fall ist oder welcher Cursor dem anderen folgt. Es ergab sich ein Haupteffekt des Cursors, $F(1,18) = 14.35$, $p < .001$, ein Haupteffekt der Sichtbarkeit, $F(1,18) = 15.91$, $p < .001$, und eine Interaktion beider Faktoren, $F(1,18) = 28.02$, $p < .001$. Der Minimalabstand zwischen Cursor und Fenster war in Blick größer als in Maus (92 vs. 82 px) und in Objekte größer als in Raster (95 vs. 80 px). Allerdings konnten größere Abstände in Blick als in Maus nur für Raster gefunden werden, $p < .001$, wohingegen die Abstände in Objekte ähnlich waren, $p = .216$. Umgekehrt konnte ein Unterschied zwischen den Sichtbarkeitsbedingungen nur für Maus nachgewiesen werden, $p < .001$, nicht aber für Blick, $p = .827$.

Die Interaktion in den Cursor-Fenster-Abständen suggeriert, dass der Assistent dem Cursor des Arbeiters in Raster nur dann besonders genau folgte, wenn dieser Cursor die Maus repräsentierte. Da jedoch aus einer Minimaldistanz allein noch keine Richtung erkennbar ist,

lässt sich das Ergebnis nicht eindeutig auf ein dichteres Folgen zurückführen. Noch ist unklar, welcher Partner folgt, welcher führt und wie konsistent Personen dies tun. Um zu bestimmen, wie eng die Cursor- und Fensterbewegung zusammenhängen, wurde der Abfall der Distanzen über die Stufen des Zeitversatzes verglichen. Dazu wurde die Amplitude der Distanz-Zeitversatz-Kurve (siehe Abbildung 39) berechnet. Wenn sich Cursor und Fenster asynchron verhalten, dann sollte der Zeitversatz keinen starken Einfluss auf den Distanzwert haben. Eine perfekte Kopplung beider Bewegungen sollte hingegen dazu führen, dass es einen „optimalen“ Zeitversatz gibt und die Distanzen bei kleineren und größeren Versätzen steil wieder ansteigen. Die Amplitude der Kurve sollte also höher sein.

In den Amplituden der Distanzkurven entstand ein Haupteffekt des Cursors, $F(1,18) = 6.67$, $p = .019$, ein Haupteffekt der Sichtbarkeit, $F(1,18) = 7.65$, $p = .013$, und eine hochsignifikante Interaktion beider Faktoren, $F(1,18) = 71.82$, $p < .001$. Die Amplituden in Blick waren geringer als in Maus (37 vs. 45 px) und in Objekte geringer als in Raster (37 vs. 45 px). Allerdings entstanden diese steileren Verläufe in Maus im Gegensatz zu Blick nur für Raster, $p < .001$, wohingegen sich für Objekte ein nichtsignifikanter Trend zu höheren Amplituden in Blick zeigte, $p = .098$. Während in Maus steilere Abfälle für Raster als für Objekte entstanden, $p < .001$, waren die Amplituden in Blick für Objekte sogar höher als für Raster, $p = .029$ (siehe Abbildung 40).

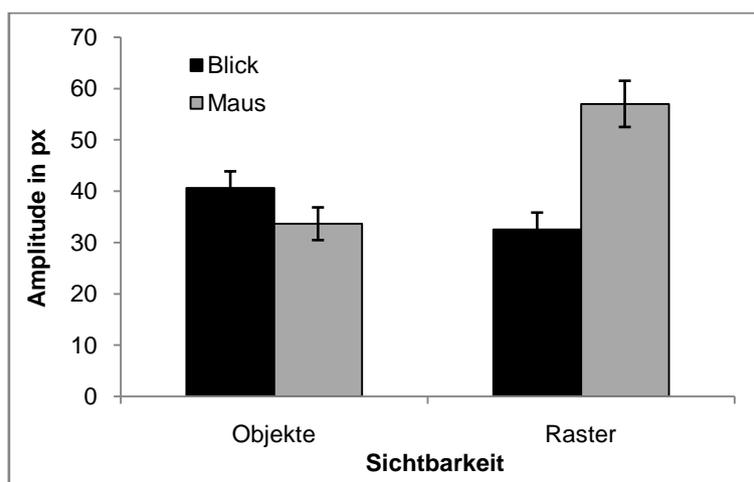


Abbildung 40. Amplituden der Distanzkurven in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit.

Aus den Kurvenamplituden geht hervor, dass die Bewegungen von Cursor und Fenster bei Verwendung der Maus in Raster besonders stark gekoppelt waren. Aber auch dieser Wert gibt noch nicht an, ob der Assistent dem Cursor des Arbeiters folgte oder umgekehrt. Um dies zu ermitteln, muss der Zeitversatz selbst herangezogen werden. Die Zeitversätze variierten jedoch stark zwischen den Paaren, was auf eine Nutzung unterschiedlicher Strategien in der Koordination gemeinsamer Handlungen hindeutet. Dabei kann generell zwischen zwei Strategien zur Steuerung des Fensters unterschieden werden: Der Assistent folgt dem Arbeiter durch Bewegen des Fensters zur Cursorposition oder der Arbeiter folgt dem Assistenten, indem er dort handelt, wo der Assistent das Fenster platziert. Erstere Strategie äußert sich darin, dass die geringsten Cursor-Fenster-Distanzen bei Zeitversätzen größer Null entstehen, wohingegen eine Steuerung durch den Assistenten Minimaldistanzen bei Zeitversätzen kleiner Null hervorruft (siehe Abbildung 41).

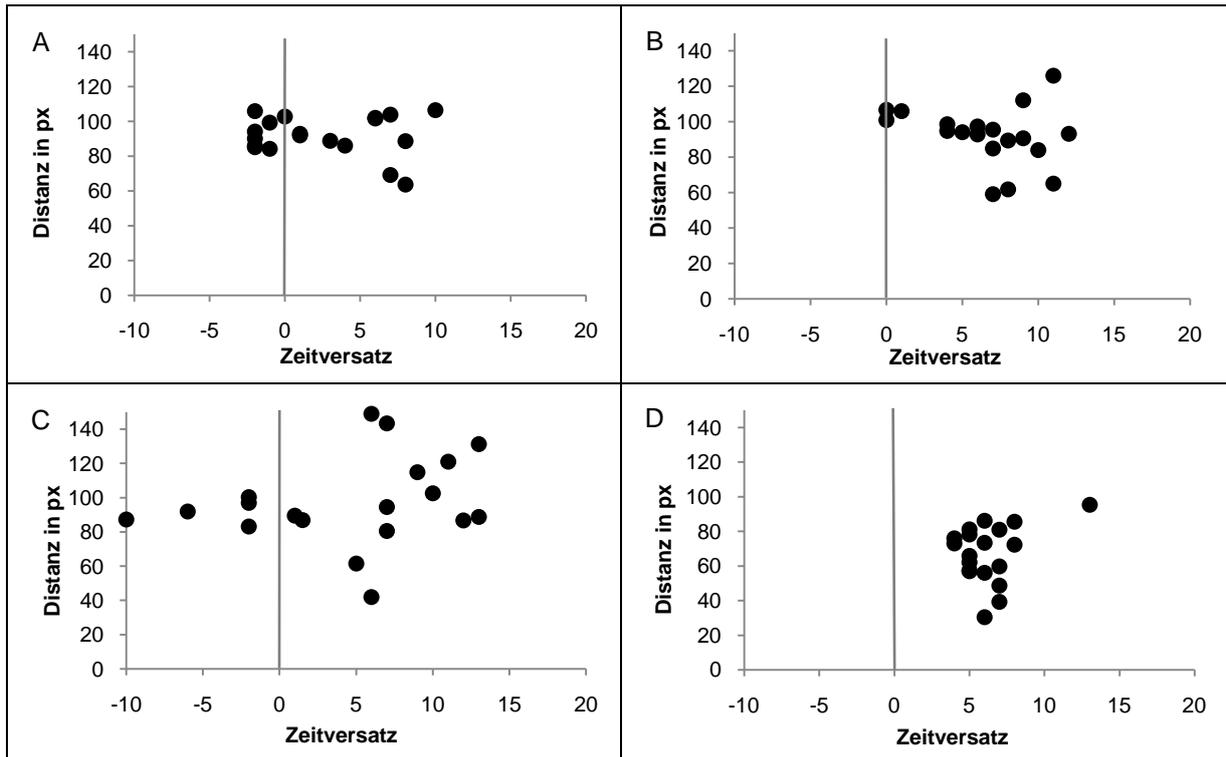


Abbildung 41. Minimaldistanzen und der zugehörige Zeitversatz in 63 ms Schritten in Blick/Objekte (A), Blick/Raster (B), Maus/Objekte (C) und Maus/Raster (D). Jeder Punkt repräsentiert ein Versuchspersonenpaar.

Wie in Abbildung 41 zu erkennen ist, unterschieden sich die Bedingungskombinationen deutlich in der Streuung der Zeitversätze, mit denen die Paare ihre minimale Cursor-Fenster-Distanz erreichten. Während in der Kombination Maus/Objekte eine sehr breite Verteilung zu beobachten war ($SD = 6.61$), zeigten sich in Blick/Objekte ($SD = 4.22$) eher zwei Gruppen: Einige Paare erreichten die Minimaldistanz mit Zeitversätzen um die 0 und einige mit positiven Zeitversätzen. Im Gegensatz zur Objektbedingung entstanden für Raster höhere Streuungen in Blick ($SD = 3.58$) als in Maus ($SD = 2.02$). Paare in Maus/Raster waren sich untereinander also ähnlicher in der zeitlichen Dynamik ihrer Cursor-Fenster-Koordination.

In den Rasterbedingungen zeigten alle Paare positive Zeitversätze, die Cursorbewegung des Arbeiters ging der Fensterbewegung also stets voraus. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass positive Zeitversätze nicht notwendigerweise ein Verfolgen des Cursors widerspiegeln. In Blick/Raster zum Beispiel ignorierten einige Assistenten den Cursor komplett und ließen sich rein verbal anleiten. Da Personen aber üblicherweise dahin schauen, worüber sie sprechen, befand sich der Blick des Arbeiters ebenfalls an der Position, deren Sichtbarmachen er vom Assistenten wünschte. Da positive Zeitversätze auf diese Weise auch ohne ein Verfolgen des Cursors an sich entstehen können, sollte der Zeitversatz nicht für sich allein, sondern stets in Kombination mit der Höhe des Distanzwertes interpretiert werden. Dabei zeigen sich in Maus/Raster Hinweise für ein sehr enges Verfolgen des Cursors: Geringe Distanzen gingen mit einheitlich positiven Zeitversätzen einher (siehe Abbildung 41D).

Hatte die Koordination von Cursor und Fenster einen Einfluss auf die Leistung in der Aufgabe? In Objekte waren hinsichtlich der Lösungszeit keine Unterschiede zwischen Blick und Maus gefunden worden. Es wäre möglich, dass schnelle Lösungen in Blick/Objekte nur auf diejenigen Paare zurückgingen, deren Assistent den Blickcursor nicht nutzte und das

Fenster selbständig verschob. Um Einflüsse solcher Strategien auf die Aufgabenleistung zu untersuchen, wurden die mittleren Lösungszeiten von Paaren mit cursorfolgenden Assistenten (Zeitversatz > 0) und selbständig verschiebenden Assistenten (Zeitversatz ≤ 0) mittels t-Test verglichen. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen beiden Gruppen, $t(17) = .12$, $p = .904$. Weiterhin wurde untersucht, ob die zeitliche Dynamik der Cursor-Fenster-Koordination mit der Aufgabenleistung in Verbindung stand. Kamen diejenigen Paare schneller zur Lösung, deren Assistenten dem Cursor des Arbeiters unmittelbar folgten? Zur Beantwortung dieser Frage wurden in allen Kombinationen der experimentellen Bedingungen Korrelationen zwischen dem Zeitversatz zur Minimaldistanz und der Lösungszeit berechnet. In keiner der Bedingungskombinationen gab es signifikante Zusammenhänge, alle $r < .14$, alle $p > .5$.

Die bisherigen Befunde suggerieren, dass Assistenten den Mauscursor des Arbeiters in Raster anders nutzen als in Objekte. Aber setzen Arbeiter diesen Cursor auch anders ein? Wenn ja, worin liegt dieser Unterschied? Für die Blöcke mit Mausübertragung wurden die Mauswege des Arbeiters innerhalb eines Durchgangs summiert und mittels t-Test zwischen den beiden Sichtbarkeitsbedingungen verglichen. In Raster legten Arbeiter weitere Mauswege zurück als in Objekte (11463 vs. 8912 px), $t(23) = -2.24$, $p = .035$. Dieser Befund könnte bedeuten, dass Arbeiter ihre Maus in Raster eher so verwenden wie sie ihre Augen bewegten, um dem Assistenten in Abwesenheit von Objektinformation über den Fokus ihrer Aufmerksamkeit zu informieren. In diesem Fall sollte der mittlere Abstand zwischen dem Blickort und dem Mauscursor des Arbeiters in Maus/Raster geringer sein als in Maus/Objekte. Tatsächlich zeigte dieser Vergleich marginal geringere Abstände in Raster als in Objekte (90.34 vs. 100.52 px), $t(18) = 2.10$, $p = .050$. Die nur marginale Signifikanz kann auf die Daten einer einzigen Person zurückgeführt werden. Entfernt man diese aus der Analyse, tritt der Unterschied deutlich hervor, $t(17) = 3.77$, $p = .002$. In Raster befindet sich die Maus und damit auch der für den Assistenten sichtbare Cursor des Arbeiters also näher an dessen Blickort.

Blickbewegungen

Alle Fixationen außerhalb des Bildschirmes und die erste Fixation innerhalb eines Durchgangs wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Eine Übersicht der Fixationsdauern in allen vier Bedingungskombinationen wird in Abbildung 42 gegeben. Die mittleren Fixationsdauern in Objekte waren kürzer als in Raster (243 vs. 257 ms), $F(1,23) = 19.09$, $p < .001$, aber es zeigte sich kein Effekt des Cursors, $F(1,23) = .03$, $p = .871$, und keine Interaktion von Cursor und Sichtbarkeit, $F(1,23) = 1.01$, $p = .326$. Genauso traten lange Fixationen von über 500 ms häufiger in Raster auf als in Objekte (15.6 vs. 14.1 %), $F(1,23) = 7.52$, $p = .012$, aber unterschieden sich nicht in Abhängigkeit vom Cursor, $F(1,23) = .86$, $p = .363$, und es entstand keine Interaktion von Cursor und Sichtbarkeit, $F(1,23) < .01$, $p = .975$. Eine Herabsetzung des Trennwertes auf 300 ms führte zu vergleichbaren Ergebnissen.

Die Sakkaden der Arbeiter war größer in Blick als in Maus (2.53° vs. 2.45°), $F(1,23) = 7.55$, $p = .011$, und größer in Objekte als in Raster (2.57° vs. 2.40°), $F(1,23) = 45.40$, $p < .001$. Eine Interaktion beider Faktoren zeigte sich nicht, $F(1,23) = .74$, $p = .398$.

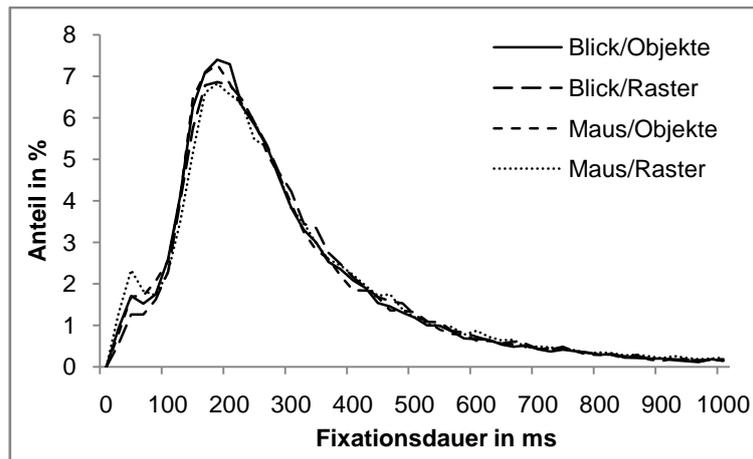


Abbildung 42. Anteile von Fixationen verschiedener Dauer in den vier Kombinationen von Cursor und Sichtbarkeit.

Sprachäußerungen

Aufgabenirrelevante Gesprächsanteile wie private Äußerungen oder Fragen an den Versuchsleiter wurden nicht in die Analysen aufgenommen. Ebenso wurde subvokales Flüstern und Murmeln während des Rechnens nicht transkribiert. Laut ausgesprochene Rechenschritte, die für den Partner verständlich und damit kommunikativ relevant waren, wurden hingegen mit berücksichtigt. Da sowohl Arbeiter, als auch Assistenten sprechen konnten, wurde der Faktor Rolle in alle Analysen einbezogen.

In der Analyse der verbalen Interaktionen wurden einerseits die Wortanzahlen beider Partner betrachtet, um zu untersuchen, mit welchem kommunikativen Aufwand die Nutzung beider Cursorarten einherging. Für jeden Durchgang wurde die Anzahl der gesprochenen Wörter bestimmt und mithilfe einer 2 (Cursor: Blick, Maus) x 2 (Sichtbarkeit: Objekte, Raster) x 2 (Rolle: Arbeiter, Assistent) ANOVA mit Messwiederholung zwischen den experimentellen Bedingungen verglichen. Die Analyse ergab einen Haupteffekt des Cursors, $F(1,46) = 28.91, p < .001$, einen Haupteffekt der Sichtbarkeit, $F(1,46) = 13.91, p < .001$, und einen Haupteffekt der Rolle, $F(1,46) = 32.60, p < .001$. Weiterhin interagierten Cursor und Sichtbarkeit, $F(1,46) = 15.61, p < .001$, Cursor und Rolle, $F(1,46) = 15.61, p < .001$, sowie Sichtbarkeit und Rolle, $F(1,46) = 15.99, p < .001$. Auch die Interaktion von Cursor, Sichtbarkeit und Rolle war signifikant, $F(1,46) = 10.23, p = .003$.

In Blick wurden mehr Wörter produziert als in Maus (60.3 vs. 39.8 Wörter) und in Objekte wurde weniger gesprochen als in Raster (41.6 vs. 58.5 Wörter). Unterschiede zwischen Blick und Maus entstanden jedoch lediglich in Raster, $p < .001$, und verfehlten in Objekte das Signifikanzlevel, $p = .085$. Auch zeigten sich Wechselwirkungen mit der Rolle: Arbeiter sprachen mehr als Assistenten (79.0 vs. 21.1 Wörter). Nur für Arbeiter entstanden höhere Wortanzahlen in Blick als in Maus, $p < .001$, nicht aber für Assistenten, $p = .319$. Ebenso sprachen Arbeiter in Raster mehr als in Objekte, $p < .001$, während für Assistenten kein Einfluss der Sichtbarkeit zu finden war, $p = .850$. Die Dreifachinteraktion kann auf die besonders hohen Wortanzahlen für Arbeiter in Blick/Raster zurückgeführt werden (siehe Abbildung 43). Insgesamt zeigen die Daten, dass sich Unterschiede zwischen den Cursors und in der Sichtbarkeit nur auf die Sprache von Arbeitern, nicht aber von Assistenten auswirkten.

