

VALIDIERUNG EINES VERFAHRENS ZUR BLICKRICHTUNGSABSCHÄTZUNG AUF BASIS VON SKELETTMODELLEN

Bachelorarbeit von

Maximilian Römpler
Matr.-Nr.: 1202475

Erstprüfer: Prof. Dr. Michael Koch

Zweitprüferin: Prof. 'in Dr. Ulrike Lechner

Betreuer: Dr. Julian Fietkau

Abgabetermin: 12.06.2023

Fakultät für Informatik
Institut für Softwaretechnologie
Professur für Mensch-Computer-Interaktion

Abstract

Der Einsatz von öffentlichen Displays erfordert häufig die Evaluierung deren Nutzung und der Interaktion der Nutzer mit den Inhalten auf den Displays. Für die automatisierte Erkennung des Nutzerverhaltens ist es nötig, die Blickrichtungen der Nutzer ermitteln zu können. Die Blickrichtungsermittlung mithilfe von Eye-Tracking-Verfahren ist technisch aufwändig. Daher kommt die Ermittlung anhand von Körperpositionsdaten in Frage, die leichter generierbar sind und auch unter schwierigen Bedingungen aufgezeichnet werden können. In dieser Arbeit wird ein Verfahren zur Abschätzung von Blickrichtungen vorgestellt, das ausschließlich anhand von Körperpositionsdaten die Blickrichtung ermitteln soll. Der Fokus der Arbeit liegt auf der Erarbeitung und Durchführung eines Experiments, das die grundsätzliche Anwendbarkeit des Verfahrens beurteilen soll. Die Ergebnisse zeigen eine sehr geringe Übereinstimmung der Schätzung mit den wahren Blickrichtungen bei der vertikalen Blickrichtung und eine relativ hohe Übereinstimmung der Schätzung bei der horizontalen Blickrichtung. Die hohe Streuung der Werte lässt jedoch keine zuverlässige Blickrichtungsschätzung zu. Bei einem Clustering der Ergebnisse lassen sich zwar Verbesserungen der Genauigkeit und eine Verringerung der Streuung erreichen, diese reichen jedoch nicht aus, um das Verfahren wesentlich zuverlässiger zu machen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
1 Einleitung	1
2 Verfahren zur Blickrichtungsabschätzung.....	3
2.1 Probleme bei der Abschätzung der Blickrichtung.....	3
2.2 Blickrichtungsabschätzung anhand von Eye-Tracking	3
2.3 Blickrichtungsabschätzung anhand von Körperdaten	4
2.4 Blickrichtungsabschätzung im Projekt „Community-Mirrors“	5
2.4.1 Beschreibung des Verfahrens	6
2.4.2 Abwägung des Verfahrens	7
3 Experiment zur Validierung des Schätzverfahrens	9
3.1 Ziele des Experiments.....	9
3.2 Eingesetzte Hardware und Software	10
3.3 Modell und Variablen.....	11
3.4 Annahmen.....	14
3.5 Aufbau und Ablauf des Experiments	15
3.6 Durchführung des Experiments	20
4 Empirische Analyse	22
4.1 Methodik.....	22
4.2 Datengrundlage und Datenaufbereitung	26
4.3 Ergebnisse der empirischen Analyse.....	27
4.3.1 Faktorauswahl.....	27
4.3.2 Regression: Ohne Clustering	28
4.3.3 Regression: Clustering nach Winkelgröße	30
4.3.4 Regression: Clustering nach Standpunkt	33
4.3.5 Regression: Clustering nach Körperausrichtung	36
4.4 Interpretation der Ergebnisse	40
4.5 Einschränkung der Ergebnisse.....	42
5 Fazit und Ausblick	44
Literaturverzeichnis	VI

Eidesstattliche Erklärung..... VIII

Anhang..... IX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Blickrichtungsberechnung mit sphärischer linearer Interpolation.....	7
Abbildung 2: Skelettmodell mit 34 Punkten	13
Abbildung 3: Richtungsvektoren mit Kugelkoordinaten	14
Abbildung 4: Versuchsaufbau (Vogelperspektive)	18
Abbildung 5: Versuchsaufbau (räumlich).....	18
Abbildung 6: Versuchsaufbau (Wandansicht).....	19
Abbildung 7: Regression ohne Cluster (Theta).....	29
Abbildung 8: Regression ohne Cluster (Phi).....	30
Abbildung 9: Regression im Cluster „Moderat“ (Theta)	31
Abbildung 10: Regression im Cluster „Moderat“ (Phi)	32
Abbildung 11: Cluster „Extrem“ (Theta).....	32
Abbildung 12: Regression im Cluster „Extrem“ (Phi)	33
Abbildung 13: Regression im Cluster „Entfernt“ (Theta).....	34
Abbildung 14: Regression im Cluster „Entfernt“ (Phi).....	35
Abbildung 15: Regression im Cluster „Nah“ (Theta).....	35
Abbildung 16: Regression im Cluster „Nah“ (Phi).....	36
Abbildung 17: Regression im Cluster „Seitlich“ (Theta).....	38
Abbildung 18: Regression im Cluster „Seitlich“ (Phi).....	38
Abbildung 19: Regression im Cluster „Abgewandt“ (Theta)	39
Abbildung 20: Regression im Cluster „Abgewandt“ (Phi)	39
Abbildung 21: Regression im Cluster „Zugewandt“ (Theta).....	40
Abbildung 22: Regression im Cluster „Zugewandt“ (Phi).....	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung der Körperpunkte	13
Tabelle 2: Experimentablauf nach Erhebungspunkten	20
Tabelle 3: Abgrenzungskriterien mit zugehörigen Clustern.....	25
Tabelle 4: Lage- und Varianzparameter von γ bei Verwendung verschiedener Faktoren (Wertangaben in Grad)	28