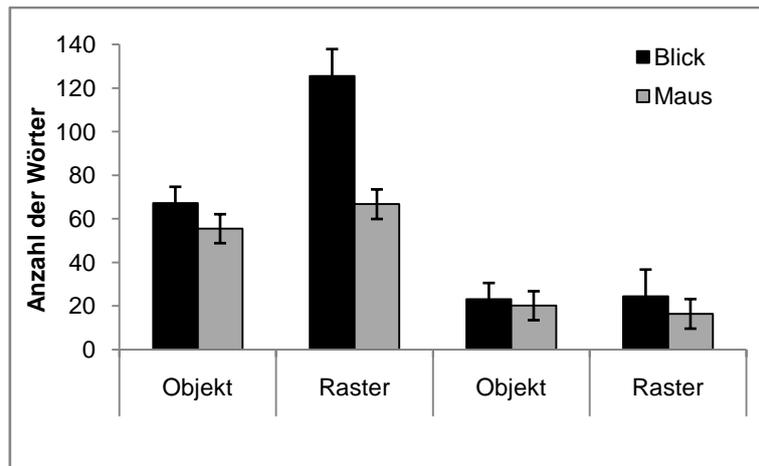


Abbildung 43. Wortanzahlen in Abhängigkeit von Cursor, Sichtbarkeit und Rolle.

Zusätzlich zur absoluten Menge an Sprache war von Interesse, auf welche Weise sie in Verbindung mit dem Cursorfeedback zur Koordination der Fensterbewegung herangezogen wurde. Dazu wurde zunächst die inhaltliche Funktion von Sprachäußerungen im Dialog betrachtet. Wie schon in den Puzzleexperimenten wurden alle Äußerungen in die Kategorien Anweisung, Information, Feedback und Frage klassifiziert. Die prozentualen Anteile dieser Kategorien wurden mittels einer 2 (Cursor: Blick, Maus) x 2 (Sichtbarkeit: Objekte, Raster) x 4 (Äußerungskategorie: Anweisung, Information, Feedback, Frage) x 2 (Rolle: Arbeiter, Assistent) ANOVA mit Messwiederholung zwischen den experimentellen Bedingungen verglichen. Im Folgenden werden nur diejenigen Ergebnisse berichtet, die den Faktor Äußerungskategorie beinhalten.

Es wurde ein Haupteffekt der Äußerungskategorie gefunden, $F(3,138) = 74.42$, $p < .001$, sowie eine Interaktion von Rolle und Äußerungskategorie, $F(3,138) = 19.05$, $p < .001$, eine Interaktion von Cursor und Äußerungskategorie, $F(3,138) = 9.07$, $p < .001$, und eine Interaktion von Sichtbarkeit und Äußerungskategorie, $F(3,138) = 5.25$, $p = .002$. Weiterhin konnte eine Interaktion von Cursor, Rolle und Äußerungskategorie nachgewiesen werden, $F(3,138) = 3.09$, $p = .029$. Die Interaktion von Cursor, Sichtbarkeit und Äußerungskategorie zeigte lediglich einen Trend, $F(3,138) = 2.29$, $p < .081$, aber es entstand eine signifikante Vierfachinteraktion unter Einbezug der Rolle, $F(3,138) = 3.47$, $p = .018$.

Die meisten Äußerungen waren Informationen (46.6 %), gefolgt von Feedback (28.7 %), Anweisungen (11.7 %) und Fragen (8.4 %). Arbeiter gaben häufiger Anweisungen und Informationen, wohingegen Assistenten anteilig mehr Feedback lieferten und Fragen stellten, alle $p < .005$. Insgesamt wurden in Blick im Vergleich zu Maus mehr Anweisungen, $p = .001$, und mehr Feedback, $p = .042$, gegeben, wohingegen in Maus anteilig mehr Informationen nachgewiesen werden konnten, $p = .021$. Aber nur für Arbeiter unterschieden sich die Anteile der Äußerungskategorien zwischen Blick und Maus in der oben beschriebenen Weise, alle $p < .03$. Eine Ausnahme bildeten hier lediglich Fragen, die nur einen Trend zeigten, $p = .067$. Assistenten dagegen äußerten mehr Fragen in Blick als in Maus, $p < .001$, aber die Anteile von Anweisungen, Informationen und Feedback unterschieden sich nicht zwischen den Cursorarten, alle $p > .2$.

In Objekte wurden verglichen mit Raster weniger Anweisungen, $p = .038$, und mehr Informationen produziert, $p = .011$, wohingegen die Anteile von Feedback und Fragen nicht

mit der Sichtbarkeit zusammenhängen, beide $p > .2$. Der Trend zu einer Interaktion von Cursor, Sichtbarkeit und Äußerungskategorie konnte dadurch erklärt werden, dass sich in Objekte keine Unterschiede in den Äußerungskategorien von Blick und Maus zeigten, alle $p > .08$, wohingegen in Raster mehr Anweisungen in Blick und (anteilig) mehr Informationen in Maus gegeben wurden, beide $p < .005$.

Die Vierfachinteraktion unter Einbezug der Rolle (siehe Abbildung 44) kam zustande, weil der Einfluss der Sichtbarkeit lediglich für Arbeiter auftrat. Diese zeigten Unterschiede in den Äußerungskategorien zwischen Blick und Maus nur in Raster, wo sie in Blick mehr Anweisungen und Feedback produzierten, beide $p < .02$, aber weniger Informationen, $p < .001$. In Objekte dagegen unterschieden sich die Äußerungen der Arbeiter nicht zwischen Blick und Maus, alle $p > .08$. Die Sprachäußerungen von Assistenten unterschieden sich weder in Objekte, noch in Raster zwischen Blick und Maus, alle $p > .2$. Eine Ausnahme bildeten lediglich Fragen, die am häufigsten in Blick/Raster gestellt wurden, $p < .001$. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sich nur die Äußerungen der Arbeiter zwischen Blick und Maus unterschieden, und auch dies nur in Raster. In dieser Bedingung wurden in Blick mehr Anweisungen und mehr Feedback gegeben als in Maus.

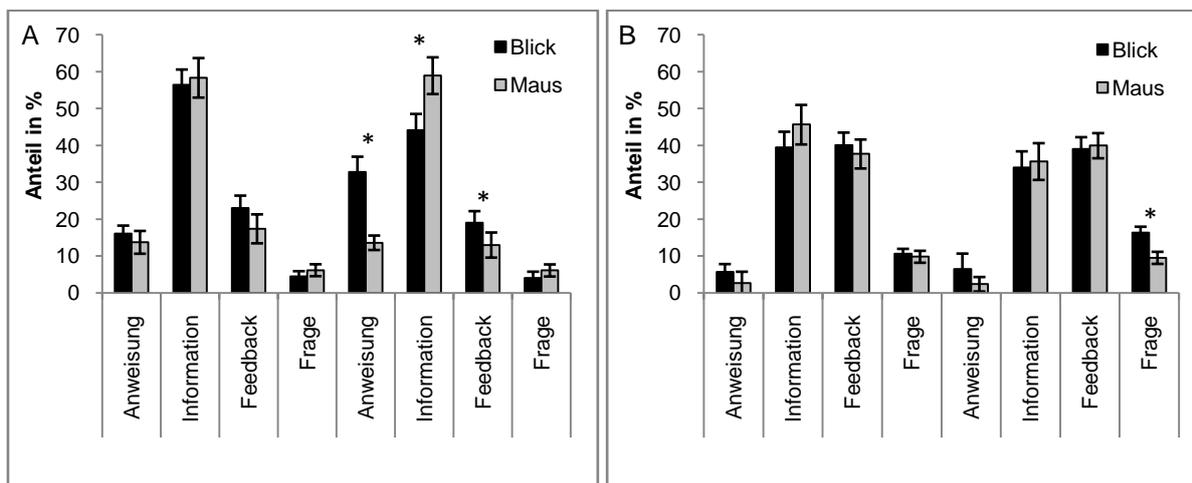


Abbildung 44. Sprachäußerungen von Arbeitern (A) und Assistenten (B) in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit.

Wie viel Sprache ist notwendig, um die Fensterverschiebung zu koordinieren? In einem letzten Schritt wurden alle Äußerungen der Arbeiter betrachtet, die sich auf die Positionierung des Fensters bezogen. Der Anteil dieser verschieberelevanten Äußerungen an der Gesamtheit aller Äußerungen wurde zwischen den Bedingungen verglichen. Die Analyse ergab Haupteffekte für Cursor, $F(1,23) = 5.78$, $p = .025$, und Sichtbarkeit, $F(1,23) = 8.72$, $p = .007$, sowie eine signifikante Interaktion beider Faktoren, $F(1,23) = 5.10$, $p = .023$. In Blick wurden anteilig mehr verschieberelevante Äußerungen gemacht als in Maus und in Raster gab es mehr Verschiebeäußerungen als in Objekte. Allerdings zeigte sich ein Unterschied zwischen Blick und Maus nur in Raster (41.9 vs. 25.6 %), $p < .001$, nicht aber in Objekte (24.0 vs. 22.6 %), $p = .803$.

Zieht man anstelle des Anteils der Verschiebeäußerungen deren Absolutanzahlen pro Durchgang heran, so werden ebenfalls alle Haupteffekte und Interaktionen signifikant, alle $F > 12$, alle $p < .002$. Im Post hoc Vergleich zeigt sich der Unterschied zwischen Blick und

Maus aber sowohl in Raster (17.6 vs. 5.6), $p < .001$, als auch in Objekte, (5.6 vs. 2.9), $p = .009$. Das Ausbleiben eines Unterschiedes in der vorab berichteten Analyse der Anteile kann demnach dadurch erklärt werden, dass für beide Cursors ähnliche Verhältnisse verschieberelevanter Äußerungen zu Äußerungen anderer Art entstanden: Zwar richteten die Arbeiter in Blick mehr Äußerungen an den Assistenten, aber diese höhere verbale Aktivität beschränkte sich nicht nur auf Instruktionen zum Verschieben des Fensters.

Subjektive Daten

Mittels einer Befragung der Versuchspersonen sollte untersucht werden, als wie schwierig sie die Verwendung des Cursors empfanden und worauf genau dies zurückzuführen war. Alle Ratings wurden mittels 2 (Cursor: Blick, Maus) \times 2 (Sichtbarkeit: Objekte, Raster) \times 2 (Rolle: Arbeiter, Assistent) ANOVAs mit Messwiederholung ausgewertet. Zunächst wurden die Teilnehmer gebeten, die Leichtigkeit der Aufgabe einzuschätzen, wobei geringere Werte für eine höhere subjektive Schwierigkeit stehen. Es zeigte sich ein Haupteffekt des Cursors, $F(1,46) = 22.06$, $p < .001$, und der Sichtbarkeit, $F(1,46) = 9.02$, $p = .007$, aber kein Haupteffekt der Rolle, $F(1,46) = 1.83$, $p = .183$. Cursor und Sichtbarkeit interagierten, $F(1,46) = 13.36$, $p < .001$, aber es konnten keinerlei Interaktionen mit der Rolle gefunden werden, alle $F < 4$, alle $p > .08$. In Blick wurde die Aufgabe als schwieriger bewertet als in Maus (3.48 vs. 3.97) und in Raster entstanden höhere Schwierigkeitsratings als in Objekte (3.53 vs. 3.92). Unterschiede zwischen Blick und Maus waren nur auf Raster zurückzuführen, $p < .001$, und traten in Objekte nicht auf, $p = .109$.

Zur detaillierteren Analyse des subjektiven Umgangs mit dem Blick- und Mausfeedback bewerteten die Teilnehmer, wie gut sie sich mithilfe des jeweiligen Cursors verständigen konnten. Es zeigte sich ein Effekt des Cursors, $F(1,46) = 39.79$, $p < .001$, und ein Effekt der Sichtbarkeit, $F(1,46) = 12.17$, $p < .001$, aber kein Effekt der Rolle, $F(1,46) = 1.46$, $p = .233$. Cursor und Rolle interagierten, $F(1,46) = 8.25$, $p = .006$, aber keine andere Interaktion war signifikant, alle $F < 3$, alle $p > .1$. Die Verständlichkeit wurde in Blick geringer bewertet als in Maus (3.31 vs. 4.15). Arbeiter bewerteten ihre Verständigung mittels Blickcursor schlechter als Assistenten, $p = .023$, aber beide Partner bewerteten den Mauscursor ähnlich, $p = .698$. Sie gaben an, den Cursor in Raster eher zur Verständigung nutzen zu können als in Objekte (3.98 vs. 3.49). Die fehlende Interaktion von Cursor und Sichtbarkeit zeigt an, dass dieser größere subjektive Nutzen in Raster für beide Cursorstypen auftrat. Die Assistenten wurden weiterhin gefragt, inwiefern sich der Blickcursor zu schnell bewegt habe. Ein t-Test zum Vergleich zwischen den Sichtbarkeitsbedingungen zeigte, dass er in Raster eher als zu schnell bewertet wurde als in Objekte (2.17 vs. 1.75), $t(23) = -2.46$, $p = .022$.

Diskussion

Blick- und Mausübertragung wurden in einem Setting verglichen, in dem ein Assistent den übertragenen Cursor nutzen konnte, um dem Partner durch Verschieben seines Sichtbereiches beim Lösen einer visuellen Aufgabe zu helfen. In diesem Kontext wurde untersucht, wie die Verwendung von Blickfeedback mit der Sichtbarkeit aufgabenrelevanter Objekte für den Assistenten zusammenhing. Zwar entstanden längere Lösungszeiten für Blick- im Gegensatz zur Mausübertragung, aber nur dann, wenn der Assistent die Objekte nicht sehen konnte. Repräsentierte der Cursor den Blick, so wurde außerdem mehr verbaler Aufwand betrieben,

vor allem in Abwesenheit von Objektinformation. Diese Ergebnisse implizieren, dass Blickübertragung dem Mauszeigen zwar nicht überlegen war, aber auch nicht generell zu Problemen führte. Der Blickcursor kann so hilfreich sein wie die Maus, wenn er in Relation zu den Objekten übertragen wird, die für die gemeinsame Aufgabe relevant sind. Werden diese Objekte jedoch nicht angezeigt, so kann der Mauscursor noch immer problemlos genutzt werden, der Blickcursor hingegen nicht. Dieser Unterschied scheint darauf zurückzuführen zu sein, dass Blick- und Mauscursor in Abhängigkeit von den Sichtbedingungen unterschiedlich gut zu interpretieren sind. Um die selektive Wirkung dieses Effektes in der Rasterbedingung zu verstehen, muss zunächst geklärt werden, warum bei vorhandener Objektinformation keine Probleme auftraten.

Eine sehr einfache Möglichkeit besteht darin, dass Assistenten schlichtweg nicht auf ein Verstehen des Blickcursors angewiesen sind, wenn sie die Objekte sehen. Weil sie das Fenster ohnehin selbständig verschieben, macht es nichts aus, dass sie den Blick nicht interpretieren können. Ähnliche Leistungen im Vergleich zur Mausübertragung kämen in diesem Falle vor allem durch Paare zustande, deren Assistenten den Blick einfach ignorierten. Eine solche Erklärung wird durch die Daten allerdings nicht gestützt: Die Lösungszeiten von Blicknutzern und Personen, die ihn nicht nutzten – gemessen daran, ob die Cursorbewegung dem Fenster zeitlich vorausging – unterschieden sich nicht. Anstatt dessen scheint die gute Nutzbarkeit des Blickes in der Objektbedingung auf die Art der im Blick enthaltenen Information über Prozesse der visuellen Aufmerksamkeit rückführbar zu sein. Diese schwebt üblicherweise nicht frei im Raum, sondern stellt einen Bezug zwischen der Person und den von ihr beachteten Entitäten dar. Besonders in aktiven Aufgaben ist der Zusammenhang zwischen dem Aufmerksamkeitsfokus, dem Blickort und der aktuellen Handlung besonders direkt: Personen schauen auf die Objekte, an denen sie handeln (Land & Tatler, 2009). Damit kann ein Beobachter anhand der Relation zwischen dem Partnerblick und den Objekten erkennen, was der Partner gerade tut. Schaut der Arbeiter zum Beispiel während des dritten Aufgabenschrittes für längere Zeit auf ein bestimmtes Objekt, so weiß der Assistent mit hoher Sicherheit, dass er die im Objekt befindliche Ziffer zum Zwischenergebnis hinzuaddiert. Wendet der Arbeiter seinen Blick vom Objekt wieder ab, so kann der Assistent darauf schließen, dass er die Addition abgeschlossen hat.

Was verändert sich, wenn der Blick ohne die zugehörigen Objekte übertragen wird? In diesem Falle können derartige Bezüge nicht mehr hergestellt werden. Schaut der Arbeiter in den (für den Assistenten) leeren Raum und springt dann weiter zum nächsten leeren Bereich, wird der Assistent den Blick nicht interpretieren können. Betrachtet der Arbeiter ein Objekt? Denkt er nach und schaut dabei tatsächlich ins Leere? Oder will er durch das lange Verweilen des Blickes womöglich sogar etwas kommunizieren? Den Blick als zuverlässigen Indikator für die visuelle Aufmerksamkeit des Partners und damit als Indiz für dessen Handlung zu verwenden, wird erschwert oder sogar unmöglich gemacht.

Es zeigen sich deutliche Unterschiede in der Art und Weise, wie die Maus in einer ansonsten identischen Situation genutzt werden kann. Wird sie als Kommunikationsmittel intentional eingesetzt, so sind Menschen in der Lage, sie ausschließlich zum Übermitteln von Nachrichten zu gebrauchen. Dadurch weiß der Partner, dass er bedenkenlos auf die Maus reagieren kann, was auch immer sie tut. Tatsächlich baten einige Arbeiter den Assistenten darum, nicht nachzudenken, sondern einfach ihrer Maus zu folgen. Auf diese Weise mag der Assistent zwar noch immer nicht verstehen, welche kognitiven Prozesse der Arbeiter gerade

ausführt oder warum er eine bestimmte Mausbewegung macht. Dennoch kann er sicher sein, dass dieser mit seinen Bewegungen absichtlich deiktische Gesten erzeugt. Deshalb sollte es in dieser Situation eine nützliche Strategie sein, dem Cursor einfach zu folgen. Evidenz dafür liefern die Daten zum Zusammenhang von Cursor- und Fensterbewegung. Wenn der Cursor die Maus darstellte, war in der Rasterbedingung eine verstärkte Fensterbewegung mit geringen Abständen zwischen Cursor und Fenstermitte zu beobachten. Auch die zeitliche Kopplung von Mauscursor und Fenster war mehr als 2.5 Mal höher als wenn Objekte zu sehen waren. Die Zeitversätze bis zum Erreichen der Minimaldistanz waren einheitlich positiv (die Cursorbewegung ging also der Bewegung des Fensters voraus) und wiesen eine geringe Streuung auf. Demnach folgten Assistenten dem Mauscursor in Abwesenheit von visueller Objektinformation sehr konsistent und zuversichtlich.