1 Einleitung

Im öffentlichen Raum sind Informationsbildschirme schon lange in vielen Bereichen präsent. Die Informationsverteilung bspw. an Bahnhöfen und Flughäfen baut auch in einer Zeit, in der Smartphones in fast allen Bevölkerungsgruppen verbreitet sind, noch immer auf öffentliche Bildschirme. Doch auch im privatgeschäftlichen Raum wurden und werden zunehmend Informationsbildschirme verwendet. Diese können, sofern sie interaktiv gestaltet sind, auch bisherige Bestellsysteme ersetzen. Fastfood-Ketten setzen solche interaktiven Systeme ein, um Personal bei besonders strukturierten Bestell- und Bezahlvorgängen einzusparen. Die Anwendungsmöglichkeiten von öffentlichen Displays sind vielfältig und reichen von der reinen Informationsverteilung über die interaktive, nutzerangepasste Informationsbereitstellung bis hin zur Daten-Eingabe und -Verarbeitung und damit zur möglichen Ablösung von ganzen, bisher personalbasierten Geschäftsprozessen oder Prozessschritten. Einer der meist wesentlichen Punkte dabei ist die Abwesenheit von Personal vor Ort. Die Bereitstellung oder Annahme von Informationen durch Bildschirme kann zwar durch Personal unterstützt sein, kann aber auch weitgehend automatisiert stattfinden oder aus der Ferne gesteuert werden. Die Abwesenheit von Personal führt dazu, dass solche Systeme in der Praxis nur schwer evaluiert werden können. Sowohl die Akzeptanz und Nutzbarkeit eines Systems als auch der Nutzen der zur Verfügung gestellten Informationen oder Prozesse können nur schwer ausgewertet werden wenn keine Instanz zur Verfügung steht, die die Interaktion zwischen Nutzer und System beobachtet und bewertet. Weiterhin stellt auch die Auswertung der Auswirkungen unterschiedlicher Informationsdarstellungen, z.B. bei Werbekampagnen, eine Herausforderung dar. Der Einsatz von Personal vor Ort zu diesem Zweck würde eines der Ziele solcher Systeme, nämlich die Einsparung von Personal und die Erzielung von Skaleneffekten, unterminieren. Stattdessen können Sensoren die Beobachtung der Nutzer übernehmen, sofern sie in Kombination mit geeigneter Software in der Lage sind die notwendigen Informationen mithilfe ihrer technischen Möglichkeiten zu extrahieren. Im Falle der Werbung oder der gezielten Information ist es für den Anbieter von höchster Relevanz, ob Nutzer eine Information wahrnehmen und wie ausgeprägt sie Informationen unter unterschiedlichen Bedingungen wahrnehmen. Da Informationen auf Bildschirmen über die Augen wahrgenommen werden, ist ein wichtiger Gradmesser dabei die Blickrichtung eines Nutzers. Mithilfe der Blickrichtung kann, kombiniert mit weiteren Daten zu Zeitpunkten und Inhalten der dargestellten Informationen, ein Rückschluss auf das Verhalten oder das Interesse von Nutzern gezogen werden. Sensoren und Software, die die Interaktion von Nutzern mit visuellen Informationssystemen auswerten sollen, müssen also in der Lage sein, die Blickrichtung von Nutzern möglichst genau zu bestimmen. Um die Zweckmäßigkeit

und Genauigkeit eines Verfahrens zur Bestimmung der Blickrichtung zu beurteilen, muss es zunächst validiert werden. Wenn die Genauigkeit nicht ausreicht, können auch keine oder nur eingeschränkte Rückschlüsse auf das Nutzerverhalten gezogen werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit ebendieser Validierung eines Verfahrens zur Blickrichtungsabschätzung, das im Projekt „CommunityMirrors“ der Universität der Bundeswehr in München eingesetzt wird, um die Blickrichtung der Nutzer von öffentlichen Wandbildschirmen in Innenräumen zu bestimmen. Ziel der Arbeit ist es also nicht mehr, einen geeigneten Sensor oder eine geeignete Software zu bestimmen, die die gewünschten Daten liefern können. Vielmehr wurde diese Auswahl bereits getroffen und nun ist es das Ziel, das angewandte Verfahren zu validieren. Zu diesem Zweck werden im zweiten Kapitel zur Einordnung zunächst verschiedene Ansätze bei der Bestimmung der Blickrichtungen erläutert sowie ein Überblick über den aktuellen Stand der Literatur geliefert, um dann das im vorliegenden Projekt eingesetzte Verfahren erläutern und einordnen zu können. Im dritten Kapitel wird dann ein Experimentdesign erarbeitet, das in der Lage ist, das gegebene Verfahren zu validieren. Dieses Experiment wird anschließend durchgeführt und betreut. Die sich daraus ergebenden Daten werden im vierten Kapitel statistisch ausgewertet und mit der tatsächlichen Blickrichtung verglichen. Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, ob das Verfahren grundsätzlich angewandt werden kann und Indizien dafür geben, wie zuverlässig die Blickrichtung von Nutzern in verschiedenen typischen Standardsituationen bestimmt werden kann. Nach der Interpretation der Ergebnisse werden die Einschränkungen der Ergebnisse erläutert, die sich durch die eingesetzte Technik, den vorgegebenen zeitlichen Umfang und durch das Experimentdesign ergeben. Im fünften und letzten Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und weitere mögliche Untersuchungen im Kontext des betrachteten Schätzverfahrens aufgezeigt.

2 Verfahren zur Blickrichtungsabschätzung

Um das im vorliegenden Projekt angewandte Verfahren einordnen und beurteilen zu können, wird in diesem Kapitel zunächst auf die allgemeinen Herausforderungen bei der Abschätzung von Blickrichtungen eingegangen und es werden zwei grundsätzliche Ansätze bei deren Bestimmung erläutert sowie der aktuelle Stand der Literatur zum relevanteren der beiden Ansätze erarbeitet. Anschließend wird das im Projekt „CommunityMirrors“ angewandte Verfahren beschrieben und anhand des zuvor gelieferten Überblicks eingeordnet. Dabei werden auch grundsätzliche Vor- und Nachteile des eingesetzten Verfahrens andiskutiert.

2.1 Probleme bei der Abschätzung der Blickrichtung

Die Blickrichtung von Personen hängt in erster Linie von der Position der Augen sowie der Ausrichtung der Augäpfel im Auge ab. Beides lässt sich unter idealen Umständen messen, wenn der entsprechend nötige Aufwand dafür geleistet wird. Oft liegen jedoch keine idealen Bedingungen vor, sodass die Messungen erschwert werden und daher die Blickrichtung nur abgeschätzt werden kann.

Eine Herausforderung bei den Messungen ist der Umgang mit Körperpositionen, in denen die Augen aufgrund von Verdeckung oder wegen schlechter Lichtverhältnisse gar nicht sichtbar sind. Wenn genügend Daten über die Kopfposition vorliegen, kann zwar die Position der Augen gut abgeschätzt werden, jedoch kann dann keine Aussage mehr über die Ausrichtung der Augäpfel im Auge getroffen werden. Ein weiteres Problem ist die zunehmende Ungenauigkeit von Daten bei zunehmenden Distanzen, die vor allem dann auftreten kann, wenn niedrig auflösende Sensoren verwendet werden. Zuerst wird dann die Erkennung der Augenausrichtung erschwert und dann auch die Erkennung der Augenposition. Schon relativ kleine Abweichungen in den Messungen können jedoch große Auswirkungen auf die berechnete Blickrichtung haben.

Man kann anhand dieser Herausforderungen im Wesentlichen zwei Ansätze zur Blickrichtungsabschätzung unterscheiden, auf die im Folgenden näher eingegangen werden soll.

2.2 Blickrichtungsabschätzung anhand von Eye-Tracking

Der erste Ansatz basiert auf der Beobachtung sowohl der Augenposition als auch deren Ausrichtung. Diese Verfahren sollen hier nur kurz zur Abgrenzung erwähnt werden, da der Fokus dieser Arbeit auf der Validierung eines Schätzverfahrens anhand von

Körperpositionsdaten liegt. Die Blickrichtung kann direkt anhand der Details der Augen bestimmt werden. Da die Augen selbst das Untersuchungsobjekt sind kann man auch davon sprechen, dass Eye-Tracking angewandt wird, um die Blickrichtung zu bestimmen. Dieser Ansatz stellt die genaueren Verfahren dar, da die Untersuchung der Ausrichtung der Augen eine direkte Aussage auf die Richtung des Blicks zulässt. Es erfordert allerdings einen größeren technischen Aufwand (Wang et al., 2016), da kleinere Details in den Augen analysiert werden müssen und ist daher in der Regel auch teurer. Außerdem ist es oft nicht einsetzbar, sobald die Augen verdeckt werden, die Lichtverhältnisse zu schlecht sind oder die Distanzen zu groß werden. Die geringere Zuverlässigkeit bei schlechten Lichtverhältnissen kann zum Teil durch den Einsatz von Deep Learning ausgeglichen werden (Kim et al., 2020) (Zhang et al., 2015). Eine Anwendung kommt aber insbesondere in den Fällen infrage, in denen Personen einen Sensor am Kopf tragen können wie bspw. an einer Brille (Tonsen et al., 2017). In diesem Fall können die notwendigen Bedingungen für eine gute Sichtbarkeit der Augen deutlich leichter geschaffen werden und Kompensationsmechanismen entwickelt werden, die auch kleinere Positionsänderungen berücksichtigen (Santini et al., 2019).

2.3 Blickrichtungsabschätzung anhand von Körperdaten

Der zweite Ansatz beruht auf Positionsdaten zu bestimmten Körperpunkten, zu denen auch die Augen gehören. Dieses Verfahren ermittelt die geschätzte Blickrichtung ausschließlich anhand von Zusammenhängen zwischen der Körperpositionen und der Blickrichtung. Es kann daher auch eingesetzt werden, wenn die Genauigkeit der Sensoren aufgrund von Verdeckung oder aufgrund der Lichtverhältnisse oder aufgrund der Distanz zu niedrig ist, um die Augenausrichtung zu erkennen. Außerdem ist es technisch weniger aufwendig und daher meist günstiger, da eine geringere Detailtiefe ausreicht. Diese Verfahren kommen also vor allem dann zur Anwendung wenn die Sichtbarkeit eingeschränkt ist, die technischen Möglichkeiten gering ausgeprägt sind und wenn die Mitwirkung der zu betrachtenden Personen durch Sensoren am eigenen Körper nicht möglich ist, wie es bspw. bei den angesprochenen öffentlichen Displays der Fall ist.

Es gibt viele Arbeiten, die sich mit der Blickrichtungsabschätzung anhand von Eye-Tracking beschäftigen. Einige davon verwenden auch Positionsdaten für den Kopf. Allerdings gibt es nur wenige Arbeiten, die sich mit der Abschätzung von Blickrichtungen ausschließlich anhand von Körperpositionsdaten beschäftigen.

Krahnstoever et al. (2011) stellen in ihrer Arbeit einen Ansatz vor, wie unter Einbezug der Körperhaltung und der Kopfhaltung die Blickrichtung von Personen geschätzt werden kann, um die Interaktion von mehreren Personen untereinander beobachten

besser beobachten zu können. Sie testen ihr Verfahren anhand eines Datensatzes mit Überwachungsvideos. Nonaka et al. (2022) verweisen auf die Probleme von Eye-Tracking-Verfahren bei der Blickrichtungsbestimmung unter schlechten Bedingungen wie Verdeckung oder eine zu niedrige Auflösung der Bilddaten. Sie verwenden daher ebenfalls mehrere Datensätze mit Blickrichtungen in Überwachungsvideos, um eine körperpositionsbasierte Schätzung der Blickrichtung zu entwickeln. Sie verwenden die Ausrichtung des Körpers und des Kopfes, um dann mithilfe von neuronalen Netzen die Blickrichtung zu schätzen. Mit diesem Verfahren kommen sie auf genaue Schätzungen der Blickrichtungen, selbst wenn die Gesichter der Personen nicht mehr klar erkennbar sind.