Wie verhielten sie sich bei Verwendung des Blickcursors? Auch hier bewegten sie das Fenster in der Rasterbedingung mehr, aber dennoch sanken die Distanzen zwischen Cursor und Fenster nicht ab. Die zeitliche Kopplung von Cursor und Fenster war sogar geringer als bei Sichtbarkeit der Objekte. Arbeiter sprachen am meisten und gaben insbesondere große Mengen an Anweisungen und Feedback, wenn der Blick in der Rasterbedingung übertragen wurde. Fast doppelt so viele Äußerungen wie in den anderen Bedingungen bezogen sich dabei auf die Positionierung des Fensters. Während die Unsichtbarkeit aufgabenrelevanter Objekte bei Mausübertragung also eine stärkere Bindung an den Cursor bewirkte, führte sie bei Blickübertragung eher zu dem Versuch, die Nutzung des Cursors zu vermeiden und die gemeinsame Handlung anstatt dessen verbal zu koordinieren.

Interessanterweise wurden Veränderungen in der verbalen Interaktion in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit nur für Arbeiter beobachtet, nicht aber für Assistenten. Dies entspricht den Ergebnissen der Puzzleexperimente, wo die Sprache der Novizen ebenfalls weitgehend unabhängig vom Kommunikationsstil war. Auch hier konnte der Assistent kommunikative Evidenz direkt durch seine Handlungen liefern. Verschiebt er das Fenster an einen bestimmten Ort, so wird dem Arbeiter automatisch klar, ob der Assistent verstanden hat, wo als nächstes gesucht werden soll. Der Arbeiter hingegen muss die durch seinen Cursor erzeugten Unklarheiten ausräumen. Verstärkt wird diese Notwendigkeit noch dadurch, dass es sowohl im Pfadexperiment, als auch im Puzzle stets der Rezipient der Blickübertragung (Novize oder Assistent) war, der den visuellen Kontext des Anderen verändern konnte. Diesen handlungsbefugten Partner *nicht* genauestens aufzuklären würde bedeuten, dass unvorhersehbare und nicht kontrollierbare Veränderungen der eigenen Arbeitsumgebung riskiert werden.

Im Hinblick auf die Unterschiede zwischen beiden Cursorarten stellt sich die Frage, warum Personen der Maus beinahe blind folgen, nicht aber dem Blick. Wäre der einfachste Weg nicht der, das Fenster in beiden Fällen so gut wie möglich synchron mit dem Cursor zu verschieben? Dies kann jedoch problematisch sein, weil sich Blick und Maus nicht nur im Inhalt der übertragenen Information unterscheiden (intentionales Zeigen vs. visuelle Aufmerksamkeit), sondern auch in ihrer Form. Mausbewegungen können auf verhältnismäßig langsame, systematische Bewegungen reduziert und entsprechend den Erfordernissen der Situation an die Bedürfnisse des Partners angepasst werden. Sie können sogar raum-zeitliche Charakteristika von Blickbewegungen widerspiegeln. So waren die Mausbewegungen der Arbeiter stärker an ihren Blickort gekoppelt, wenn Suchprozesse in der Rasterbedingung

verständlich kommuniziert werden mussten. Die Maus kann also so eingesetzt werden, dass sie den aktuellen Aufmerksamkeitsfokus anzeigt.

Im Gegensatz dazu können Blickbewegungen nicht einfach verhindert oder kontrolliert werden, ohne dass sich dies negativ auf die Leistung auswirkt. In einer Puzzleaufgabe baten Ballard Hayhoe und Pelz (1995) Versuchspersonen darum, eine Modellformation zu kopieren. Der Arbeitsplatz war so klein, dass die Aufgabe auch ohne Augenbewegungen lösbar war. Mussten die Teilnehmer ihre Fixation auf einem zentralen Punkt halten, so benötigten sie dennoch dreimal so viel Zeit zur Lösung der Aufgabe, wie wenn natürliche Blickbewegungen zugelassen wurden. Auch das Steuern eines Autos in einer Fahrsimulationsumgebung fiel Personen leichter, wenn sie ihren Blick frei bewegen konnten (Wilkie & Wann, 2003). Unterbindet man Blickbewegungen in einer Situation, in denen Personen aktiv handeln müssen, so werden Prozesse der Handlungssteuerung gestört. Eine gezielte Steuerung und Anpassung des Cursors ist also im Gegensatz zur Maus nicht ohne Weiteres möglich. Dementsprechend konnten in den Blickdaten keinerlei Hinweise auf eine kommunikative Anpassung des Blickverhaltens gefunden werden.

Die Bewegung des Blickcursors ist schneller, räumlich und zeitlich variabler und somit weniger vorhersagbar als die der Maus. In diesen Eigenschaften unterscheidet sich die Blickübertragung auch von den Mausbewegungen des Assistenten selbst, durch die das Fenster gesteuert wird. Da Letztere weder die gleiche Geschwindigkeit, noch die gleiche Flexibilität erreichen können wie der Blick des Arbeiters, ist ein permanentes Verfolgen seines Blickcursors mit dem Fenster schwierig. Nur wenige Assistenten waren in der Lage, dies auch nur annähernd zu bewerkstelligen. Auch subjektiv bewerteten Assistenten den Blickcursor als zu schnell und dies war in der Rasterbedingung stärker ausgeprägt als bei Verfügbarkeit der Objekte. Dieses Ergebnis ist vor allem vor dem Hintergrund der objektiven Blickdaten interessant, die gegenteilig sogar längere Fixationen und geringere Sakkadenamplituden in der Rasterbedingung zeigten.

Aber der Blickcursor ist nicht nur schnell, sondern auch hochgradig unberechenbar. So kann er zum Beispiel nach einer Sakkade in eine neue Region plötzlich in die zuvor fixierte Region zurückspringen. Hat der Assistent das Fenster aber bereits in die neue Region verschoben, so kann er dies nicht schnell genug rückgängig machen. Der gesamte visuelle Kontext des Arbeiters hat sich verschoben und die nun wieder relevant gewordene Region ist verdeckt. Aber auch wenn die Region selbst sichtbar geblieben ist, kann die Maskierung peripherer Bereiche zu Störungen in der Steuerung von Blickbewegungen führen (Van Diepen & d'Ydewalle, 2003). Die Aufnahme visueller Informationen und damit auch die Leistung werden negativ beeinflusst. Solche Veränderungen des Sichtbereiches können selbst dann problematisch sein, wenn sie direkt an den Blick des Betrachters gekoppelt und damit nicht von der Reaktionszeit eines Partners abhängig sind. Werden zum Beispiel Bildbereiche mit einer blickkontingenten Zoomfunktion vergrößert, so treten dabei massive Probleme auf, wenn der Zoom direkt an den Fixationsbeginn gebunden ist (Ashmore, et al., 2005). Die Nutzbarkeit kann verbessert werden, wenn die Veränderung in Relation zur Fixationsdauer verzögert und graduell auftritt. Im Gegensatz zu einem Computer fällt es menschlichen Partnern jedoch schwer, Blickparameter wie die Fixationsdauer präzise zu nutzen, um schnell, exakt und reliabel über die notwendige Bewegung des Fensters zu entscheiden.

Angesichts dieser Probleme stehen Assistenten vor einem Zwiespalt, wenn sie den Blick zur Steuerung des Fensters nutzen sollen. Unselektiv allen Cursorbewegungen zu folgen ist

aufgrund ihrer Schnelligkeit nicht praktikabel. Gezielt nur bestimmten Bewegungen zu folgen ist ebenfalls schwierig. Einerseits sind Menschen nur sehr begrenzt zur Echtzeit-Analyse der Handlungsrelevanz von Blickparametern imstande und andererseits war die Auswahl anhand inhaltlicher Kriterien aufgrund des fehlenden Objektbezuges gerade in der Rasterbedingung nicht möglich. Folglich waren die Paare auf eine Verwendung anderer Strategien angewiesen, anstatt sich auf den Blickcursor allein zu verlassen.

Probleme in der in der Nutzbarkeit des Blickcursors wurden durch zusätzlichen verbalen Aufwand kompensiert. Bereits im Puzzle hatten Unterschiede zwischen Blick und Maus dazu geführt, dass Experten mehr verbales Feedback gaben und Objekte eindeutiger beschrieben. In der Diskussion dieser Experimente wurde demzufolge argumentiert, dass Personen Schwierigkeiten beim Erkennen der Cursorintention hätten und kommunikative Gesten nur schwer von Blickbewegungen zur Suche abgrenzen könnten. In der Pfadaufgabe wurde der Cursor jedoch nicht intentional kommunikativ eingesetzt, sondern die im Blick ohnehin enthaltenen Informationen über Prozesse der Aufgabenlösung sollten relevant sein. Die aktuellen Ergebnisse machen also eine Revision der vorab getroffenen Interpretation notwendig. Probleme scheinen nicht direkt oder nicht ausschließlich im Erkennen der kommunikativen Intention begründet zu sein, sondern eher in der Auswahl einer Reaktion auf den Cursor zu liegen. Dem Assistenten ist nicht nur unklar, was der Cursor bedeuten soll, sondern vor allem, ob und wie er handeln soll. In der Rasterbedingung sollten solche Schwierigkeiten bei der Reaktionsauswahl verstärkt auftreten, weil die Bedeutung der Cursorbewegung selbst kaum interpretierbar ist. Weiß der Assistent nicht, was der Arbeiter gerade tut, so kann er auch dessen zukünftiges Verhalten nicht vorhersagen und adäquat reagieren. Wenn er den Cursor überhaupt nutzt, so kann er nur versuchen, einige anhand nicht genau spezifizierter Kriterien ausgewählte Bewegungen mit dem Fenster zu verfolgen.

Zwar versuchten auch in der Objektbedingung einige Assistenten ein kontinuierliches Verfolgen des Blickes, aber etliche wählten eine andere Strategie: Sie entschieden selbständig darüber, wohin sie das Fenster bewegten und arbeiteten so alle Objektgruppen nacheinander ab. Den Blickcursor nutzten sie dabei zur zeitlichen Regulation. Befanden sich zum Beispiel während des Rechenschrittes drei Objekte im Fensterbereich, so warteten sie, bis der Arbeiterblick auf all diesen Objekten verweilt hatte. Wenn er das letzte Objekt verließ, verschoben sie das Fenster auf die nächste Objektgruppe. Weil sie den Partnerblick zu den Objekten in Bezug setzen konnten, war es ihnen also möglich, ihn als implizite Evidenz über dessen Handlungsschritte zu interpretieren. Sie verwendeten den Cursor nicht als imperatives Signal zur Bestimmung darüber, *wohin* sie das Fenster bewegen mussten, sondern als Hinweis für ihre Entscheidung, *wann* es verschoben werden konnte. Als Unterstützung zur Planung eigener Tätigkeiten erlaubte der Blick eine flüssige Koordination gemeinsamer Handlungen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Pfadaufgabe, dass Blickbewegungen auch in ihrer natürlichen Funktion zur Informationsaufnahme genutzt werden können, um kooperative Prozesse zu unterstützen. Gleichzeitig betonen sie jedoch auch die Bedeutung von Aufgabenmerkmalen bei der Suche nach Anwendungsfeldern für Blickfeedback. Während Mauscursors beinahe blind verfolgt werden können, muss der Empfänger des übertragenen Blickes in der Lage sein, diesen in Relation zu den Objekten zu sehen, auf die er sich bezieht. Nur wenn dies möglich ist, kann die Bedeutung des Blickes erschlossen werden und er kann zur Planung gemeinsamer Handlungen herangezogen werden.

4 GESAMTDISKUSSION

In dieser Dissertation wurden drei Studien vorgestellt, die sich mit dem Einfluss einer Übertragung des Partnerblickes auf kooperative Prozesse in der technisch mediierten Kommunikation beschäftigten. In der ersten Studie wurde untersucht, wie sich Orts- und Dauerparameter von Blickbewegungen durch eine intentionale Verwendung des Blickes zur Kommunikation von Bildinhalten verändern. Im Rahmen der zweiten Studie wurden die Blickbewegungen eines Experten verwendet, um einem Novizen die korrekte Positionierung von Puzzleteilen anzuzeigen. Drei Teilerperimente variierten die Interaktivität und Strukturiertheit der kommunikativen Situation, indem die Autonomie des Novizen und das Wissens des Experten manipuliert wurden. Blickübertragung wurde dabei mit alleiniger Sprachübertragung und dem Zeigen mit der Maus kontrastiert. Die dritte Studie verwendete Blickbewegungen zur Vermittlung von Informationen über die visuelle Aufmerksamkeit eines Partners. Der Blick konnte von einem Assistenten zur Verschiebung des Sichtbereiches genutzt werden, um dem Partner die Auswahl eines Lösungspfades zu ermöglichen. Auch hier wurde Blickübertragung mit dem Mauszeigen verglichen und es wurde die Möglichkeit des Assistenten variiert, den Cursor zu aufgabenrelevanten Objekten in Bezug zu setzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass kooperative Prozesse in räumlichen Aufgaben verbessert werden können, wenn Personen den Blick ihres Partners sehen. Im Vergleich zur rein verbalen Kommunikation entstanden kürzere Lösungszeiten (Experiment 3 und 4). Diese Blickvorteile waren deutlicher ausgeprägt, wenn die Aufgabe eine klare Struktur mit fest definierten Teilhandlungen aufwies. Bei weniger stereotypen Abläufen profitierten die Paare nicht von der Möglichkeit zur flexiblen Handlungskoordination, wenn sie den Blick zur Kommunikation einsetzten. Sie neigten hingegen stärker dazu, dem Blickcursor auch dann zu folgen, wenn die Aufgabe dies nicht erforderte. Eine gemeinsame Übertragung von Blick und Sprachäußerungen reduzierte den verbalen Aufwand zur Beschreibung von Objektpositionen. Dennoch blieb ein hohes Maß an verbalem Feedback nötig, um Fehlinterpretationen des Cursors zu vermeiden.

Verglichen mit der Mausübertragung konnten mit Ausnahme der Rasterbedingung aus Experiment 6 keine statistisch signifikanten Leistungsunterschiede gefunden werden. Allerdings waren Veränderungen im Kommunikationsprozess zu beobachten: Die Personen, deren Blick übertragen wurde, betrieben ein höheres Maß an verbaler Disambiguierung, sowohl in Bezug auf die Inhalte ihrer Äußerungen (Experimente 3, 4 und 6), als auch in deren referentieller Form (Experimente 3 und 4). Diese erhöhten Kommunikationskosten sind scheinbar auf Unklarheiten über die Bedeutung des Blickcursors oder die mit ihm verbundenen Anforderungen an eigene Handlungen zurückzuführen: Da Blickbewegungen nur zum Teil unter bewusster Kontrolle stehen, können Beobachter nur schwer einschätzen, ob der Partner ihnen mit seinem Blick etwas mitteilen will beziehungsweise wann und wie sie reagieren sollen. Im Zuge der Blickübertragung strömt eine Masse von Informationen auf den Betrachter ein, von denen jede einzelne kommunikativ relevant oder völlig belanglos sein könnte. Um Klarheit zu schaffen, muss eine präzisere verbale Interaktion stattfinden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Personen in kooperativen, räumlichen Aufgaben von einer Übertragung des Partnerblickes profitieren können. Der Blick kann dabei nicht nur

zur Instruktion genutzt werden (Experimente 1-4), sondern auch als Hinweis auf mentale Prozesse des Partners dienen (Experiment 6) und somit eine Koordination gemeinsamer Handlungen erleichtern. Dennoch brachte Blickübertragung eine Reihe von Schwierigkeiten in der Verständigung mit sich. Das Ausbleiben von Blickvorteilen gegenüber der Maus wirft etliche Fragen bezüglich der Regulation kommunikativer Prozesse in der technisch medierten Kooperation auf. Bedeuten diese Ergebnisse, dass eine gemeinsame Wissensbasis durch die Vermittlung rein intentionaler Instruktionen genauso erfolgreich geschaffen und aufrecht erhalten werden kann, wie wenn Informationen über mentale Prozesse des Gegenübers verfügbar sind? Wird nicht-intentionalen Bestandteilen kommunikativer Interaktionen zu viel Bedeutung beigemessen? Im Rückblick auf die theoretischen Betrachtungen erscheint dies kaum wahrscheinlich. Dennoch stellt sich die Frage nach der Nützlichkeit des Partnerblickes zur Herstellung eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus und als Hinweis auf Intentionen des Gegenübers. Soeben wurde argumentiert, dass sich unter Verwendung von Blickfeedback genau dieses Erkennen der Intention schwierig gestalten kann. Warum sind Blickbewegungen ein so wesentlicher Bestandteil der direkten Kommunikation, scheinen aber in der technisch medierten Kommunikation vergleichsweise schwer nutzbar?

4.1 Der Partnerblick in der direkten und technisch medierten Kommunikation

In den folgenden Abschnitten wird erörtert, wie sich Blickbewegungen in natürlichen kommunikativen Situationen von der Projektion eines Cursors auf das Stimulusmaterial unterscheiden. Es wird diskutiert, wie sich diese Unterschiede auf die Nutzbarkeit des Partnerblickes auswirken können und wie Blickübertragungssysteme so gestaltet werden könnten, dass eine stärkere Anlehnung an die Mechanismen der natürlichen Kommunikation ermöglicht wird. Dabei wird zunächst die Richtung betrachtet, in die der Blick während beider Formen der Kommunikation übertragen wird. Wer sieht wessen Blick und zu welchem Zweck? Der zweite Abschnitt befasst sich mit der Frage, welche Rolle gegenseitiger Blickkontakt und das Wechseln zwischen dem Partner und den gemeinsam beachteten Objekten in der direkten Kommunikation spielen. Es wird erörtert, wie sich deren Fehlen in der technisch medierten Kommunikation auswirkt. Das Kapitel schließt mit einer Diskussion darüber, inwiefern Blickfeedback eine Differenzierung von Blicken mit verschiedenen Funktionen und Intention erlaubt.

Die Richtung und Funktion der Blickübertragung

Ein augenscheinlicher Unterschied zwischen der natürlichen Kommunikation und der in dieser Arbeit umgesetzten Blickübertragung liegt darin, wer wessen Blick sieht und wozu er diesen verwendet. Zunächst ist während der direkten Kommunikation in den seltensten Fällen nur der Blick eines einzigen Partners sichtbar. Anstatt dessen wissen beide Partner, wohin ihr Gegenüber schaut. Hat dieser Unterschied einen Einfluss auf die Verwendbarkeit von Blickfeedback? Inwiefern ist eine beidseitige Übertragung überhaupt möglich und notwendig?