Yamozoe (2023) stellt in seiner Arbeit dagegen einen Ansatz vor, der anhand der Bewegung bestimmter Körperteile eine Blickrichtung abschätzt. Er erreicht damit eine mittlere Abweichung von etwa 10 Grad zur echten Blickrichtung. Sippl et al. (2010) untersuchen die Blickrichtung von Personen vor öffentlichen Wanddisplays, was relativ gut zu Kontext dieser Arbeit passt. Sie verwenden dabei jedoch nur die Kopfausrichtung, um die Blickrichtung zwischen zwei bzw. vier Bildschirmflächen unterscheiden zu können. Das stellt nur eine grobe Unterscheidung dar, könnte aber für einige Anwendungsfälle ausreichend sein. Sie erreichen dabei eine Genauigkeit von 90% bei 2 Bildschirmbereichen bzw. 80% bei vier Bildschirmbereichen.

Da keine dieser Arbeiten das exakt gleiche Verfahren verwendet, wie das im Projekt der „CommunityMirrors“ angewandte Verfahren, kann diese Arbeit also einen wissenschaftlichen Beitrag leisten, indem sie ein weiteres einfaches positionsbasiertes Verfahren auf seine grundsätzliche Anwendbarkeit überprüft.

2.4 Blickrichtungsabschätzung im Projekt „CommunityMirrors“

Das Projekt der „CommunityMirrors“ ist ein Projekt der Professur für Mensch-Maschine-Interaktion der Universität der Bundeswehr München. In diesem Projekt werden interaktive, öffentliche Wandbildschirme projektbasiert bereitgestellt, die dynamische Inhalte anzeigen (CommunityMirrors, 2022). Um die Nutzung der Bildschirme evaluieren zu können, müssen geeignete Sensoren und Software bestimmt werden, die in der Lage sind die Blickrichtung der Nutzer bestimmen zu können. Ein erstes Verfahren zur Abschätzung der Blickrichtung wurde bereits implementiert, jedoch noch nicht validiert. Im Folgenden soll das Verfahren beschrieben und eingeordnet werden, um anschließend im Kapitel 3 ein Experiment zu dessen Validierung zu erarbeiten.

2.4.1 Beschreibung des Verfahrens

Das im Projekt angewandte Verfahren zur Bestimmung der Blickrichtung der Nutzer sollte zunächst anhand bereits bestehender Datenerhebungspunkte ohne die Nutzung weiterer technischer Möglichkeiten die gewünschte Information der Blickrichtung ermitteln. Um die Interaktion der Nutzer mit den Bildschirmen visualisieren und anschließend auswerten zu können, war bereits die Kamera ZED2i sowie die zugehörigen Körperdatenmodelle im Projekt im Einsatz. Daher sollte dieses Körperdatenmodell auch für die Abschätzung der Blickrichtung herangezogen werden.

Um die Blickrichtung bestimmen zu können, geht das angewandte Verfahren grundsätzlich davon aus, dass sich die Richtung des Blicks im Wesentlichen an zwei Ausrichtungen orientiert. Zum einen ist das die Ausrichtung des Körpers und zum anderen die Ausrichtung des Kopfes und damit des Gesichts. Wenn also das Gesicht gedreht wird, wird davon ausgegangen, dass sich auch der Blick der Person in dieselbe Richtung bewegt. Ebenso soll sich der Blick in dieselbe Richtung ändern, in der der Körper gedreht wird. In einer Körperposition, in der sowohl der Körper als auch der Kopf in dieselbe Richtung zeigen, stellen diese Überlegungen bislang keinen Widerspruch dar. Die Blickrichtung wäre identisch mit beiden Ausrichtungen. Diese Position ist der unbewegte Stand mit Blick nach vorne. Wenn jedoch der Körper in eine andere Richtung zeigt als der Kopf, besteht die Schwierigkeit darin, zu bestimmen, welche der beiden Ausrichtungen ausschlaggebend für die Blickrichtung ist. Prinzipiell denkbare Möglichkeiten wären, dass entweder nur eine der beiden Ausrichtungen ausschlaggebend ist, oder dass es eine Mischung aus beiden Ausrichtungen ist. Das angewandte Verfahren geht vom zweiten genannten Fall aus, daher wird auch nur dieser Fall hier betrachtet. Unklar ist im Verfahren jedoch, in welchem Verhältnis die beiden Ausrichtungen die Blickrichtung ausmachen. Im angewandten Verfahren wird davon ausgegangen, dass es einen Faktor (Winkelfaktor) gibt, mit dem der Winkel zwischen der Körperausrichtung und der Kopfausrichtung multipliziert werden kann, sodass sich daraus die Blickrichtung ergibt. Der Blickrichtungsvektor wird dann mithilfe dieses Faktors und einer sphärischen linearen Interpolation zwischen den beiden Vektoren ermittelt, wie in Abbildung 1 beispielhaft zu sehen ist.

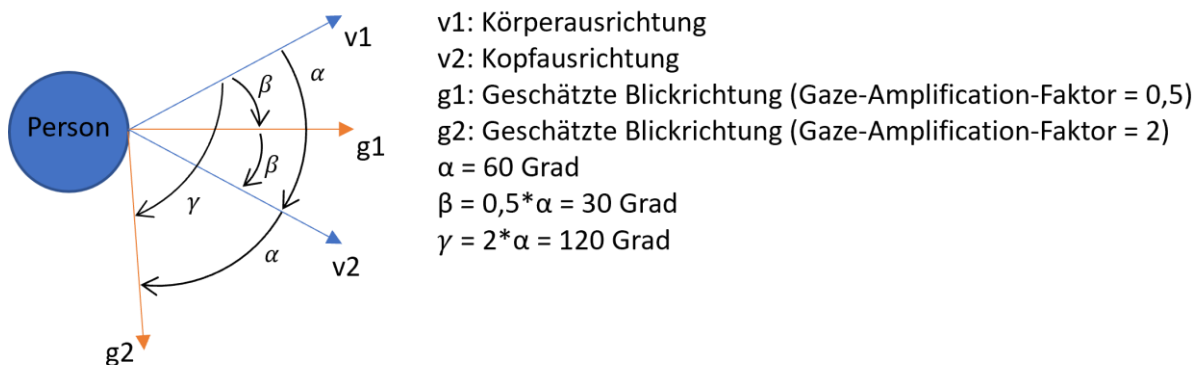


Abbildung 1: Blickrichtungsberechnung mit sphärischer linearer Interpolation

(Quelle: Eigene Darstellung)

2.4.2 Abwägung des Verfahrens

Der Einsatz des beschriebenen Verfahrens kann bereits vorab mit einigen Vor- und Nachteilen in Verbindung gebracht werden, die hier kurz Erwähnung finden sollen. Zum einen verspricht es einen sehr effizienten Einsatz der Ressourcen, da für die Abschätzung der Blickrichtung ausschließlich die bereits erhobenen Datenerhebungspunkte verwendet werden und somit weder zusätzliche Daten gespeichert werden müssten, noch zusätzliche technische Vorrichtungen installiert werden müssen, die weitere Daten generieren könnten. Das lässt einen schnellen Einsatz des Verfahrens erwarten und stellt die kostengünstigste Alternative dar, sofern die Anwendbarkeit und die Genauigkeit des Verfahrens ausreichend ist.

Ein weiterer Vorteil liegt in der besseren Möglichkeit zur Anonymisierung der Daten, da kein Bild- oder Videomaterial der Nutzer und auch keine biometrischen Daten des Gesichts oder der Augen gespeichert werden müssen. Es müssen lediglich die dreidimensionalen Positionsdaten verschiedener Körperpunkte gespeichert werden.

Durch die Abschätzung allein anhand der Körperdatenpunkte kann die Abschätzung der Blickrichtung auch dann noch möglich sein, wenn die Augen des Nutzers selbst gar nicht sichtbar sind, da die nicht sichtbaren Körperpositionen anhand des Körpermodells geschätzt werden können. Bei einer Abschätzung mit anderen Verfahren, die Eye-Tracking verwenden, wäre eine Auswertung unter diesen Bedingungen dagegen gar nicht erst möglich. Wie zuverlässig das Verfahren in solchen Situationen ist muss jedoch zunächst evaluiert werden.

Dagegen können auch vorab schon einige Nachteile des Verfahrens benannt werden. Zum einen ist eine Abschätzung der Blickrichtung anhand der Körperpositionsdaten implizit nur dann möglich wenn ein Nutzer sich normal verhält. Da die innere Bewegung der Augen anhand der Körperpositionsdaten geschätzt wird, kann das Verfahren leicht bewusst ausgetrickst werden durch das Einnehmen einer unnatürlichen

Körperposition während des Blicks. Ein Nutzer könnte bspw. seinen Kopf gerade ausrichten und den Blick bewusst nur mit der Bewegung der Augen steuern. Ein Abschätzungsverfahren anhand von Körperpositionsdaten kann diese Bewegung nicht erkennen. Auch das unbewusste Einnehmen einer abweichenden Körperposition wäre denkbar. Hier wäre zum einen an Krankheiten zu denken, die die Beweglichkeit der Augen oder des Körpers so weit einschränken, dass die Anpassung der Blickrichtung eher durch eine schmerzvermeidende Bewegung als durch eine natürliche Bewegung vorgenommen wird. Zum anderen sind aber auch Situationen denkbar, in denen sich die Anpassung der Blickrichtung durch einen Bewegungsablauf des Körpers verändert. Ein gehender Mensch könnte seinen Körper nicht nach dem Objekt, das er anschaut, sondern vielmehr nach der Richtung, in die er sich bewegt, ausrichten. Verschiedene Situationen könnten also auch ein unterschiedliches Abschätzungsverfahren erfordern, was bei einer Abschätzung anhand von Eye-Tracking-Verfahren nicht nötig wäre.

Eine weitere Herausforderung bei diesem Verfahren stellt die Genauigkeit der zugrundeliegenden Körperpositionsdaten dar. Die Zuverlässigkeit des Berechnungsverfahrens zur Blickrichtungsabschätzung steht und fällt mit der Genauigkeit dieser Daten. Diese Gefahr besteht insbesondere bei Körperpunkten, die wegen der mangelnden Sichtbarkeit durch die Kamerasoftware geschätzt werden.

3 Experiment zur Validierung des Schätzverfahrens

Im vorigen Kapitel wurden zwei grundsätzliche Ansätze bei der Abschätzung von Blickrichtungen beschrieben sowie das angewandte Verfahren zur Blickrichtungsabschätzung im Projekt der „CommunityMirrors“ erläutert. Dieses Verfahren soll in diesem Kapitel mithilfe eines Experiments validiert werden. Dazu werden zunächst die Ziele des Experiments eingegrenzt. Anschließend werden die technischen und räumlichen Rahmenbedingungen näher beschrieben sowie die nötigen Annahmen erläutert. Darauf aufbauend wird ein Experiment entworfen, mit dem die zuvor eingegrenzten Ziele erreicht werden können. Den Abschluss des Kapitels bildet die Vorbereitung und Durchführung des entworfenen Experiments.