Technisch lässt sich eine gegenseitige Blickübertragung durchaus umsetzen. Zur gekoppelten Untersuchung und Auswertung von gemeinsamer Aufmerksamkeit und gemeinsamer Handlung haben zum Beispiel Carletta und Kollegen (2010) einen Versuchsaufbau erstellt und den zugehörigen Quellcode frei verfügbar gemacht. Im Rahmen ihres Systems können die Blick- und Mausbewegungen zweier Partner während der

gemeinsamen Arbeit an Objekten gemessen und gegenseitig übertragen werden. Sogar ein Bezug der Blick- und Mausdaten auf bewegliche Objekte ist möglich. So können kooperative Prozesse in aktiven, dynamischen Aufgaben untersucht werden, in denen beiden Partnern jederzeit Informationen über die visuelle Aufmerksamkeit und die Handlung ihres Gegenübers zugänglich sind.

Die Frage ist vielmehr, ob Personen mit gegenseitiger Blickübertragung arbeiten können, ohne permanent abgelenkt zu werden. Intuitiv ist vorstellbar, dass die gegenseitige Anzeige des Blickes zu einer Art „Cursorjagd“ führen kann: Schaut Partner A auf den Cursor von Partner B und Partner B interpretiert diesen Blick fälschlicherweise als kommunikative Geste, so könnte er seinerseits beginnen, dem Cursor von Partner A zu folgen, anstatt sich auf die Aufgabe zu konzentrieren. Allerdings wurde eine beidseitige Übertragung in anderen Arbeitsgruppen bereits erfolgreich umgesetzt (Brennan, et al., 2008; Neider, et al., 2010) und derartige Probleme wurden nicht berichtet. Die bisher publizierten Studien verwendeten jedoch nur begrenzt kooperative Aufgaben, in denen der Blickcursor des Gegenübers nur peripher verfolgt werden musste. Wenn der Partnerblick eine größere Rolle für die Koordination gemeinsamer Handlungen spielt, so ist eine Verwirrung infolge der beidseitigen Übertragung eher zu erwarten. Letztlich ist die Entscheidung über Schaden und Nutzen einer bidirektionalen Anzeige in hohem Maße aufgabenabhängig und muss im konkreten Fall geklärt werden.

Auch ohne eine vollständig beidseitige Übertragung sollten Prinzipien der Richtung natürlicher Blicknutzung stärker berücksichtigt werden. Zustände der geteilten Aufmerksamkeit (joint attention) gehen nicht nur damit einher, dass eine Person dem Blick der anderen folgt, sondern beide Partner wissen auch, dass sie gemeinsam ein Objekt ansehen. In den hier berichteten Experimenten war dies nicht der Fall. Ob der Partner den Blick gesehen und verstanden hatte, konnte bestenfalls indirekt anhand seiner Handlungen oder seiner verbalen Äußerungen erschlossen werden. Eine Implementierung direkten Feedbacks über das gemeinsame Anschauen von Objekten, zum Beispiel in Form eines visuellen Signals, könnte möglicherweise eine direktere Anlehnung an die Mechanismen der natürlichen Kommunikation schaffen. Generell sollte sich Blickübertragung weniger am Prinzip eines monologischen Senders orientieren, sondern die Übertragung stärker als interaktiven Dialog konzipieren. Beide Partner sollten über den Zustand des Anderen wissen und diesen bei der Planung gemeinsamer Handlungen berücksichtigen können.

Unabhängig davon, ob einer oder beide Partner die Blickbewegungen des Anderen sehen, stellt sich die Frage, *wer* den Blick des Gegenübers nutzt und *wozu*. Blickbewegungen können nicht nur – wie in dieser Dissertation umgesetzt – einer mehr oder weniger intentionalen Instruktion des Partners dienen, um diesen zum Handeln zu animieren. Sie liefern auch Informationen über die Verarbeitungsprozesse von Novizen, welche es Experten wiederum ermöglichen, gezieltere Unterstützung zu leisten (Velichkovsky, 1995, Experiment 2). So lernen Kinder verbale Objektbezeichnungen besser, wenn ihre Mütter Objekte im Aufmerksamkeitsfokus des Kindes benennen, anstatt das Kind auf andere Objekte zu lenken (Tomasello & Farrar, 1986). Wird der Blick des Kindes also genutzt, um es in seinen aktuellen kognitiven Prozessen zu begleiten, so führt dies zu besseren Lernergebnissen. Blickübertragung erscheint damit besonders in Lehr-/Lern-Kontexten vielversprechend, in denen anhand des Blickes von Novizen deren selbstinitiierte Problemlösetätigkeiten gefördert werden.

Eine Blickübertragung vom Novizen an den Experten kann auch dann sinnvoll sein, wenn das kommunikative Ziel nicht im Erreichen eines bestimmten Leistungskriteriums liegt. Blickbewegungen als Indikator der visuellen Aufmerksamkeit liefern Hinweise auf die Interessen einer Person, auf die der Partner besser eingehen kann, wenn sie ihm deutlich gemacht werden. So kann zum Beispiel ein Stadtführer seine Erläuterungen stärker an die Bedürfnisse eines Touristen anpassen, wenn er seinen Blick auf einem gemeinsam betrachteten Stadtplan sieht (Qvarfordt, Beymer, & Zhai, 2005). Der Blick nahm dabei eine Doppelfunktion ein: Einerseits war er als deiktische Referenz nutzbar, um schneller und sicherer zu verstehen, worauf sich Fragen des Touristen bezogen. Andererseits konnte er das Finden von geeigneten Zeitpunkten für Themenwechsel unterstützen. In solchen Kontexten ist es jedoch schwierig, die tatsächliche Nützlichkeit von Blickübertragung zu prüfen. Soll der Blick frei von einer konkreten Aufgabe als Hinweis auf Interesse genutzt werden, so lässt sich der Erfolg einer Interaktion oft nur in subjektiven Zufriedenheitsurteilen quantifizieren. Diese Abwesenheit von eindeutigen Qualitätskriterien für kommunikative Prozesse ist jedoch nicht blickspezifisch, sondern stellt ein generelles Problem bei der Untersuchung natürlicher Konversationen dar (Marshall & Novick, 1995). Eine Aufgabe für die Zukunft wird daher in der Konzeption von Paradigmen liegen, in denen die Potentiale von Blickübertragung zur Übermittlung unscharfer Konzepte wie Interesse, Informationsbedürfnis oder Intentionen in kontrollierten Aufgaben getestet werden können.

Die Rolle von Blickkontakt und Triangulation

Neben der Richtung der Blickübertragung unterscheiden sich die Experimente dieser Dissertation in einem weiteren, verwandten Punkt von der natürlichen kommunikativen Nutzung der Augen. Blicke, die während der direkten Kommunikation zur Herstellung eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus genutzt werden, wechseln zwischen dem Partner und dem gemeinsam beachteten Objekt hin und her (Argyle & Graham, 1977). Dahingegen waren Blickbewegungen hier nur überlagert auf den Objekten zu sehen, ohne eine intermittierende Herstellung von Augenkontakt. Wie problematisch sind das Fehlen einer solchen Triangulation und die Reduktion auf den Blickort des Partners?

Um dies zu beantworten, muss zunächst die Funktion von Triangulation beim Herstellen und Aufrechterhalten eines gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus geklärt werden. Die wohl wichtigste Funktion des Blickes zum Partner liegt darin, herauszufinden worauf dieser schaut. Auf diese Weise können Blickorte in der direkten Kommunikation mit hoher Genauigkeit erkannt werden (Gale & Monk, 2000). Auch wenn ein Objekt bereits im gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus liegt, wird vielfach zum Partner zurückgeschaut, um zu prüfen, ob er das Objekt noch immer ansieht. Weil natürliche Blickbewegungen keine Marker auf betrachtete Objekte projizieren, kann der Blickort des Gegenübers nur so erschlossen werden. Im Gegensatz dazu werden betrachtete Objekte in der technisch mediierten Kommunikation jedoch direkt mit einem Blickcursor überlagert, der den Blickort mit hoher räumlicher und zeitlicher Präzision anzeigt. Um den Aufmerksamkeitsfokus des Partners zu erkennen, ist eine Kopfansicht nicht mehr notwendig.

Der Blick auf den Partner spielt jedoch noch eine weitere Rolle: das Verdeutlichen der eigenen kommunikativen Intention. Personen können den Blick ihres Partners sozusagen „einfangen“ und zum relevanten Objekt führen. Eine solche Anziehung und Lenkung der Aufmerksamkeit durch die Augen einer Person ist hochgradig automatisiert, wie die in

Kapitel 1.2.3 angesprochenen Studien zum Blickfolgen verdeutlichen (Frischen, et al., 2007; Frischen & Tipper, 2004). Damit verfügen Personen in der direkten Kommunikation über ein Mittel zur Gewichtung ihres Blickes hinsichtlich seiner Relevanz für den Partner. Stehen zum Beispiel zwei Personen vor einer Wand mit Bildern und Person A schaut sich die Bilder der Reihe nach an, so wird Person B sich nicht notwendigerweise dazu aufgefordert fühlen, dieselben Bilder anzusehen. Schaut Person A jedoch vom aktuell betrachteten Bild auf, sieht Person B in die Augen und richtet ihren Blick nachfolgend wieder zurück auf das Bild, so wird Person B diesem Blick mit hoher Gewissheit folgen.

Können Probleme der Blickübertragung zumindest teilweise darin begründet sein, dass eine Verdeutlichung der kommunikativen Relevanz des Blickes ohne Augenkontakt nicht hinreichend möglich ist? Verschiedene Datenpunkte lassen diese Option möglich erscheinen, wie zum Beispiel die erhöhten Latenzen der Reaktionen auf den Blickcursor im Puzzle oder die größeren Anteile verschieberelevanter Äußerungen bei Blickübertragung im Pfadexperiment. Dieses Problem könnte eventuell behoben werden, indem das Gesicht des Partners zusätzlich zu den aufgabenrelevanten Objekten auf den Bildschirm projiziert wird. Ein solches Vorgehen bringt jedoch Schwierigkeiten in der Darstellung mit sich. Wenn eine zentrale Kopfansicht umgeben von Abbildungen der Stimuli angezeigt wird (siehe z.B. Schilbach et al., 2009), ist aus dem Blick nur noch eine grobe Richtungsinformation erkennbar. Eine überlagerte Darstellung von Gesicht und Objekten (z.B. Monk & Gale, 2002) ist dagegen nur unter Verwendung ganz bestimmter transparenter Stimuli möglich. Zukünftige Untersuchungen müssen klären, ob ausgefeiltere Formen der Visualisierung ein präzises Erkennen des Blickortes bei gleichzeitiger Ansicht des Partners erlauben. Zum Beispiel innerhalb von dreidimensionalen, virtuellen Umgebungen sind solche Formen der Darstellung denkbar.

Durch das Fehlen einer visuellen Partneransicht kann sich ein weiteres Problem ergeben: Ohne die Beobachtung seiner Handlungen werden keine automatischen motorischen Repräsentation dieser Handlungen gebildet (Rizzolatti & Craighero, 2004). Eine solche Übernahme von Handlungsrepräsentationen spielt in der direkten Interaktion jedoch eine wichtige koordinative Rolle (Sebanz, Bekkering, et al., 2006). In der technisch mediierten Kommunikation mittels Blickübertragung fallen diese eigentlich automatisch ablaufenden Prozesse weg und müssen anderweitig kompensiert werden. Das Wissen über die Aufgabe an sich und eine stärker intentionale Kommunikation gewinnen an Bedeutung. Daraus ergeben sich jedoch ebenfalls Probleme, die mit dem Verständnis des Blickcursors als kommunikative Geste zusammenhängen.

Cursors liefern ein sehr abstraktes visuelles Erscheinungsbild der Blickinformation, das nicht intuitiv als kommunikative Information wahrnehmbar sein könnte (siehe auch Monk & Gale, 2002). Diese Frage wurde bisher nicht systematisch untersucht und Befunde aus anderen Kontexten liefern keine eindeutigen Hinweise. Einerseits kann automatisches Blickfolgen auch in Reaktion auf abstrahierte Augendarstellungen ohne den Kontext eines Gesichtes erfolgen (Friesen, et al., 2004). Andererseits scheint sich eine mangelnde Menschlichkeit künstlicher Agenten selektiv auf die Wahrnehmung kommunikativer Gesten auszuwirken: Beim Beobachten kommunikativer Handlungen von Robotern kommt es nicht zu einem motorischen Priming, obwohl nichtkommunikative Handlungen diesen Effekt durchaus haben (Liepelt, Prinz, & Brass, 2010). Scheinbar können abstrakte, unmenschliche Repräsentationen kommunikativer Gesten nur schlecht als solche verstanden werden. In

Bezug auf die Blickübertragung stellt sich die Frage, ob Personen im Blickcursor genügend Mensch erkennen, um in einer Weise auf ihn zu reagieren, die mit Mechanismen der direkten Kommunikation zumindest annähernd äquivalent ist.

Mangelnde Differenziertheit des übertragenen Blickes

Im letzten Abschnitt wurde am Beispiel der Verdeutlichung kommunikativer Intentionen durch Blickkontakt bereits angesprochen, dass der übertragene Blick eine geringe oder nicht hinreichend klare Differenzierung aufweisen kann. Dieses Problem wird dadurch noch verstärkt, dass der Cursor alle Blickbewegungen in der gleichen Form angezeigt. Während der direkten Kommunikation können Personen dagegen problemlos zwischen einem Blicksprung in die Peripherie unterscheiden, den der Partner infolge der Erkennung einer potentiellen Gefahr macht und einem identischen Blicksprung, der aus Interesse ausgeführt wird. Dieser wiederum unterscheidet sich von Blicksprüngen, die ein Resultat von Langeweile sind oder einfach nur deshalb entstehen, weil sich am Zielort überhaupt keine relevante Information befindet und der Partner lediglich den Blick abwendet, um kognitive Verarbeitungsprozesse zu erleichtern (Glenberg, Schroeder, & Robertson, 1998).

In der direkten Kommunikation wird die Bedeutung von Blickbewegungen im Kontext anderer, zeitgleich auftretender Signale wie Mimik, Gestik und Körperhaltungen erkennbar. Diese Verdeutlichung kann ein Cursor allein nicht leisten. Die Schwierigkeit bei der Blickübertragung ist dabei weniger, dass Personen den Blick ihres Partners nicht gut genug erkennen können. Im Gegenteil besteht eines der wesentlichsten Probleme darin, dass die Erkennung von Blickinformation in vielen Situationen *zu gut* möglich ist. Der Blick und insbesondere dessen Ort bekommen zu undifferenziert eine zu hohe Salienz, auch wenn sie keine inhaltliche Relevanz für die Bearbeitung der Aufgabe haben. Zu viel Gewicht wird auf die Information über Ort und Dauer einer Fixation gelegt, auf Kosten von Information über deren Bedeutung. Es wird deutlich, wohin der Partner schaut und wie lange, aber nicht immer wozu. Es ist fraglich, inwiefern Blickbewegungen auf diese Weise überhaupt hinreichend gut verstanden und genutzt werden können.

Zunächst stellt sich die Frage, ob und wann Personen überhaupt kognitive Prozesse aus dem Blick des Partners inferieren können müssen. Vielleicht ist es auch ausreichend, die Wahrnehmung des Blickcursors im Sinne einer einfachen, automatischen Anziehung der Aufmerksamkeit zu verstehen. In einigen Aufgaben sind eine detaillierte Interpretation des Cursors und ein genaues, kontinuierliches Verstehen der Intentionen des Partners tatsächlich weniger zentral. Dies ist besonders dann anzunehmen, wenn nur eine flache Verarbeitung (Craik & Lockhart, 1972) und eine eher undifferenzierte Nutzung des Blickcursors erforderlich sind (z.B. Brennan, et al., 2008) oder wenn dessen Relevanz anhand von groben physikalischen Merkmalen seiner Bewegung erkennbar ist (z.B. Neider, et al., 2010). In anderen Situationen hingegen hängen die Handlungen des Rezipienten von Blickfeedback maßgeblich vom Zweck ab, den der Partner verfolgt. Sucht er Informationen, will er etwas zeigen, welche kognitiven Operationen führt er aus und wie kann er darin unterstützt werden? In solchen Situationen muss es möglich sein, die Intention von Blickbewegungen mit hoher Sicherheit zu erkennen.

Soll über die Auswirkungen einer geringen Differenzierbarkeit übertragener Blickbewegungen diskutiert werden, so muss zunächst geklärt werden, wie existent dieses Problem wirklich ist. Werden tatsächlich vor allem Orte und zu wenig inhaltliche Information

angezeigt? Diesem Argument widersprechen die Erkenntnisse über die Vielfalt der im Blick reflektierten kognitiven Prozesse (Velichkovsky, 2002). Auch in dieser Dissertation wurde gezeigt, dass Blickbewegungen sowohl innerhalb eines Experimentes (Experiment 5) als auch zwischen Experimenten (Experiment 3 vs. 4) mit den mentalen Operationen variieren, die zur Lösung einer Aufgabe benötigt werden. Weiterhin können Blickparameter so angepasst werden, dass dem Partner ein besseres Verständnis der kommunikativen Intention ermöglicht wird (Experimente 1-4). Fraglich ist nur, wie gut er diese Information auch nutzen kann.

Wurden die Teilnehmer der hier berichteten Experimente über die Bedeutung bestimmter Blickparameter befragt, so stimmten ihre Vorstellungen erstaunlich gut mit den empirischen Befunden überein. So erkannten zum Beispiel in den Puzzleexperimenten zahlreiche Personen, dass die Dauer von Fixationen sowohl an ihre kommunikative Relevanz, als auch an die Schwierigkeit von Entscheidungen über die korrekte Positionierung eines Teils gekoppelt war. Auch andere Autoren berichteten ein intuitives Verstehen und schnelles Erlernen der Nutzung von Blickfeedback (Brennan, et al., 2008; Velichkovsky, 1995). Weiter abgeschwächt wird das Problem der geringen Verständlichkeit in den hier berichteten Experimenten auch dadurch, dass die verwendeten Aufgaben nur eine überschaubare Anzahl möglicher Ereignisse und Handlungen beinhalteten. In einem Puzzle zum Beispiel werden vor allem Teile verschoben, während plötzlich auftretende, neuartige Reize nicht vorkommen. Der Spielraum zur Interpretation des Partnerblickes ist also relativ begrenzt.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Ablenkung durch irrelevante Anteile des Blickverhaltens. Können diese oft nur schwer von relevanter Information abgegrenzt werden, so wirken sie kontinuierlich auf den Betrachter. Der schnelle und oft unvorhersehbare Blickcursor liefert ein ständiges Bewegungssignal, welches die Aufmerksamkeit reflexiv anzieht (Theeuwes, et al., 1998). Wie in der Diskussion der Puzzleexperimente bereits besprochen, kann diese automatische Aufmerksamkeitsbindung besonders dann hochgradig störend wirken, wenn der Betrachter zeitweise eigene Ziele verfolgt, den Partnerblick aber dennoch zur Koordination gemeinsamer Handlungen benötigt. Welche Information des Cursors wann relevant ist, kann aus seiner Bewegung allein nicht eindeutig erschlossen werden, weil relevante und irrelevante Blickinformationen eine hohe Oberflächenähnlichkeit aufweisen. Ein bedeutendes Problem der Blickübertragung liegt also in der geringen inhaltlichen Differenzierung der übertragenen Information, die mit Unklarheiten über die Cursorbedeutung einhergeht. Daher sind technische Mittel nötig, um den übertragenen Blick weniger ablenkend und dafür besser verständlich zu machen.