3.1 Ziele des Experiments

Zunächst muss das Ziel des geplanten Experiments eingegrenzt werden. Das angewandte Verfahren der Blickrichtungsabschätzung wurde vor allem wegen der Verfügbarkeit der für die Berechnung notwendigen Daten und der bereits vorhandenen technischen Gegebenheiten gewählt. Jedoch wurde es nicht validiert, weshalb über die Aussagekraft des Verfahrens bisher noch keine Aussage getroffen werden konnte. Das primäre Ziel des Experiments soll daher sein, die grundsätzliche Anwendbarkeit des Verfahrens zu überprüfen. Mit geringem technischem, finanziellem und zeitlichem Aufwand soll eine erste Aussage getroffen werden können. Es ist daher explizit nicht das Ziel, eine abschließende Genauigkeitsuntersuchung mit einer für die Gesamtbevölkerung repräsentativen Stichprobe durchzuführen. Es soll vielmehr mit einer kleinen Stichprobe untersucht werden, wie vielversprechend das Verfahren ist. Im Falle einer guten Aussagekraft sollten dann anschließend weitere Experimente mit höherem technischem Aufwand und einer größeren Stichprobe durchgeführt werden, um die Genauigkeit besser beurteilen zu können. Konkret bedeutet das für das geplante Experiment die folgenden Einschränkungen:

- Die Stichprobe wird klein gehalten, um den zeitlichen Aufwand bei einer ersten Validierung des Verfahrens klein zu halten und um das Experiment im Rahmen einer Bachelorarbeit durchführen zu können.
- Der technische und finanzielle Aufwand wird gering gehalten. Es wird insbesondere keine neue Technik angeschafft, sondern das Experiment mit vorhandenen technischen Möglichkeiten durchgeführt.

- Es werden nur ausgewählte Standardsituationen betrachtet, in denen die tatsächliche Blickrichtung mit einfachen Mitteln ermittelt werden kann. Komplexere Situationen können im Rahmen dieses Experiments nicht betrachtet werden, da sie genauere und aufwändigere technische Mittel benötigen.

Diese gegebenen Vorbedingungen wirken sich auf die Zielsetzung des Experiments aus, sowohl in Form der Genauigkeit der gewünschten Ergebnisse als auch in Form des Umfangs der Datenerhebung. Unter den genannten Einschränkungen ergeben sich konkret folgende Fragestellungen für das geplante Experiment:

- Ist das eingesetzte Verfahren grundsätzlich in der Lage die Blickrichtung der Nutzer richtig einzuschätzen?
- Gibt es Situationen, in denen das Verfahren grundsätzlich genauer oder ungenauer ist?

Um eine Antwort auf diese Fragestellungen zu erhalten, wird im Laufe des Kapitels ein geeigneter Experimentaufbau erarbeitet.

3.2 Eingesetzte Hardware und Software

Der Aufbau eines Experiments hängt stark von den zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten ab. Sowohl die Art der Datenerhebungspunkte als auch deren Umfang und Genauigkeit werden durch die Wahl der technischen Mittel beeinflusst. In diesem Experiment besteht zwar nicht die Möglichkeit, alternative technische Möglichkeiten einzusetzen, jedoch sollen in diesem Abschnitt die Hardware und Software beschrieben werden, die im Projekt der „CommunityMirrors“ eingesetzt werden und daher auch in diesem Experiment zum Einsatz kommen sollen. Dies soll der Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse dienen.

Das eingesetzte Verfahren, um die Blickrichtung der Probanden im Experiment abzuschätzen, wurde bereits in Kapitel 2 erläutert. Da es auf einem Skelettmodell basiert, müssen Skelettdaten erhoben werden, um das Verfahren anzuwenden. Im Projekt der „CommunityMirrors“ werden diese Daten mithilfe der Kamera ZED2i generiert. Sie ist in der Lage mithilfe von Tiefenmessungen eine räumliche Messung und Darstellung der Körperpositionsdaten zu ermöglichen (Stereolabs Inc. 2022). Um die ZED2i einzubinden wird in dieser Arbeit das aktuellste ZED SDK verwendet. Zum Zeitpunkt des Beginns dieser Arbeit war das ZED SDK in der Version 3.8. Die kurz danach erschienene Version 4.0 konnte nicht berücksichtigt werden. Für die optische

Auswertung der generierten Daten wird PoseWiz verwendet, eine Webanwendung im Rahmen des Projekts „CommunityMirrors“, die die Skelettaufnahmen visualisieren kann.

3.3 Modell und Variablen

Unabhängig von den genannten technischen Gegebenheiten sollen in diesem Abschnitt die maßgeblichen Variablen und das dem Experimentablauf zugrundeliegende Modell erläutert werden. Mithilfe dieses Modells kann dann ein Experimentaufbau gewählt werden. Im geplanten Experiment soll ein Verfahren validiert werden, das anhand von Körperpositionsdaten die Blickrichtung eines Probanden abschätzt. Die benötigten Variablen sind also zum einen die geschätzte Blickrichtung nach dem angewandten Verfahren und zum anderen die tatsächliche Blickrichtung des Probanden, um die Aussagekraft des geschätzten Werts beurteilen zu können.

Die geschätzte Blickrichtung basiert auf den Körperpositionsdaten, die im Experiment mithilfe der Kamera ZED2i ermittelt werden können. Diese liefert dreidimensionale Positionsdaten zu 34 Körperpunkten, die ein Skelettmodell bilden. Der Aufbau des Skelettmodells kann in Abbildung 2 nachvollzogen werden. In Tabelle 1 ist zudem die Zuordnung der Nummern der Körperpunkte zu den entsprechenden Körperteilen zu sehen. Anhand der Datenpunkte mit den Nummern 2,4 und 11 kann die Ausrichtung des Körpers als Vektor bestimmt werden. Anhand der Datenpunkte mit den Nummern 26,28 und 30 kann die Ausrichtung des Kopfes als Vektor bestimmt werden. Aus diesen beiden Ausrichtungen kann mithilfe des zuvor bereits beschriebenen Verfahren der linearen Interpolation die geschätzte Blickrichtung bestimmt werden.