4.2 Visualisierung von Blickinformation

Wie kann ein gutes Verständnis der übertragenen Blickbewegungen sichergestellt werden? Einerseits sollten Rezipienten die Fixationen und Sakkaden des Partners nicht nur als Augenbewegungen, sondern als Blick verstehen können, also als Auge in Relation zum Stimuluskontext (siehe Experiment 6). Weiterhin sollte jedoch der Blick nicht nur als Blick, sondern vor allem als Indikator der Aufmerksamkeit begrifflich sein, also als Blick in Relation zu kognitiven Prozessen und Zielen einer Person. Kann diese Wahrnehmung von Blickfeedback durch eine gezielte Visualisierung verbessert werden?

Grundsätzlich sind viele Möglichkeiten zur Darstellung von Blickbewegungen denkbar, von einfachen visuellen Indikatoren über ausgefeiltere Cursorformen, deren physikalische

Eigenschaften in Abhängigkeit von den aktuellen Blickbewegungen variieren. Auch können nicht nur punktuelle Cursors, sondern zum Beispiel auch Kontrastfilter am Fixationsort verwendet werden, die nur den Bildbereich um den aktuellen Blickort scharf darstellen, während der Rest des Bildes verschwommen bleibt (z.B. Jarodzka et al., 2011). Denkbar wären sogar dynamische Aufmerksamkeitslandschaften, in denen aktuell betrachtete Bildbereiche oder kumulativ alle bereits angesehenen Regionen hervorgehoben werden. Überlegungen zur Visualisierung müssen jedoch stets im Auge behalten, wie funktionale Verbesserungen der Blickübertragung erreicht werden können. Dabei sollte eine Störung und Ablenkung abgeschwächt oder gar beseitigt werden, bei gleichzeitiger Unterstützung von Inferenzen auf kognitive Prozesse des Partners.

Ein Hauptproblem der Blickübertragung lag in den schnellen, oft unvorhersehbaren Bewegungen des Cursors. Daher ist es denkbar, das Verständnis des Blickes durch ein Hervorheben seines zeitlichen Zusammenhangs zu verbessern. Die Darstellung des Blickes im Kontext vergangenen Blickverhaltens sollte eine gewisse Permanenz erzeugen, die den Partnern eine freiere Zeiteinteilung ermöglicht, weil wichtige Informationen auch ohne ein akribisches Verfolgen des Cursors nicht verpasst werden. Wenn während eines Trainings zum Finden von technischen Defekten nicht nur der aktuelle Blickort visualisiert wurde, sondern dieser im Kontext des vorangegangenen Blickpfades stand, so zeigten sich tendenzielle Leistungsvorteile gegenüber einer einfachen Cursordarstellung (Mehta, et al., 2005; Nalanagula, Greenstein, & Gramopadhye, 2006). Dies galt nicht nur für Blickpfade, die sich sequentiell über dem Stimulusmaterial aufbauten (Nalanagula, et al., 2006), sondern war aber auch dann zu beobachten, wenn nur der unmittelbare Kontext durch eine Blickspur dargestellt wurde, die sich im Zeitraum von 200 Millisekunden auflöste (Mehta, et al., 2005). Visualisierungen solcher Spuren eines Cursors können die Erkennung manueller Gesten deutlich verbessern (Gutwin, 2002) und ihre Wirksamkeit sollte auch im Bereich der kooperativen Blickübertragung untersucht werden.

Kommen Blickbewegungen eher instruktional zum Einsatz oder bestimmen sie auf andere Weise das unmittelbare Handeln des Partners, so gewinnt der *aktuelle* Blickort an Bedeutung. Generell können qualitative Aspekte der Prozesse hinter einer Cursorgeste wie die Sicherheit, Spezifität oder Präzision durch den Cursor allein nur unzureichend vermittelt werden (Genest & Gutwin, 2011). Die hauptsächliche Optimierungsaufgabe in der Darstellung des Blickortes liegt also darin, den Partner beim Interpretieren der Bedeutung und Handlungsrelevanz einzelner Blickinstanzen zu unterstützen. Dies könnte anhand von zeitlichen Blickparametern umgesetzt werden, indem zum Beispiel lange Fixationen farblich hervorgehoben und so von kurzen Suchblicken abgegrenzt werden. Dabei entsteht jedoch ein zeitliches Problem: Dauerparameter sind erst nach Abschluss der entsprechenden Blickbewegung bekannt. Um lange Fixationen visuell hervorheben zu können, müsste bereits zu Beginn einer Fixation bekannt sein, wie lange diese dauern wird. Dies ist jedoch schwierig bis unmöglich: Zwar gibt es statistische Zusammenhänge zwischen den Parametern aufeinanderfolgender Fixationen und Sakkaden, dennoch können Fixationsdauern nicht mit ausreichender Sicherheit aus der Dauer vorangegangener Fixationen und überhaupt nicht aus der Amplitude vorangegangener Sakkaden vorhergesagt werden (Tatler & Vincent, 2008).

Eine mögliche Lösung dieses Problems ergibt sich aus dem Zusammenhang von Blick und Sprache als Teile eines kommunikativen Gesamtsignals. Blickbewegungen gehen den zugehörigen Sprachäußerungen voraus (eye voice span), so dass Objekte bereits etwa eine

Sekunde vor ihrer Benennung fixiert werden (Griffin, 2001). Dadurch wäre es möglich, den Blick leicht zeitversetzt zu übertragen. Würde zum Beispiel eine Fixation auf einem Objekt erst 500 Millisekunden später angezeigt, so könnten lange Fixationen visuell hervorgehoben werden, ohne dass die Dauer einer Fixation schon vor ihrem Beginn bekannt sein müsste. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass schon zeitliche Verzögerungen von nur drei Sekunden den Vorteil einer Übertragung visueller Information im Kooperationsprozess eliminieren können (Kraut, et al., 2002). Werden die Blickbewegungen eines Sprechers so dargeboten, dass eine wahrgenommene Asynchronität von Sprache und Blick entsteht, können Beobachter die Blickinformation nicht länger nutzen, um besprochene Objekte zu erkennen (Kreysa, et al., 2009). Ob und in welchem zeitlichen Rahmen eine versetzte Darbietung tatsächlich machbar ist, wird also eine empirische Frage sein.

Anstatt Fixationen entsprechend ihrer Dauer unterschiedlich zu visualisieren, ist auch eine graduelle Veränderung in der Darstellung des Cursors möglich. Dabei könnte ein transparenter Cursor angezeigt werden, sobald der Eyetracker eine Fixation entdeckt hat. Dieser Cursor würde zunehmend deutlicher in Erscheinung treten (z.B. in Form von Helligkeit, Transparenz oder Farbton), bis er nach einer bestimmten Dauer vollständig zu sehen wäre. Ein Risiko dieser Strategie besteht darin, dass die visuelle Mehrinformation infolge des sich kontinuierlich verändernden Cursors für zusätzliche Ablenkung sorgen kann. Auch dies ist jedoch eine empirische Frage.

Zeitliche Anpassungen des Blickcursors können nicht nur auf der Ebene kompletter Fixationen durchgeführt werden, sondern sind auch innerhalb der Fixation möglich. Während der hier durchgeführten Experimente empfanden viele Versuchspersonen nicht nur die unberechenbaren Blicksprünge, sondern auch das unruhige „Zittern“ des Blickcursors während der Fixation als störend. Schon eine Ruhigstellung des Cursors könnte sich also förderlich auf dessen Benutzbarkeit auswirken. Eine solche Glättung der Cursorbewegung kann durch die Mittelung der angezeigten Blickposition über mehrere Messzeitpunkte (*samples*) realisiert werden. Dieses Verfahren führte beim Schreiben mit den Augen dazu, dass Personen die Kontrolle über ihren eigenen Blickcursor als höher bewerteten (Helmert, Pannasch, & Velichkovsky, 2008). Analog sollte überprüft werden, ob eine solche Glättung auch in kooperativen Szenarien ein besseres Verständnis der Blickcursorbewegung zur Folge haben kann.

Bei allen Überlegungen zur Visualisierung von Blickbewegungen muss kritisch darauf geachtet werden, dass Blickinformation noch immer als solche erkennbar bleiben sollte. Charakteristische Eigenschaften des Blickes, wie zum Beispiel die Möglichkeit zur Anzeige von Aufmerksamkeitsprozessen, sollten erhalten bleiben, anstatt den Blick zu einem reinen Mausersatz zu machen. Weiterhin wird keine Strategie der Visualisierung alle Probleme lösen können und den Blick zu einem rundum einsetzbaren Kommunikationsmittel machen. Der wichtigste Punkt bleibt nach wie vor die Frage nach den Zielen der Aufgabe und der Funktion des Partnerblickes im kooperativen Prozess. Im letzten Teil dieser Diskussion werden die in dieser Dissertation gewonnenen Erkenntnisse darüber zusammengefasst, wann eine Übertragung des Partnerblickes sinnvoll erscheint und wann nicht.

4.3 Eine Zusammenfassung: Wann Blickübertragung?

Es gibt keine guten und schlechten Kommunikationsmittel, sondern nur solche, die für verschiedene Anwendungen unterschiedlich gut geeignet sind (Clark & Brennan, 1991). Aber was sind Merkmale von Situationen, in denen Blickübertragung anstelle rein intentionalen Zeigeverhaltens hilfreich sein kann? Welche Situationen sind es andererseits, in denen der Blick nicht geeignet ist, weil die benötigten Informationen auf einfachere und eindeutige Weise durch andere Kommunikationsmittel gegeben werden können?

Nicht ideal erscheint Blickübertragung in Aufgaben, in denen der Cursor zum absichtlichen Referenzieren, also zum Zeigen von Positionen oder Objekten dienen soll. Da Blickbewegungen nur zum Teil unter willentlicher Kontrolle stehen, eignen sich nur bedingt zum Geben expliziter Kommandos (Jacob, 1991). Wenn ein instruktionales Zeigen notwendig und hinreichend ist, kann die rein intentional steuerbare Maus einfacher bedient werden und erlaubt dem Partner eine eindeutigere Interpretation der Zeigeintention. Allerdings muss fairerweise beachtet werden, dass der Blick in den hier berichteten Studien stets eine Doppelfunktion einnahm (Informationsaufnahme und Kommunikation), während die Maus nur eine einzige Aufgabe erfüllen musste (Zeigen). Weitere Studien sollten die kommunikativen Potentiale von Blick und Maus in Situationen kontrastieren, in denen auch Mausbewegungen als Nebenprodukt der eigentlichen Aufgabenbearbeitung entstehen.

Blickbewegungen liefern präzise Informationen über den Aufmerksamkeitsfokus des Partners. Daher sollte sich ihre Übertragung in Situationen anbieten, in denen Prozesse der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen, Suchstrategien oder das Interesse von Personen relevant sind. Aber auch wenn maximales Gewicht auf die Relevanz solcher Informationen für die Lösung der Aufgabe gelegt wurde, konnten keine Blickvorteile gefunden werden (Experiment 6). Dies wirft die Frage auf, ob ein Bewusstsein über die Aufmerksamkeit des Partners tatsächlich so wichtig ist, um seine Handlungen verstehen und adäquat reagieren zu können.

Insgesamt suggerieren die Ergebnisse dieser Dissertation, dass Information über Aufmerksamkeitsprozesse in kooperativen Situationen zwar relevant sein kann, aber nur selten in einer solchen Detailliertheit benötigt wird. Es gibt wohl nur wenige Aufgaben, die ein Verfolgen der kognitiven Prozesse des Partners auf einem räumlich und zeitlich so hochauflösenden Level erfordern, wie Blickbewegungen sie darstellen. Oft reicht ein Wissen darüber aus, dass sich der Partner auf ein bestimmtes Objekt bezieht und nur selten ist es wichtig, nach wie vielen oder für wie viele Millisekunden er das Objekt betrachtet oder welches Objektdetail er fixiert. Ebenso wenig muss über jede Sakkade zur Orientierung im Raum informiert werden. Oft ist es hingegen ausreichend, mit dem Partner sprachlich interagieren zu können (Whittaker, 2003) und seine Handlungen und Gesten in Bezug zu aufgabenrelevanten Objekten zu sehen (Whittaker, 1995). Die visuelle Aufmerksamkeit von Menschen ist zumeist ohnehin auf die Objekte gerichtet, über die sie sprechen (Griffin, 2004) oder an denen sie handeln (Land, et al., 1999). Daher liefern beide Informationsquellen indirekte Hinweise über den Aufmerksamkeitsfokus des Partners, wenn auch auf einem geringer aufgelösten Niveau.

Die Argumentation, dass eine Visualisierung von Handlungen und Gesten oft ausreicht, wird dadurch noch verstärkt, dass Blickbewegungen zu einem gewissen Grade simulierbar sind. Personen können ihren ungefähren Blickort mit minimaler zeitlicher Verzögerung durch

den Mauscursor anzeigen, wenn sie wissen, dass der Partner Informationen über ihren Aufmerksamkeitsfokus nötig hat (siehe Experiment 6). Damit kann Blickinformation auf einem mittelgradig hochauflösenden Level auch in Abwesenheit eines Blickcursors gegeben werden. Inwiefern eine solche Simulation des eigenen Blickes zu Kosten infolge einer Doppelaufgabenbelastung führt, kann Thema nachfolgender Studien sein. Allerdings ging aus Beobachtungsstudien natürlicher Gesten hervor, dass Personen ihre visuelle Suche ohnehin oftmals von sich aus mit ihrem Finger begleiten, wenn sie das gefundene Objekt später zeigen wollen (Genest & Gutwin, 2011). Es erscheint also eher unwahrscheinlich, dass ein solches Vorgehen mit hohem Aufwand verbunden ist.

Einige Aspekte von Aufmerksamkeitsprozessen können also auch ohne die Übertragung von Blickbewegungen kommuniziert werden – aber wie gut ist ein Blickcursor tatsächlich geeignet, um natürliche Prozesse der Aufnahme visueller Informationen zu vermitteln? Wenn Personen wissen, dass ein Partner ihren Blick nutzen soll, so können sie ihr Blickverhalten zumindest anteilig an die kommunikative Situation anpassen. Als relevant für den Partner erachtete Anteile werden künstlich verlängert oder verdeutlicht, während kommunikativ irrelevante oder potentiell verwirrende Blicke reduziert werden. Neben der Tatsache, dass eine solche Unterdrückung natürlicher Blickbewegungen negativ auf die Aufgabenleistung wirken kann (Ballard, et al., 1995), wird der Mehrwert von Blickbewegungen herabgesetzt. Wenn Zeigeanteile im Blick auf Kosten genuin aufgabendienlicher Anteile überhand nehmen, ist fraglich, inwiefern der Blick noch als Informationsquelle über natürliches Betrachtungsverhalten dienen kann. Derartige Bedenken werden dadurch gemindert, dass Veränderungen im Blickverhalten kaum (Experiment 4) oder überhaupt nicht (Experiment 6) zu beobachten waren, wenn die Rolle des Blickes vorrangig in der Aufnahme von Informationen lag. Dennoch muss die Frage nach der Natürlichkeit wissentlich übertragener Blickbewegungen von Fall zu Fall beantwortet werden.

Eine Veränderung von Blickbewegungen infolge der kommunikativen Situation kann auch auf dem globaleren Level der betrachteten Inhalte stattfinden. Ist einer Person bekannt, dass der Partner anhand ihres Blickes auf ihr Interesse und Verständnis schließen kann, so sind Veränderungen in ihrem Inspektionsverhalten denkbar. Die Person wird ihren Blick weniger frei und spontan durch eigene Interessen steuern lassen, sondern soziale Motive werden verstärkt eine Rolle spielen (Risko & Kingstone, 2011). Andererseits *wollen* Personen in vielen Situationen sogar, dass der Partner Informationen über ihr Erleben und Verhalten bekommt. Eine soziale Anpassung muss also nicht zwangsläufig problematisch sein, wirft aber erneut die Frage über die Natürlichkeit übertragener Blickbewegungen auf.

Auch von Seiten des Rezipienten gibt es Einschränkungen, die über die Nutzbarkeit von Blickfeedback entscheiden. Nicht geeignet erscheint es in Situationen, in denen eine sofortige Reaktion auf einzelne Blickbewegungen möglich ist. Dies gilt besonders für verhältnismäßig langsame Reaktionen, zum Beispiel in Form von manuellen Bewegungen. Da es Personen schwer fällt, die Handlungsrelevanz einzelner Blickbewegungen einzuschätzen (siehe Experiment 6), können sie auf die Vielzahl oftmals unberechenbarer Blicksprünge nicht schnell und flexibel genug reagieren. Weil das Korrigieren fehlerhafter Reaktion wesentlich zeitaufwändiger ist als ein Zurückspringen mit dem Blick, kommt es zu Stockungen im Kooperationsprozess. Dieses Problem gewinnt mit zunehmender Interaktivität der Situation an Bedeutung. Je mehr Möglichkeiten zur Reaktion auf den Blick verfügbar sind, desto schwerer fällt die Auswahl einer passenden Handlung. Besonders ungeeignet ist

Blickfeedback also dann, wenn der Partner auf den Blick zwar einerseits sofort reagieren kann, die Situation andererseits aber nicht eindeutig festlegt, wann und auf welche Weise dies geschehen soll. In eher freien Kooperationssituationen ohne klare Handlungsstrukturen sollte Blickfeedback daher ausschließlich als Teil eines kommunikativen Gesamtsignals im Kontext anderer Signale wie Sprache oder Mausbewegungen verwendet werden, nicht aber als alleiniges Mittel zum Anweisen von Handlungen.

Wenn man die vorangegangenen Absätze pessimistisch zusammenfasst, könnten sich folgende Schlussfolgerungen ergeben:

- Soll Blickfeedback intentional (zum Zeigen) verwendet werden, so wirkt es verwirrend und eine Übertragung der Maus führt zu besseren Ergebnissen.
- Soll Blickfeedback halbintentional (zum Anzeigen von Verarbeitungsprozessen) genutzt werden, so ist es weitgehend unnötig. Wenn beide Partner von der kommunikativen Relevanz des Blickes wissen und diese absichtlich nutzen wollen, können viele Aspekte von Blickbewegungen mit geringem Aufwand durch die Maus simuliert werden.
- Soll Blickfeedback nicht-intentional verwendet werden (zur Vermittlung natürlichen Blickverhaltens ohne absichtlich kommunikative Komponenten), ist dies nur möglich, wenn der Produzent des Blickes von der Übertragung nichts weiß. Anderenfalls spiegeln seine Blickbewegungen nicht mehr seine „spontane“ visuelle Aufmerksamkeit beim Bearbeiten einer Aufgabe wider.