Die geschätzte Blickrichtung muss mit der tatsächlichen Blickrichtung des Probanden verglichen werden. Diese kann in einem Experiment durch unterschiedliche Methoden ermittelt werden. Eine Möglichkeit ist die Referenzmessung der Blickrichtung mit einem bereits validierten und aussagekräftigen Verfahren. Das sind in diesem Fall vor allem Eye-Tracking-Verfahren, die jedoch geeignete Sensoren benötigen, um die gewünschten Daten der Augen zu ermitteln. Da die technischen Möglichkeiten in diesem Experiment jedoch auf die Möglichkeiten der Kamera ZED2i beschränkt sind und diese nicht dazu in der Lage ist, die Augen detailliert nachzuverfolgen, kommen diese Verfahren hier nicht in Frage. Eine andere Möglichkeit ist die Referenzmessung anhand von Vermessungen des Raums. Hierzu stellen sich die Probanden auf eine vorab ausgemessene Markierung auf dem Boden des Raums und richten ihren Blick auf ein ebenfalls im Raum ausgemessenes Zielobjekt. Um den Ausgangspunkt des Blicks zu bestimmen, muss zudem die Augenhöhe des Probanden ausgemessen werden, da der Mittelpunkt zwischen den Augen als Ausgangspunkt für den Blick eines Probanden

angenommen wird. Die Augenhöhe des jeweiligen Probanden wird mit den Koordinaten der Bodenmarkierung kombiniert und ergibt den dreidimensionalen Ausgangspunkt des Blickrichtungsvektors. Der Endpunkt des Vektors wird durch die Koordinaten des angeschauten Zielobjekts bestimmt. Mithilfe des Ausgangs- und Endpunkt lässt sich nun die Blickrichtung des Probanden als Vektor berechnen. Da im Rahmen dieser Arbeit keine weiteren technischen Hilfsmittel zur Verfügung stehen, müssen die Vermessungen händisch und vorab durchgeführt werden. Auf eine exakte, fortlaufende Messung des Augenmittelpunkts muss aus diesem Grund verzichtet werden. Die Genauigkeit dieser Referenzmessung hängt demnach stark vom Aufbau und der Durchführung des Experiments ab. Insbesondere die Schätzung des Ausgangspunkts des Blicks unterliegt erheblichen Ungenauigkeiten. So wäre es zum einen denkbar, dass verschiedene Probanden sich auf der Bodenmarkierung unterschiedlich positionieren und zum anderen könnte ein Proband während des Experiments eine andere Körperhaltung einnehmen als bei der Vermessung seiner Augenhöhe, was die Daten verfälschen könnte. Weiterhin schwankt die Höhe der Augen bei einer Neigung des Kopfes nach oben oder nach unten, was durch diese Art der Messung nicht berücksichtigt werden kann.

Um die beiden Blickrichtungen miteinander zu vergleichen, kann nun ein Winkel zwischen den beiden Vektoren für die geschätzte und tatsächliche Blickrichtung ermittelt werden. Wenn die geschätzte Blickrichtung identisch mit der tatsächlichen Blickrichtung ist, sind die Vektoren identisch und der Winkel zwischen ihnen liegt bei 0 Grad. Je größer der Winkel zwischen den beiden Vektoren, desto schlechter ist die Abschätzung. Durch die Bestimmung des Winkels zwischen den beiden Vektoren geht jedoch die Information verloren, in welche Richtung die Abschätzung möglicherweise von der tatsächlichen Richtung abweicht. Um eine auftretende Abweichung differenzierter betrachten zu können, können die beiden Vektoren umgerechnet werden in eine Darstellung in Kugelkoordinaten. Hier wird die Richtung durch 2 Winkel bestimmt. Der erste Winkel beschreibt den Winkel zwischen der Z-Achse und der X/Y-Ebene und wird nachfolgend Theta genannt. Der zweite Winkel beschreibt den Winkel zwischen der X-Achse und der Y/Z-Ebene und wird nachfolgend Phi genannt. Diese Darstellung von Vektoren in Kugelkoordinaten wird in Abbildung 3 nochmals verdeutlicht. Die beiden Vektoren können nun jeweils für den Theta- und für den Phi-Winkel verglichen werden, wodurch sich ein differenzierteres Bild der Abweichung ergibt. Es kann nun sowohl die Abweichung der geschätzten vertikalen Blickrichtung (Theta), als auch die Abweichung der horizontalen Blickrichtung (Phi) bestimmt werden. Dieses Modell dient im weiteren Verlauf der Arbeit als Grundlage des Experimentaufbaus.

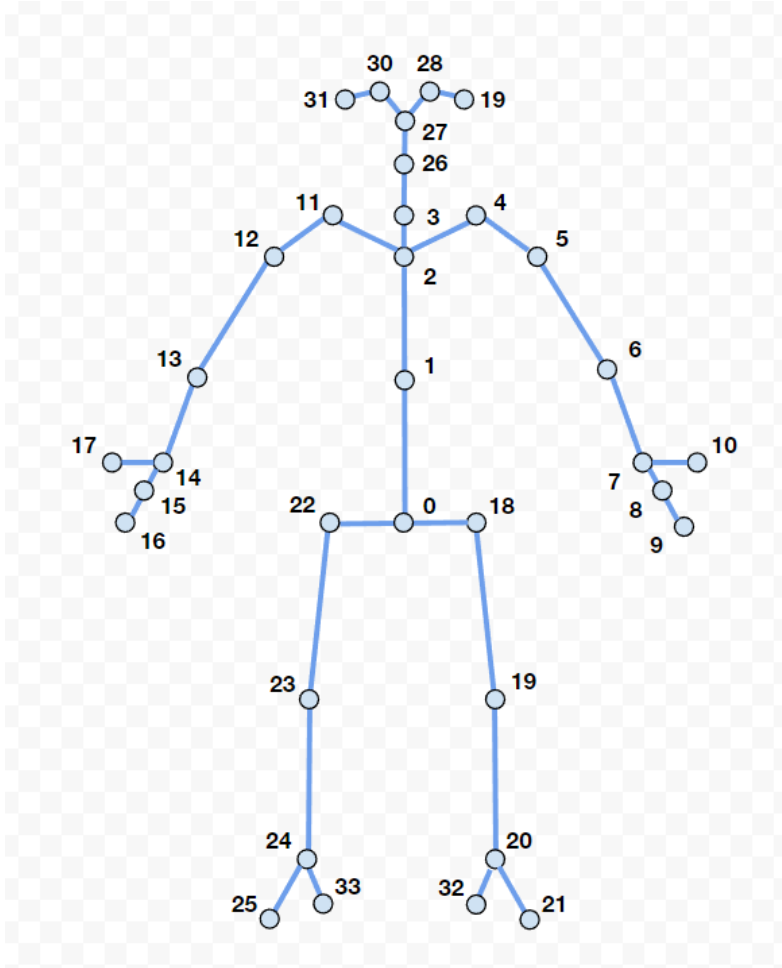


Abbildung 2: Skelettmodell mit 34 Punkten

(Quelle: Stereolabs Inc., 2023)