Damit blieben als Anwendungsfelder für die Blickübertragung – abgesehen von Aufgaben, in denen manuelle Reaktionen nicht möglich sind – nur noch Situationen übrig, in denen der Blick ohne das Wissen des Partners übertragen wird. Aufgrund ethischer Bedenken ist ein solcher Einsatz jedoch nicht vertretbar. Technologien, in denen die Aufmerksamkeit des Anwenders überwacht und genutzt wird (*attentive user interfaces, AUI*) können eine (wahrgenommene) Bedrohung seiner Privatsphäre zur Folge haben (Shell, 2002). Da Blickbewegungen eine sehr direkte Visualisierung von Aufmerksamkeitsprozessen bieten, kann es Anwendern unrecht sein, dass ihr gesamter Informationsaufnahmeprozess sichtbar gemacht wird. Wenn ein Beobachter aus dem Blick seines Partners zum Beispiel schließen kann, ob dieser noch immer interessiert bei der Sache ist (Qvarfordt, et al., 2005), so stellt sich die Frage, ob der unaufmerksame, abgelenkte Partner diesen Zustand auch mitteilen möchte. Während es im Rahmen eines Experimentes möglich ist, die Blickübertragung zu verheimlichen, so ist dieses Vorgehen in der Realität kaum zu rechtfertigen.

Kündigt sich also eine hoffnungslose Lage für die Übertragung von Blickbewegungen an, weil sie entweder nicht hilfreich oder nicht sinnvoll umsetzbar ist? Im folgenden und letzten Abschnitt wird verdeutlicht, warum einer solchen Annahme nicht zugestimmt werden kann. Zunächst werden zwei konkrete Anwendungsbereiche für einen möglichen Einsatz von Blickfeedback skizziert. Obwohl nicht zu erwarten ist, dass es in Zukunft die Maus ablösen wird, sind dennoch Situationen denkbar, in ein Wissen über den Partnerblick sinnvoll ist. Im zweiten Teil wird deshalb anhand der Potentiale von Blickbewegungen spekuliert, in welche Richtungen sich ein Weiterdenken über ihre Anwendung lohnen könnte.

Infolge von Experiment 6 wurde argumentiert, dass Blickfeedback ersetzbar sein kann, wenn Informationen über Aufmerksamkeitsprozesse zumindest in größeren Einheiten auch

durch die Maus vermittelt werden können. Ein Anwendungsfeld ergibt sich daher in Situationen, in denen kontinuierliche Aufmerksamkeitsinformation zwar nützlich, eine Simulation durch Maus oder Hand aber unmöglich oder zu aufwändig ist. Dies trifft vor allem dann zu, wenn manuelle Bewegungen nicht in Form von kleinamplitudigen Bewegungen aus dem Handgelenk stattfinden, sondern den ganzen Körper involvieren. Zum Beispiel während der kooperativen Arbeit an Multi-Touch-Tischen würde niemand kontinuierlich da entlang wischen, wohin er gerade schaut. Auch generell sind Situationen mit Berührungseingabe ein potentiell Anwendungsfeld, weil manuelle Aktionen hier nur hochgradig intentional eingesetzt werden. Eine Kommunikation von Aufmerksamkeitsprozessen durch die Hand auf der Bildfläche würde zu einem Midas Touch Problem im eigentlichen Sinne führen – alles, was die Person berührt, würde sich verändern.

Eine weiteres Anwendungsfeld von Blickfeedback ergibt sich, wenn mehr als zwei räumlich getrennte Partner interagieren müssen und diese Zusammenarbeit in Anlehnung an einen virtuellen Besprechungsraum technisch vermittelt wird (Kohler, 2006; Vertegaal, 1999b). In solchen *mixed reality* Szenarien (Milgram & Kishino, 1994) muss einerseits verständlich sein, wer mit wem über was spricht (Vertegaal, Velichkovsky, & Van der Veer, 1997) und andererseits ist nicht immer klar, ob und für wen die eigenen Handlungen gerade relevant sind. Besonders wenn die Interaktion sehr dynamisch ist, so dass Personen zeitweise für sich allein arbeiten und zeitweise im Fokus des Interesses Anderer stehen, könnte ein kontinuierliches Verfolgen der Einzelhandlungen schwierig sein. Damit würde es während ausgedehnter Zeiträume unnötigen Aufwand bedeuten, seine Aufmerksamkeit intentional und aktiv anzuzeigen, weil ohnehin niemand zusieht. Auch werden Personen sich nicht die Mühe machen, ihren Blick dauerhaft zu kontrollieren oder sozial anzupassen, wenn sie ohnehin oft nicht unter Beobachtung stehen. Der Blick würde also in hohem Grade ihr natürliches Inspektionsverhalten reflektieren.

In derartigen Systemen wird Blickfeedback bereits verwendet. Das wohl bekannteste Kooperationsystem mit Blickübertragung zwischen mehreren Partnern ist das *GAZE Groupware System* (Vertegaal, 1999b). In einem virtuellen Besprechungsraum werden Personen durch Bilder oder Videos repräsentiert, die um einen Tisch herum angeordnet sind. Diese werden zueinander rotiert, um ihre Blickrichtung in Bezug zueinander zu simulieren und dadurch anzuzeigen, wer mit wem spricht (Vertegaal, et al., 2001). Auf den gemeinsam bearbeiteten Objekten werden Blickbewegungen in personenbezogener Farbkodierung als Cursor dargestellt, um anzuzeigen, auf welche Objekte die Partner sich beziehen (*workspace awareness*, Vertegaal, 1999a). Ein empirischer Test der Nützlichkeit dieses Systems und ein Vergleich mit anderen Groupware Systemen ist allerdings nicht bekannt.

Um ein balanciertes Urteil über die potentielle Nützlichkeit von Blickübertragung treffen zu können, muss eingegrenzt werden, wann und inwiefern die mit ihr verbundenen Probleme tatsächlich eine Beeinträchtigung darstellen. Die geringe Eindeutigkeit kann als Beispiel herangezogen werden. Der Aufforderungscharakter eines Blickcursors ist weniger klar als der einer direkten Zeigegeste. Aber hat diese Eigenschaft tatsächlich nur negative Konsequenzen? Eine weniger deutliche Aufforderung kann dem Partner einen größeren Handlungsspielraum einräumen, weil ihm in höherem Maße selbst überlassen wird, wann und wie er auf einen Kommunikationsakt reagiert. In der direkten Kommunikation kann dies zum Beispiel beobachtet werden, wenn Personen jemandem etwas mitteilen wollen, der gerade anderweitig beschäftigt ist. Mithilfe des Blickes kann dabei auf höflichere Weise eine

kommunikative Intention oder ein Interesse an Objekten kommuniziert werden, weil der Partner den Zeitpunkt selbst bestimmen kann, zu dem er seine aktuelle Handlung unterbricht. Selbstbestimmte Unterbrechungen führen wiederum zu einem flüssigeren Handlungsverlauf, weil Tätigkeiten nach der Pause besser wieder aufgenommen werden können (Zlokazova & Velichkovsky, 2010). Blickübertragung könnte somit eine subtilere Koordination gemeinsamer Handlungen erlauben, vor allem während der Interaktion zwischen mehreren Partnern in den oben besprochenen mixed reality Szenarien. Eine solche Funktion ist natürlich nicht möglich, wenn der Partnerblick so visualisiert wird wie in den Experimenten dieser Dissertation. In diesen ging der Unterschied im Aufforderungscharakter zwischen Blick und Maus nicht nur verloren, sondern kehrte sich infolge des undifferenzierten und stark aufmerksamkeitsbindenden Bewegungssignals sogar um. Geeignete Formen der Visualisierung sind notwendig, um weniger imperative Funktionen des Blickes in die technisch medierte Kommunikation zu übernehmen.

Die Überlegungen zum Aufforderungscharakter führen andererseits zurück zur Rolle von Blickbewegungen bei der Kommunikation von Aufmerksamkeitsinformation. Geteilte Aufmerksamkeit, das Rollenmodell für die Blickübertragung aus der direkten Kommunikation, ist nicht umsonst als *joint attention* bekannt und nicht als *joint pointing*. Das Teilen von Aufmerksamkeit geht über ein bloßes Anzeigen von Objekten hinaus, weil ein hohes Gewicht nicht nur auf das Objekt selbst, sondern vor allem auf die Beziehung zwischen Partner und Objekt gelegt wird. Angezeigt wird nicht nur eine rein objektbezogene Information („Hier ist etwas“), sondern eine Relation zwischen Partner und Objekt („Ich interessiere mich für das, was dort ist“). Mentale Prozesse spielen also eine hervorgehobene Rolle im Kommunikationsprozess und sollten dies auch in zukünftigen Untersuchungen zur Blickübertragung tun. Der Blick kann dabei vor allem als Hinweis auf Interesse, Aufmerksamkeit und Verarbeitungsprozesse des Partners dienen.

Von der geteilten Aufmerksamkeit sollte der Schritt zum gemeinsamen Handeln genommen werden. Keineswegs ist es intendiert, den Blick des Partners als einen Hinweisreiz darzustellen, der lediglich zur Betrachtung verwendet, nicht aber in echte Interaktionen eingebunden werden darf. Die Argumentation ist vielmehr die, dass Blickbewegungen stärker als Teil einer kommunikativen Gesamthandlung gesehen werden sollten und nicht als eigenständige Entität. Zusätzlich zu anderen Signalen wie Sprache, Gesten und sonstigen Aktivitäten können Blickbewegungen dabei helfen, die Handlungen des Partners besser zu verstehen. Darauf aufbauend können die Partner eigene Handlungen planen und gemeinsame Handlungen koordinieren. Ein erster Schritt in diese Richtung wurde in der dritten Studie bereits gegangen, aber weitere Untersuchungen sind notwendig, die den Blick stärker als Hinweis auf mentale Prozesse des Gegenübers und weniger als Instruktionsquelle verwenden.

5 LITERATUR

- Almor, A. (1999). Noun-phrase anaphora and focus: The informational load hypothesis. *Psychological Review*, *106*(4), 748–765. doi: 10.1037/0033-295X.106.4.748
- Argyle, M., & Cook, M. (1976). *Gaze and Mutual Gaze*. London, UK: Cambridge University Press.
- Argyle, M., & Graham, J. (1977). The Central Europe Experiment - Looking at persons and looking at things. *Journal of Environmental Psychology and Nonverbal Behaviour*, *1*, 6-16.
- Ariel, M. (1990). *Accessing noun-phrase antecedents*. London, UK: Routledge.
- Ashmore, M., Duchowski, A. T., & Shoemaker, G. (2005). *Efficient eye pointing with a fisheye lens*. Paper presented at the Graphics Interface 2005, Victoria, BC, Canada.
- Baldwin, D. A. (1995). Understanding the link between joint attention and language. In C. Moore & P. J. Dunham (Eds.), *Joint attention: its origins and role in development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., Li, F., & Whitehead, S. D. (1992). Hand-eye coordination during sequential tasks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, *337*, 331-339. doi: 10.1098/rstb.1992.0111
- Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., & Pelz, J. B. (1995). Memory representations in natural tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *7*(1), 66-80. doi: 10.1162/jocn.1995.7.1.66
- Bangerter, A. (2004). Using Pointing and Describing to Achieve Joint Focus of Attention in Dialogue. *Psychological Science*, *15*(6), 415–419. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00694.x
- Baron-Cohen, S. (1995). *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bates, R. (2002). *Have Patience with Your Eye Mouse! Eye-Gaze Interaction with Computers Can Work*. Paper presented at the 1st Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology, Cambridge, UK.
- Bednarik, R., Gowases, T., & Tukiainen, M. (2009). Gaze interaction enhances problem solving: Effects of dwell-time based, gaze-augmented, and mouse interaction on problem-solving strategies and user experience. *Journal of Eye Movement Research*, *3*(1):3, 1-10.
- Bednarik, R., Shipilov, A., & Pietinen, S. (2011). *Bidirectional Gaze in Remote Computer Mediated Collaboration: Setup and Initial Results from Pair-Programming*. Paper presented at the ACM Conference on Computer-Supported Collaborative Work, CSCW' 11, Hangzhou, China.
- Bergmann, K., & Kopp, S. (2010). *On the Production and Perception of Iconic Gestures: Insights from Computational Modelling and Empirical Studies*. Paper presented at the KogWis 2010, Potsdam, Germany.
- Bertera, J. H., & Rayner, K. (2000). Eye movements and the span of the effective visual stimulus in visual search. *Perception & Psychophysics*, *62*(3), 576–585. doi: 10.3758/BF03212109

- Birmingham, E., Bischof, W. F., & Kingstone, A. (2008). Gaze selection in complex social scenes. *Visual Cognition, 16*(2–3), 341–355. doi: 10.1080/13506280701434532
- Bly, S. (1988). *A use of drawing surfaces in collaborative settings*. Paper presented at the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW '88, New York, NY.
- Böckler, A., Knoblich, G., & Sebanz, N. (2011). Giving a helping hand: effects of joint attention on mental rotation of body parts. *Experimental Brain Research, 211*(3-4), 531–545. doi: 10.1007/s00221-011-2625-z
- Bolstad, C. A., & Endsley, M. R. (2003). *Tools for supporting team collaboration*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics 47th Annual Meeting, Denver, CO.
- Boos, E., & Zondler, M. (2007). Mikogo Retrieved September 02, 2010, from <http://www.mikogo.com/>
- Boyle, E. A., Anderson, A. H., & Newlands, A. (1994). The effects of visibility on dialogue and performance in a cooperative problem solving task. *Language and Speech, 37*(1), 1–20. doi: 10.1177/002383099403700101
- Branigan, H. P., Pickering, M. J., & Cleland, A. A. (2000). Syntactic co-ordination in dialogue. *Cognition, 75*(2), B13- B25. doi: 10.1016/S0010-0277(99)00081-5
- Brennan, S. E., Chen, X., Dickinson, C. A., Neider, M. B., & Zelinsky, G. J. (2008). Coordinating cognition: The costs and benefits of shared gaze during collaborative search. *Cognition, 106*(3), 1465–1477. doi: 10.1016/j.cognition.2007.05.012
- Brennan, S. E., & Clark, H. H. (1996). Conceptual pacts and lexical choice in conversation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition, 22*(6), 1482-1493. doi: 10.1037/0278-7393.22.6.1482
- Bruner, J. (1981). The pragmatics of aquisition. In W. Deutsch (Ed.), *The Child's Construction of Language* (pp. 42-64). New York, NY: Academic Press.
- Bujakas, T. M., & Linde, N. D. (1974). Inhibitory effect on saccadic eye movements in the process of activity. In A. N. Leontiev (Ed.), *Perception and activity* (pp. 68–86). Moscow, Russia: Moscow University Press.
- Call, J., & Tomasello, M. (2008). Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(5), 187-192. doi: 10.1016/j.tics.2008.02.010
- Carletta, J., Hill, R. L., Nicol, C., Taylor, T., de Ruitter, J. P., & Bard, E. G. (2010). Eyetracking for two-person tasks with manipulation of a virtual world. *Behavior Research Methods, 42*(1), 254-265. doi: 10.3758/BRM.42.1.254
- Carter, A. L. (1975). The transformation of sensorimotor morphemes into words: A case study of the development of "more" and "mine". *Journal of Child Language, 2*(2), 233-250. doi: 10.1017/S0305000900001069
- Cassell, J., McNeill, D., & McCullough, K. E. (1999). Speech-gesture mismatches: Evidence for one underlying representation of linguistic and non-linguistic information. *Pragmatics and Cognition, 7*(1), 1-34. doi: 10.1075/pc.7.1.03cas
- Castelhano, M. S., & Henderson, J. M. (2007). Initial Scene Representations Facilitate Eye Movement Guidance in Visual Search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 33*(4), 753–763. doi: 10.1037/0096-1523.33.4.753
- Chafe, W. L. (1976). Givenness, contrastiveness, definiteness, subjects, topics and point of view. In C. N. Li (Ed.), *Subject and topic* (pp. 25-55). New York, NY: Academic Press.

- Chafe, W. L. (1994). *Discourse, consciousness, and time*. Chicago, IL: Chicago University Press.
- Chartrand, T. L., & Bargh, J. A. (1999). The chameleon effect: The perception–behavior link and social interaction. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(6), 893–910. doi: 10.1037/0022-3514.76.6.893
- Cherubini, M., Nüssli, M.-A., & Dillenbourg, P. (2010). This is it!: Indicating and Looking in Collaborative Work at Distance. *Journal of Eye Movement Research*, 3(5), 1–20.
- Clark, H. H. (2003). Pointing and placing. In S. Kita (Ed.), *Pointing: Where Language, Culture, and Cognition Meet* (pp. 243-268). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clark, H. H., & Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 127-149). Washington, DC: APA Books.
- Clark, H. H., & Krych, M. A. (2004). Speaking while monitoring addressees for understanding. *Journal of Memory and Language*, 50(1), 62–81.
- Clark, H. H., & Wilkes-Gibbs, D. (1986). Referring as a collaborative process. *Cognition*, 22(1), 1-39. doi: 10.1016/0010-0277(86)90010-7
- Cooper, R. M. (1974). The control of eye fixation by the meaning of spoken language - a new methodology for the real-time investigation of speech perception, memory, and language processing. *Cognitive Psychology*, 6, 84-107. doi: 10.1016/0010-0285(74)90005-X
- Corno, F., Farinetti, L., & Signorile, I. (2002). *A cost-effective solution for eye-gaze assistive technology*. Paper presented at the IEEE Conference on Multimedia and Expo, ICME '02, Piscataway, NJ.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework of memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671-684. doi: 10.1016/S0022-5371(72)80001-X
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91(1), 176-180. doi: 10.1007/BF00230027
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches* (pp. 1-19). Oxford, UK: Elsevier.
- Doherty-Sneddon, G., Anderson, A., O'Malley, C., Langton, S., Garrod, S., & Bruce, V. (1997). Face-to-face and video mediated communication: A comparison of dialogue structure and task performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3(2), 105–125. doi: 10.1037/1076-898X.3.2.105
- Dreisbach, G., & Goschke, T. (2008). Conflict-triggered goal-shielding attenuates background-monitoring for prospective memory cues. *Psychological Science*, 19(1), 25-32. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02042.x
- Duncan, S. (2008). Gestural imagery and cohesion in normal and impaired discourse. In I. Wachsmuth, M. Lenzen & G. Knoblich (Eds.), *Embodied communication in humans and machines* (pp. 305-328). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Duncker, K. (1945). On problem solving. *Psychological Monographs*, 58(5), (Whole No. 270).

- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64. doi: 10.1518/001872095779049543
- Ferreira, V. S., Slevc, L. R., & Rogers, E. S. (2005). How do speakers avoid ambiguous linguistic expressions? *Cognition*, 96(3), 263–284. doi: 10.1016/j.cognition.2004.09.002
- Fish, R., Kraut, R., Root, R., & Rice, R. (1992). *Evaluating video as a technology for informal communication*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '92, Monterey, CA.
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 490-495. doi: 10.3758/BF03208827
- Friesen, C. K., Ristic, J., & Kingstone, A. (2004). Attentional effects of counterpredictive gaze and arrow cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 30(2), 319-329. doi: 10.1037/0096-1523.30.2.319
- Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. (2007). Gaze Cueing of Attention: Visual Attention, Social Cognition, and Individual Differences. *Psychological Bulletin*, 133(4), 694–724. doi: 10.1037/0033-2909.133.4.694
- Frischen, A., & Tipper, S. P. (2004). Orienting attention via observed gaze shift evokes longer term inhibitory effects: Implications for social interactions, attention, and memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(4), 516-533.
- Fukumura, K., van Gompel, R. P. G., & Pickering, M. J. (2010). The use of visual context during the production of referring expressions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(9), 1700-1715. doi: 10.1080/17470210903490969
- Gale, C., & Monk, A. F. (2000). Where am I looking? The accuracy of video-mediated gaze awareness. *Perception and Psychophysics*, 62(3), 586–595. doi: 10.3758/BF03212110
- Garrod, S., & Pickering, M. J. (2004). Why is conversation so easy? *Trends in Cognitive Science*, 8(1), 8-11. doi: 10.1016/j.tics.2003.10.016
- Gaver, W., Sellen, A., Heath, C., & Luff, P. (1993). *One is not enough: multiple views in a media space*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, INTERCHI '93, Amsterdam, The Netherlands.
- Genest, A. M., & Gutwin, C. (2011). *Characterizing Deixis over Surfaces to Improve Remote Embodiments*. Paper presented at the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ECSCW '11, Aarhus, Denmark.
- Giles, H., Coupland, N., & Coupland, J. (1992). Accommodation theory: Communication, context and consequences. In H. Giles, J. Coupland & N. Coupland (Eds.), *Contexts of accommodation* (pp. 1-68). Cambridge: Cambridge University Press.
- Glenberg, A. M., Schroeder, J. L., & Robertson, D. A. (1998). Averting the gaze disengages the environment and facilitates remembering. *Memory & Cognition*, 26(4), 651-658. doi: 10.3758/BF03211385
- Graupner, S.-T., Velichkovsky, B. M., Pannasch, S., & Marx, J. (2007). Surprise, surprise: Two distinct components in the visually evoked distractor effect. *Psychophysiology*, 44(2), 251-261. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00504.x
- Grice, H. P. (1975). Logic and Conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Eds.), *Syntax and Semantics, Vol. 3: Speech Acts* (pp. 41–58). New York: Academic Press.

- Griffin, Z. M. (2001). Gaze durations during speech reflect word selection and phonological encoding. *Cognition*, 82(1), B1–B14. doi: 10.1016/S0010-0277(01)00138-X
- Griffin, Z. M. (2004). Why look? Reasons for eye movements related to language production. In J. M. Henderson & F. Ferreira (Eds.), *The integration of language, vision, and action: Eye movements and the visual world* (pp. 213-247). New York, NY: Taylor and Francis.
- Griffin, Z. M., & Bock, K. (2000). What the eyes say about speaking. *Psychological Science*, 11(4), 274-279.
- Gutwin, C. (2002). *Improving Interpretation of Remote Gestures with Telepointer Traces*. Paper presented at the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW '02, New Orleans, LA.
- Hanna, J. E., & Brennan, S. E. (2007). Speakers' eye gaze disambiguates referring expressions early during face-to-face conversation. *Journal of Memory and Language*, 57(4), 596–615. doi: 10.1016/j.jml.2007.01.008
- Hanna, J. E., Tanenhaus, M. K., & Trueswell, J. C. (2003). The effects of common ground and perspective on domains of referential interpretation. *Journal of Memory and Language*, 49(1), 43-61. doi: 10.1016/S0749-596X(03)00022-6
- Hansen, J. P., Andersen, A. W., & Roed, P. (1995). Eye-gaze control of multimedia systems. In Y. Anzai, K. Ogawa & H. Mori (Eds.), *Advances in Human Factors/Ergonomics: Symbiosis of Human and Artifact - Future Computing and Design for Human-Computer Interaction, Proceedings of the Sixth International Conference on Human-Computer Interaction* (Vol. 20, pp. 37-42): Elsevier Science B.V.
- Hayhoe, M. M., Shrivastava, A., Mruczek, R., & Pelz, J. B. (2003). Visual memory and motor planning in a natural task. *Journal of Vision*, 3(1), 49-63. doi: 10.1167/3.1.6
- Helmert, J. R. (2009). *Der Zusammenhang von objektivem und subjektivem Blickort als Indikator für die visuelle Aufmerksamkeitsausrichtung*. Unpublished Dissertation. Department of Psychology. Technische Universität Dresden.
- Helmert, J. R., Pannasch, S., & Velichkovsky, B. M. (2008). Influences of dwell time and cursor control on the performance in gaze driven typing. *Journal of Eye Movement Research*, 2(4):3, 1-8.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1999). High-level scene perception. *Annual Review of Psychology*, 50, 243-271. doi: 10.1146/annurev.psych.50.1.243
- Henderson, J. M., Weeks, P. A., & Hollingworth, A. (1999). The Effects of Semantic Consistency on Eye Movements During Complex Scene Viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(1), 210-228.
- Hermann, T., & Grabowski, J. (1994). *Sprechen: Psychologie der Sprachproduktion*. Heidelberg: Spektrum.
- Hill, E. J., Ferris, M., & Mårtinson, V. (2003). Does it matter where you work? A comparison of how three work venues (traditional office, virtual office, and home office) influence aspects of work and personal/family life. *Journal of Vocational Behavior*, 63(2), 220-241. doi: 10.1016/S0001-8791(03)00042-3
- Hockett, C. F. (1960). The origin of speech. *Scientific American*, 203(3), 88-96. doi: 10.1038/scientificamerican0960-88

- Holsanova, J. (2008). *Discourse, vision, and cognition*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Horton, W. S., & Gerrig, R. J. (2005). The impact of memory demands on audience design during language production. *Cognition*, *96*(2), 127-142. doi: 10.1016/j.cognition.2004.07.001
- Huckauf, A., & Urbina, M. (2011). Object selection in gaze controlled systems: What you don't look at is what you get. *ACM Transactions of Applied Perception*, *8*(2), 13:01-14. doi: 10.1145/1870076.1870081
- Ishii, H., Kobayashi, M., & Grudin, J. (1993). Integration of interpersonal space and shared workspace: Clearboard design and experiments. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, *11*(4), 349–375. doi: 10.1145/159764.159762
- Jacob, R. J. K. (1991). The use of eye movements in human-computer interaction techniques: what you look at is what you get. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, *9*(2), 152 - 169. doi: 10.1145/123078.128728
- Jarodzka, H., Balslev, T., Holmqvist, K., Nyström, M., Scheiter, K., Gerjets, P., & Eika, B. (2011). *Foveating instructional videos based on experts' eye movements to teach perception and interpretation of dynamic scenes*. Paper presented at the 16th European Conference on Eye Movements, ECEM '11, Marseille, France.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, *8*(4), 441-480.
- Kasarskis, P., Stehwien, J., Hickox, J., Aretz, A., & Wickens, C. (2001). *Comparison of expert and novice scan behaviors during VFR flight*. Paper presented at the 11th International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH.
- Kaur, M., Tremaine, M., Huang, Wilder, J., Gacovski, Z., Flippo, F., & Mantravadi, C. S. (2003). *Where is "it"? Event Synchronization in Gaze-Speech Input Systems*. Paper presented at the 5th International Conference on Multimodal Interfaces, New York, NY.
- Kendon, A. (1967). Some functions of gaze-direction in social interaction. *Acta Psychologica*, *26*, 22-63. doi: 10.1016/0001-6918(67)90005-4
- Kendon, A. (2004). *Gesture: Visible Action as Utterance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kibrik, A. A., Dobrov, G. B., Loukachevitch, N. V., & Zalmanov, D. A. (2010). *Referential choice as a probabilistic multi-factorial process*. Paper presented at the Fourth International Conference on Cognitive Science, Tomsk, Russia.
- Kilner, J. M., Vargas, C., Duval, S., Blakemore, S. J., & Sirigu, A. (2004). Motor activation prior to observation of a predicted movement. *Nature Neuroscience*, *7*(12), 1299-1301. doi: 10.1038/nn1355
- Kingstone, A. (2009). Taking a real look at social attention. *Current Opinion in Neurobiology*, *19*(1), 52–56. doi: 10.1016/j.conb.2009.05.004
- Knoblich, G., Butterfill, S., & Sebanz, N. (2011). Psychological research on joint action: theory and data. *Psychology of Learning and Motivation*, *54*, 59-101. doi: 10.1016/B978-0-12-385527-5.00003-6
- Koesling, H., Jang, K.-W., Weiss, P., & Sichelschmidt, L. (2007). Compensation mechanisms in mediated communication *Perception*, *36* (ECP Abstract Supplement), 187.

- Kohler, P. (2006). *Investigations on the Requirements of Distributed Engineering Group Work*. Unpublished Dissertation. Department of Psychology. Technische Universität Dresden.
- Koons, D. B., Sparrell, C. J., & Thorisson, K. R. (1993). Integrating simultaneous input from speech, gaze, and hand gestures. In M. Maybury (Ed.), *Intelligent Multimedia Interfaces* (pp. 257-276). Menlo Park: MIT Press.
- Kraut, R. E., Gergle, D., & Fussell, S. R. (2002). *The Use of Visual Information in Shared Visual Spaces: Informing the Development of Virtual Co-Presence*. Paper presented at the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW '02, New Orleans, LA.
- Kreysa, H., Pickering, M. J., Haywood, S. L., & Henderson, J. M. (2009). *Gaze Projection – Ich sehe, was der Sprecher sieht: Auswirkungen auf das Verständnis von Objektbeschreibungen*. Paper presented at the 51. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, TeaP '09, Jena, Germany.
- Land, M. F., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, 28(11), 1311-1328. doi: 10.1068/p2935
- Land, M. F., & Tatler, B. W. (2009). *Looking and Acting: Vision and Eye Movements in Natural Behaviour*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Law, B., Atkins, M. S., Kirkpatrick, A. E., & Lomax, A. J. (2004). *Eye gaze patterns differentiate novice and experts in a virtual laparoscopic surgery training environment*. Paper presented at the Eye Tracking Research & Application Symposium, ETRA '04, San Antonio, TX.
- Lempert, H., & Kinsbourne, M. (1985). Possible origin of speech in selective orienting. *Psychological Bulletin*, 97(1), 62-73. doi: 10.1037//0033-2909.97.1.62
- Leonard, J. A. (1959). Tactual reactions: I. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11(2), 76–83.
- Liepert, R., Prinz, W., & Brass, M. (2010). When do we simulate non-human agents? Dissociating communicative and non-communicative actions. *Cognition*, 115(3), 426-434. doi: 10.1016/j.cognition.2010.03.003
- Litchfield, D., & Ball, L. J. (2011). Using another's gaze as an explicit aid to insight problem solving. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(4), 649 — 656. doi: 10.1080/17470218.2011.558628
- Litchfield, D., Ball, L. J., Donovan, T., Manning, D. J., & Crawford, T. (2008). Learning from others: Effects of viewing another person's eye movements while searching for chest nodules. In B. Sahiner & D. J. Manning (Eds.), *Proceedings of SPIE Medical Imaging 2008: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment*. San Diego, CA.
- Majaranta, P., & Riih , K.-J. (2002). *Twenty Years of Eye Typing: Systems and Design Issues*. Paper presented at the Eye Tracking Research & Applications Symposium, ETRA '02, New York, NY.
- Marshall, C. R., & Novick, D. G. (1995). Conversational effectiveness in multimedia communications. *Information Technology & People*, 8(1), 54-79. doi: 10.1108/09593849510081602

- Mateo, J. C., Agustin, J. S., & Hansen, J. P. (2008). *Gaze beats mouse: hands-free selection by combining gaze and emg*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '08, Florence, Italy.
- Maw, N. N., & Pomplun, M. (2004). *Studying Human Face Recognition with the Gaze-Contingent Window Technique*. Paper presented at the 26th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Chicago, IL.
- McConkie, G. W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, *17*(3), 578–586. doi: 10.3758/BF03203972
- McNeill, D. (1985). So you think gestures are nonverbal? *Psychological Review*, *92*(3), 350–371. doi: 10.1037/0033-295X.92.3.350
- McNeill, D. (2005). *Gesture and Thought*. Chicago, IL: Chicago University Press.
- Mehta, P., Sadasivan, S., Greenstein, J., Gramopadhye, A. K., & Duchowski, A. T. (2005). *Evaluating Different Display Techniques for Communicating Search Strategy Training in a Collaborative Virtual Aircraft Inspection Environment*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Orlando, FL.
- Milgram, P., & Kishino, A. F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual display. *IEICE Transactions on Information and Systems*, *E77-D*(12), 1321–1329.
- Miltner, W. H. R., Brauer, J., Hecht, H., Trippe, R., & Coles, M. G. H. (2004). Parallel brain activity for self-generated and observed errors. In M. Ullsperger & M. Falkenstein (Eds.), *Errors, conflicts, and the brain: Current opinions on performance monitoring* (pp. 124–129). Leipzig: MPI of Human Cognitive and Brain Sciences.
- Moll, H., & Tomasello, M. (2007). Cooperation and human cognition: the Vygotskian intelligence hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, *362*(1480), 639–648. doi: 10.1098/rstb.2006.2000
- Monk, A. F., & Gale, C. (2002). A Look Is Worth a Thousand Words: Full Gaze Awareness in Video-Mediated Conversation. *Discourse Processes*, *33*(3), 257–278. doi: 10.1207/S15326950DP3303_4
- Murphy, R. A., & Basili, A. (1993). *Developing the User-System Interface for a Communications System for ALS Patients and Others with Severe Neurological Impairments*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, Seattle, WA.
- Nalanagula, D., Greenstein, J. S., & Gramopadhye, A. K. (2006). Evaluation of the effect of feedforward training displays of search strategy on visual search performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *36*(4), 289–300. doi: 10.1016/j.ergon.2005.11.008
- Nardi, B. A., Schwarz, H., Kuchinsky, A., Leichner, R., Whittaker, S., & Scلابassi, R. (1993). *Turning away from talking heads: the use of video-as-data in neurosurgery*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, INTERACT '93 and CHI '93 New York, NY.
- Neider, M. B., Chen, X., Dickinson, A., Brennan, S. E., & Zelinsky, G. J. (2010). Coordinating Spatial Referencing Using Shared Gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*(5), 718–724. doi: 10.3758/PBR.17.5.718
- Nodine, C. F., & Mello-Thoms, C. (2000). The nature of expertise in radiology. In R. L. Van Metter, J. Beutel & H. L. Kundel (Eds.), *Handbook of Medical Imaging, Volume 1: Physics and Psychophysics* (pp. 859–894). Bellingham, WA: SPIE Press.

- Nuthmann, A. (2011). *The contributions of foveal versus extrafoveal vision to visual search in real-world scenes: Evidence from eye movements*. Paper presented at the 16th European Conference on Eye Movements, ECEM '11, Marseille, France.
- Ohno, T. (2005). *Weak gaze awareness in video-mediated communication*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '05 Portland, OR.
- Over, E. A. B., Hooge, I. T. C., & Erkelens, C. J. (2006). A quantitative measure for the uniformity of fixation density: The Voronoi method. *Behavior Research Methods*, *38*(2), 251-261. doi: 10.3758/BF03192777
- Pacherie, E., & Dokic, J. (2006). From mirror neurons to joint actions. *Cognitive Systems Research*, *7*(2-3), 101–112. doi: 10.1016/j.cogsys.2005.11.012
- Pannasch, S., Dornhoefer, S. M., Unema, P. J. A., & Velichkovsky, B. M. (2001). The omnipresent prolongation of visual fixations: saccades are inhibited by changes in situation and in subject's activity. *Vision Research*, *41*(25-26), 3345-3351. doi: 10.1016/S0042-6989(01)00207-3
- Pickering, M. J., & Garrod, S. (2004). Toward a mechanistic psychology of dialogue. *Behavioral and Brain Sciences*, *27*(2), 169–226.
- Pierno, A. C., Becchio, C., Wall, M. B., Smith, A. T., Turella, L., & Castiello, U. (2006). When Gaze Turns into Grasp. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(12), 2130–2137. doi: 10.1162/jocn.2006.18.12.2130
- Pomplun, M., Reingold, E. M., & Shen, J. (2001). Investigating the visual span in comparative search: the effects of task difficulty and divided attention. *Cognition*, *81*(2), B57-B67. doi: 10.1016/S0010-0277(01)00123-8
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*(1), 3-25.
- Prinz, W. (2002). Experimental approaches to imitation. In A. N. Meltzoff & W. Prinz (Eds.), *The imitative mind: Development, evolution, and brain bases* (pp. 143–163). New York: Cambridge University Press.
- Qvarfordt, P., Beymer, D., & Zhai, S. (2005). *RealTourist – A Study of Augmenting Human-Human and Human-Computer Dialogue with Eye-Gaze Overlay*. Paper presented at the Human-Computer Interaction, INTERACT '05, Rome, Italy.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*(3), 372-422. doi: 10.1037/0033-2909.124.3.372
- Read, L. E. (1958). I, Pencil. *The Freeman*, *8*, 32-37.
- Richardson, D. C., Dale, R., & Kirkham, N. Z. (2007). The Art of Conversation Is Coordination: Common Ground and the Coupling of Eye Movements During Dialogue. *Psychological Science*, *18*(5), 407-413. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.01914.x
- Richardson, D. C., Hoover, M. A., & Ghane, A. (2008). *Joint perception: gaze and the presence of others*. Paper presented at the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Austin, TX
- Ridley, M. (2010). *When ideas have sex*. Paper presented at the TEDGlobal 2010, Okford, UK.
- Risko, E. F., & Kingstone, A. (2011). Eyes wide shut: Implied social presence, eye tracking and attention. *Attention, Perception & Psychophysics*, *73*(2), 291-296. doi: 10.3758/s13414-010-0042-1

- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- Sadasivan, S., Greenstein, J. S., Gramopadhye, A. K., & Duchowski, A. T. (2005). *Use of eye movements as feedforward training for a synthetic aircraft inspection task*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, SIGCHI '05, Portland, OR.
- Schilbach, L., Wilms, M., Eickhoff, S. B., Romanzetti, S., Tepest, R., Bente, G., . . . Vogeley, K. (2009). Minds Made for Sharing: Initiating Joint Attention Recruits Reward-related Neurocircuitry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2702–2715. doi: 10.1162/jocn.2009.21401
- Schlegel, S. (2005). *Kongruenz von Blickverhalten und Mausaktivität am Bildschirm*. Großer Beleg. Department of Psychology. Technische Universität Dresden.
- Schober, M. F. (1993). Spatial perspective-taking in conversation. *Cognition*, 47(1), 1-24. doi: 10.1016/0010-0277(93)90060-9
- Schoonard, J. W., Gould, J. D., & Miller, L. A. (1973). Studies of visual inspection. *Ergonomics*, 16(4), 365–379. doi: 10.1080/00140137308924528
- Sebanz, N., Bekkering, H., & Knoblich, G. (2006). Joint action: bodies and minds moving together. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 70-76. doi: 10.1016/j.tics.2005.12.009
- Sebanz, N., Knoblich, G., & Prinz, W. (2005). How Two Share a Task: Corepresenting Stimulus–Response Mappings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 31(6), 1234–1246. doi: 10.1037/0096-1523.31.6.1234
- Sebanz, N., Knoblich, G., Prinz, W., & Wascher, E. (2006). Twin Peaks: An ERP Study of Action Planning and Control in Coacting Individuals. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(5), 859-870. doi: 10.1162/jocn.2006.18.5.859
- Sellen, A. (1992). *Speech patterns in video-mediated communication*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '92, Monterey, CA.
- Shell, J. S. (2002). *Taking Control of the Panopticon: Privacy Considerations in the Design of Attentive User Interfaces*. Paper presented at the Conference on Computer-Supported Collaborative Work, CSCW '02, New Orleans, LA.
- Shockley, K., Santana, M. V., & Fowler, C. A. (2003). Mutual interpersonal postural constraints are involved in cooperative conversation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 29(2), 326-332. doi: 10.1037/0096-1523.29.2.326
- Short, J., Williams, E., & Christie, B. (1976). *The social psychology of telecommunications*. London, UK: Wiley Press.
- Sibert, L. E., & Jacob, R. J. K. (2000). *Evaluation of eye gaze interaction*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '00, The Hague, Netherlands.
- Stampe, D. M., & Reingold, E. (1993). *Eye movements as a response modality in psychological research*. Paper presented at the 7th European Conference on Eye Movements, ECEM '93, Durham, UK.
- Starker, I., & Bolt, R. A. (1990). *A gaze-responsive self-disclosing display*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, SIGCHI '90, New York, NY.

- Stein, R., & Brennan, S. E. (2004). *Another person's eye gaze as a cue in solving programming problems*. Paper presented at the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, State College, PA.
- Tanenhaus, M. K., Chambers, C. G., & Hanna, J. E. (2004). Referential domains in spoken language comprehension: Using eye movements to bridge the product and action traditions. In J. M. Henderson & F. Ferreira (Eds.), *The interface of language, vision, and action: Eye movements and the visual world* (pp. 279-317). New York: Psychology Press.
- Tang, J. C., & Isaacs, E. (1993). Why do users like video: studies of multimedia-supported collaboration. *Computer Supported Cooperative Work, 1*(3), 163-196. doi: 10.1007/BF00752437
- Tanner, W. P., & Swets, J. A. (1954). A decision-making theory of visual detection. *Psychological Review, 61*(6), 401-409. doi: 10.1037/h0058700
- Tatler, B. W., & Vincent, B. T. (2008). Systematic tendencies in scene viewing. *Journal of Eye Movement Research, 2*(2), 1-18.
- Theeuwes, J., Kramer, A. F., Hahn, S., & Irwin, D. E. (1998). Our eyes do not always go where we want them to go: Capture of the eyes by new objects. *Psychological Science, 9*(5), 379-385. doi: 10.1111/1467-9280.00071
- Tomasello, M. (2008). *Origins of Human Communication*. Cambridge, London, UK: MIT Press.
- Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioural and Brain Sciences, 28*(5), 675-735. doi: 10.1017/S0140525X05000129
- Tomasello, M., & Farrar, J. M. (1986). Joint attention and early language. *Child Development, 57*(6), 1454-1463. doi: 10.1111/1467-8624.ep7252234
- Unema, P. J. A., Pannasch, S., Joos, M., & Velichkovsky, B. M. (2005). Time course of information processing during scene perception: The relationship between saccade amplitude and fixation duration. *Visual Cognition, 12*(3), 473-494. doi: 10.1080/13506280444000409
- Van Diepen, P. M. J., & d'Ydewalle, G. (2003). Early peripheral and foveal processing in fixations during scene perception. *Visual Cognition, 10*(1), 79-100.
- van Diepen, P. M. J., de Graef, P., & d'Ydewalle, G. (1995). Chronometry of foveal information extraction during scene perception. In J. M. Findlay, R. Walker & R. W. Kentridge (Eds.), *Eye Movement Research: Mechanisms, Processes, and Applications* (pp. 349-362). New York, NY: Elsevier.
- Van Gog, T., Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P., & Paas, F. (2009). Attention guidance during example study via the model's eye movements. *Computers in Human Behavior, 25*(3), 785-791. doi: 10.1016/j.chb.2009.02.007
- van Schie, H. T., Mars, R. B., Coles, M. G. H., & Bekkering, H. (2004). Modulation of activity in medial frontal and motor cortices during error observation. *Nature Neuroscience, 7*(5), 549-554. doi: 10.1038/nn1239
- Van Ulzen, N. R., Lamoth, C. J. C., Daffertshofer, A., Semin, G. R., & Beek, P. J. (2008). Characteristics of instructed and uninstructed interpersonal coordination while walking side-by-side. *Neuroscience Letters, 432*(2), 88-93. doi: 10.1016/j.neulet.2007.11.070

- Velichkovsky, B. M. (1995). Communicating attention: Gaze position transfer in cooperative problem solving. *Pragmatics and Cognition*, 3(2), 199-222. doi: 10.1075/pc.3.2.02vel
- Velichkovsky, B. M. (2002). Heterarchy of cognition: The depths and the highs of a framework for memory research. *Memory*, 10(5/6), 405-419. doi: 10.1080/09658210244000234
- Velichkovsky, B. M., Joos, M., Helmert, J. R., & Pannasch, S. (2005). *Two visual systems and their eye movements: evidence from static and dynamic scene perception*. Paper presented at the 27th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Stresa, Italy.
- Velichkovsky, B. M., Rothert, A., Kopf, M., Dornhoefer, S. M., & Joos, M. (2002). Towards an express diagnostics for level of processing and hazard perception. *Transportation Research, Part F*, 5(2), 145-156. doi: 10.1016/S1369-8478(02)00013-X
- Velichkovsky, B. M., Sprenger, A., & Pomplun, M. (1997). Auf dem Weg zur Blickmaus: Die Beeinflussung der Fixationsdauer durch kognitive und kommunikative Aufgaben. In R. Liskowsky, B. M. Velichkovsky & W. Wünschmann (Eds.), *Usability Engineering* (pp. 317-327). Stuttgart, Germany: Teubner.
- Velichkovsky, B. M., Sprenger, A., & Unema, P. J. A. (1997). *Towards gaze-mediated interaction: Collecting solutions of the "Midas touch problem"*. Paper presented at the Human-Computer Interaction, INTERACT '97, London, UK.
- Vertegaal, R. (1999a). *Designing Awareness with Attention-based Groupware*. Paper presented at the Human-Computer Interaction, INTERACT '99, Edinburgh, UK.
- Vertegaal, R. (1999b). *The GAZE groupware system: mediating joint attention in multiparty communication and collaboration*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, SIGCHI '99, Pittsburgh, PA.
- Vertegaal, R. (2008). *A Fitts' Law Comparison of Eye Tracking and Manual Input in the Selection of Visual Targets*. Paper presented at the 2008 International Conference on Multimodal Interfaces, Chania, Krete, Greece.
- Vertegaal, R., Slagter, R., Van der Veer, G. C., & Nijholt, A. (2001). *Eye gaze patterns in conversations: there is more to conversational agents than meets the eyes*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '01, Seattle, WA.
- Vertegaal, R., Velichkovsky, B. M., & Van der Veer, G. C. (1997). Catching the Eye: Management of Joint Attention in Cooperative Work. *ACM SIGCHI Bulletin*, 29(4), 87-92. doi: 10.1145/270950.270998
- Vesterby, T., Voss, J. C., Hansen, J. P., Glenstrup, A. J., Hansen, D. W., & Rudolph, M. (2005). Gaze-guided viewing of interactive movies. *Digital Creativity*, 16(4), 193-204. doi: 10.1080/14626260500476523
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ware, C., & Mikaelian, H. H. (1987). An evaluation of an eye tracker as a device for computer input. *ACM SIGCHI Bulletin*, 17(SI), 183-188. doi: 10.1145/30851.275627
- Whittaker, S. (1995). Rethinking video as a technology for interpersonal communications: Theory and design implications. *International Journal of Human-Computer Studies*, 42(5), 501-529. doi: 10.1006/ijhc.1995.1022
- Whittaker, S. (2003). Things to Talk About When Talking About Things. *Human-Computer Interaction*, 18(1&2), 149-170. doi: 10.1207/S15327051HCI1812_6

- Whittaker, S., Brennan, S. E., & Clark, H. H. (1991). *Coordinating activity: an analysis of interaction in computer-supported cooperative work*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, SIGCHI '91, New York, NY.
- Whittaker, S., Geelhoed, E., & Robinson, E. (1993). Shared workspaces: How do they work and when are they useful? *International Journal of Man–Machine Studies*, 39(5), 813-843. doi: 10.1006/imms.1993.1085
- Wilkie, R. M., & Wann, J. P. (2003). Eye-movements aid the control of locomotion. *Journal of Vision*, 3(11), 677-684. doi: 10.1167/3.11.
- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition* 13(1), 103-128. doi: 10.1016/0010-0277(83)90004-5
- Wobbrock, J. O., Rubinstein, J., Sawyer, M. W., & Duchowski, A. T. (2008). *Longitudinal evaluation of discrete consecutive gaze gestures for text entry*. Paper presented at the Eyetracking Research & Applications Symposium, ETRA '08, Savannah, GA.
- Zhai, S., Morimoto, C., & Ihde, S. (1999). *Manual and Gaze Input Cascaded (MAGIC) Pointing*. Paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '99, New York, NY.
- Zlokazova, T. A., & Velichkovsky, B. B. (2010). *Why forced interruptions are processed less effectively: Cognitive workload analysis through registration of eye movements*. Paper presented at the Fourth International Conference on Cognitive Science, Tomsk, Russia.

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Zusammenhang von Fixationsdauer und Ebene der Informationsverarbeitung. Aus Velichkovsky, Sprenger & Pomplun (1997). Relevant für die Zwecke dieser Arbeit ist vor allem, dass im Zuge der Kommunikation besonders lange Fixationen entstehen.	28
<i>Abbildung 2.</i> Stimulusbeispiel aus Experiment 1.....	31
<i>Abbildung 3.</i> Anteile von Fixationen unterschiedlicher Dauer in beiden Bedingungen.	32
<i>Abbildung 4.</i> Zusammenhang von Fixationsdauer und Sakkadenamplitude in beiden Aufgabenbedingungen. KF-LS = kurze Fixationen mit langen Sakkaden, LF-LS = lange Fixationen mit langen Sakkaden, KF-KS = kurze Fixationen mit kurzen Sakkaden, LF- KS = lange Fixationen mit kurzen Sakkaden.....	33
<i>Abbildung 5.</i> Übergänge zwischen den vier Kategorien als prozentuale Anteile an den Gesamtübergängen in Bildbetrachtung (A) und Kommunikation (B). Die Dicke der Pfeile symbolisiert die mittlere relative Häufigkeit des jeweiligen Übergangs. Grüne Pfeile = häufiger in Kommunikation, rote Pfeile = häufiger in Bildbetrachtung, schwarze Pfeile = kein signifikanter Unterschied.....	34
<i>Abbildung 6.</i> Stimulusbeispiel überlagert mit den Fixationsorten und den zugehörigen Voronoi-Zellen für Versuchsperson 4 in Bildbetrachtung (A) und Kommunikation (B).	35
<i>Abbildung 7.</i> Stimulusbeispiel aus Experiment 2.....	38
<i>Abbildung 8.</i> Anteile von Fixationen unterschiedlicher Dauer in beiden Bedingungen.	40
<i>Abbildung 9.</i> Übergänge zwischen den vier Kategorien als Prozentanteile aller Übergänge in Bildbetrachtung (A) und Kommunikation (B). Die Stärke der Pfeile steht für die mittlere Übergangshäufigkeit. Grüne Pfeile = häufigere Übergänge in Kommunikation, rote Pfeile = häufigere Übergänge in Bildbetrachtung, schwarze Pfeile = kein signifikanter Unterschied.	41
<i>Abbildung 10.</i> Beispiel für Voronoi-Zellen von zwei Versuchspersonen in Bildbetrachtung.	41
<i>Abbildung 11.</i> Anteil verschiedener Fixationsdauern in den Kommunikationsbedingungen beider Experimente.	42
<i>Abbildung 12.</i> Stimulusbeispiel für Experten (A) und Novizen (B).	53
<i>Abbildung 13.</i> Lösungszeiten für alle Kommunikationsstile in beiden Kooperationsbedingungen. Die Fehlerbalken repräsentieren Standardfehler.	55
<i>Abbildung 14.</i> Reaktionen auf den Cursor (Markieren oder Verschieben) in Abhängigkeit vom Kommunikationsstil.....	58
<i>Abbildung 15.</i> Mittlere Verweildauer als Summe aller sukzessiven Fixationen auf einem Puzzleteil.....	59
<i>Abbildung 16.</i> Häufigkeiten verschiedener Sakkadenamplituden in den vier Kommunikationsstilen.	60
<i>Abbildung 17:</i> Anzahl fixierter Puzzleteile pro Durchgang in allen Kommunikationsstilen...	61
<i>Abbildung 18.</i> Wortanzahlen für Experten und Novizen in beiden Kooperationsbedingungen unter Berücksichtigung des Kommunikationsstils.	62

<i>Abbildung 19.</i> Anteile der Sprachäußerungen verschiedener Kategorien in Abhängigkeit vom Kommunikationsstil. Beachte: Nur die Unterschiede in der Kategorie Feedback sind statistisch bedeutsam.....	63
<i>Abbildung 20.</i> Spezifität der Referenzäußerungen von Experten in den drei Kommunikationsstilen.	64
<i>Abbildung 21.</i> Vollständiges Experimentaltbild (A) und zerteiltes Puzzle (B).....	74
<i>Abbildung 22.</i> Lösungszeiten in den vier Kommunikationsstilen.....	75
<i>Abbildung 23.</i> Markier- und Verschiebezeiten für die vier Kommunikationsstile.	77
<i>Abbildung 24.</i> Relative Häufigkeiten von Verweildauern in den vier Kommunikationsstilen.....	78
<i>Abbildung 25.</i> Häufigkeiten verschiedener Sakkadenamplituden in den vier Kommunikationsstilen.	79
<i>Abbildung 26.</i> Wortanzahlen in Abhängigkeit von Kommunikationsstil und Rolle.....	80
<i>Abbildung 27.</i> Äußerungskategorien von Experten (A) und Novizen (B) in den drei Kommunikationsstilen.	81
<i>Abbildung 28.</i> Spezifität der Referenzäußerungen von Experten (A) und Novizen (B) in den drei Kommunikationsstilen.	82
<i>Abbildung 29.</i> Bevorzugte Kommunikationsstile von Experten und Novizen.	82
<i>Abbildung 30.</i> Fixationsdauerverteilung in den Kooperationsbedingungen Instruktion und Autonomie (Experiment 3) sowie Symmetrie (Experiment 4).	85
<i>Abbildung 31.</i> Verteilungen der Sakkadenamplituden in den Bedingungen Instruktion, Autonomie und Symmetrie.	86
<i>Abbildung 32.</i> Stimulusbeispiel mit Pfaden, Objekten und Ziffern.	103
<i>Abbildung 33.</i> Die drei verwendeten Fenstergrößen: 4er (A), 5er (B) und 6er (C).	104
<i>Abbildung 34.</i> Lösungszeit in Abhängigkeit von der Fenstergröße.	105
<i>Abbildung 35.</i> Mittlere Fixationsdauern für die vier Fenstergrößen.	106
<i>Abbildung 36.</i> Sakkadenamplitude in Abhängigkeit von Fenstergröße und Pfadrelevanz. ...	107
<i>Abbildung 37.</i> Stimulusbeispiel für Arbeiter (A) und Assistenten in Objekte (B) und Raster (C).	112
<i>Abbildung 38.</i> Lösungszeiten in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit.	114
<i>Abbildung 39.</i> Distanzen zwischen Cursor und Fenstermitte im Zeitverlauf.	115
<i>Abbildung 40.</i> Amplituden der Distanzkurven in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit.	116
<i>Abbildung 41.</i> Minimaldistanzen und der zugehörige Zeitversatz in 63 ms Schritten in Blick/Objekte (A), Blick/Raster (B), Maus/Objekte (C) und Maus/Raster (D). Jeder Punkt repräsentiert ein Versuchspersonenpaar.	117
<i>Abbildung 42.</i> Anteile von Fixationen verschiedener Dauer in den vier Kombinationen von Cursor und Sichtbarkeit.	119
<i>Abbildung 43.</i> Wortanzahlen in Abhängigkeit von Cursor, Sichtbarkeit und Rolle.	120
<i>Abbildung 44.</i> Sprachäußerungen von Arbeitern (A) und Assistenten (B) in Abhängigkeit von Cursor und Sichtbarkeit.	121

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. <i>Relative Häufigkeiten von Blickmustern in Prozent für beide Bedingungen.</i>	33
Tabelle 2. <i>Relative Häufigkeiten von Blickmustern in Prozent für beide Bedingungen.</i>	40
Tabelle 3. <i>Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehlerraten in Prozent für alle Kommunikationsstile in beiden Kooperationsbedingungen.</i>	56
Tabelle 4. <i>Fixationsdauern in ms und Sakkadenamplituden in Grad sowie deren Standardabweichungen in den vier Kommunikationsstilen für beide Kooperationsbedingungen.</i>	58
Tabelle 5. <i>Bevorzugte Kommunikationsstile in der absoluten und prozentualen Häufigkeit der Nennungen.</i>	65
Tabelle 6. <i>Bewertungen der Schwierigkeit verschiedener Aspekte der Cursornutzung.</i>	66
Tabelle 7. <i>Fixationsdauern in ms und Sakkadenamplituden in Grad sowie deren Standardabweichungen in den vier Kommunikationsstilen.</i>	77
Tabelle 8. <i>Bewertungen der Schwierigkeit verschiedener Aspekte der Cursornutzung.</i>	83

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie, an der Professur für Ingenieurpsychologie und Kognitive Ergonomie der Technischen Universität Dresden unter der wissenschaftlichen Betreuung von Prof. Boris M. Velichkovsky angefertigt. Die Promotionsordnung der Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften vom 23.02.2011 erkenne ich an.

Dresden, den 06.03.2012

Romy Müller