Keypoint Index	Keypoint Name	Keypoint Index	Keypoint Name	Keypoint Index	Keypoint Name
0	PELVIS	12	RIGHT_SHOULDER	24	RIGHT_ANKLE
1	NAVAL_SPINE	13	RIGHT_ELBOW	25	RIGHT_FOOT
2	CHEST_SPINE	14	RIGHT_WRIST	26	HEAD
3	NECK	15	RIGHT_HAND	27	NOSE
4	LEFT_CLAVICLE	16	RIGHT_HANDTIP	28	LEFT_EYE
5	LEFT_SHOULDER	17	RIGHT_THUMB	29	LEFT_EAR
6	LEFT_ELBOW	18	LEFT_HIP	30	RIGHT_EYE
7	LEFT_WRIST	19	LEFT_KNEE	31	RIGHT_EAR
8	LEFT_HAND	20	LEFT_ANKLE	32	LEFT_HEEL
9	LEFT_HANDTIP	21	LEFT_FOOT	33	RIGHT_HEEL
10	LEFT_THUMB	22	RIGHT_HIP		
11	RIGHT_CLAVICLE	23	RIGHT_KNEE		

Tabelle 1: Zuordnung der Körperpunkte

(Quelle: Stereolabs Inc., 2023)

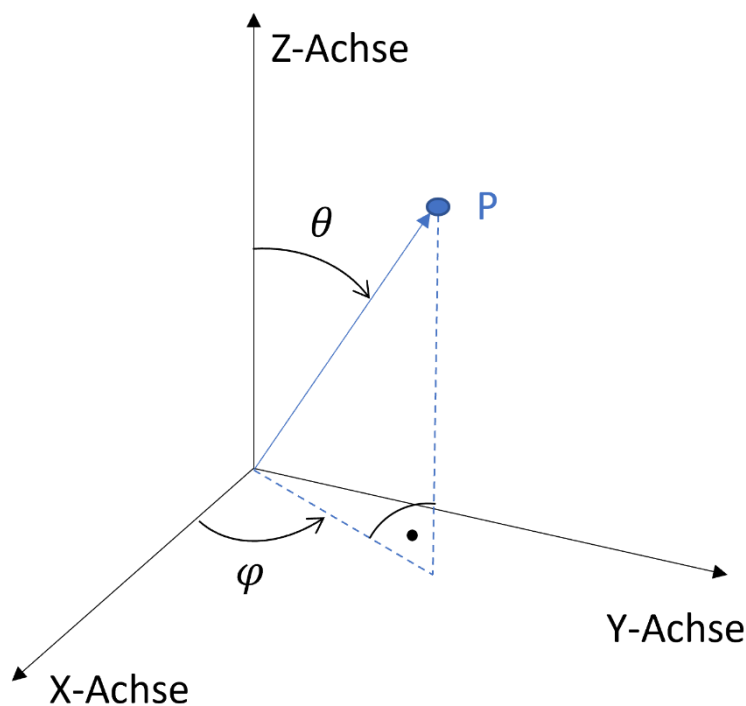


Abbildung 3: Richtungsvektoren mit Kugelkoordinaten

(Quelle: Eigene Darstellung)

3.4 Annahmen

Aufgrund der technischen Einschränkungen müssen bereits vorab einige Annahmen getroffen werden, die die Datenerhebung und Datengenauigkeit betreffen. Zum einen wird bei der Auswertung der Experimentdaten davon ausgegangen, dass die Körperpositionsdaten der Kamera grundsätzlich richtig sind, die Positionen der Körperpunkte also richtig gemessen oder geschätzt werden. Sollte diese Annahme nicht zutreffen, kann auch die Richtigkeit des Schätzverfahrens zur Bestimmung der Blickrichtung anhand dieser Datenpunkte nicht eingeschätzt werden. Die Ungenauigkeit der Daten wird vom Hersteller bei einer Distanz unter 10 Metern mit bis mit 2% angegeben (Stereolabs Inc., 2022), sie könnte jedoch je nach Situation unterschiedlich ausfallen.

Weiterhin wird, mangels einer objektiven Überprüfbarkeit, davon ausgegangen, dass während des Experiments keine bewusste Verfälschung der Daten durch den Probanden stattfindet. Es kann insbesondere nicht überprüft werden, ob der Proband bei seinen Blick tatsächlich eine natürliche Position einnimmt, oder ob er bewusst seinen Kopf leicht verdreht. Leichte Abweichungen könnten dem Experimentator nicht auffallen, könnten die Daten jedoch bereits verfälschen. Solche Verfälschungen können

zwar durch eine geeignete Experimentdurchführung reduziert werden, können jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden.

Zuletzt wird auch angenommen, dass die ermittelte Position des Ausgangspunktes des Blicks (Mitte zwischen den Augen) richtig ist. Die im vorigen Kapitel aufgezeigten Überlegungen zeigen zwar, dass eine Abweichung zwischen dem tatsächlichen und dem geschätzten Ausgangspunkt auftreten kann, jedoch kann die Genauigkeit der Messung im gegebenen Rahmen nicht erhöht werden und eine mögliche Abweichung muss daher vernachlässigt werden.

3.5 Aufbau und Ablauf des Experiments

In den vorigen Abschnitten dieses Kapitels wurden das Modell mit seinen Variablen und deren Ermittlung sowie die zu treffenden Annahmen beschrieben. Diese dienen als Grundlage, um in diesem Abschnitt den Aufbau und den Ablauf eines geeigneten Experiments zur Validierung des Schätzverfahrens zu erarbeiten. Zunächst werden der räumliche Aufbau, die Positionierung der Objekte und Markierungen sowie die Rahmenbedingungen vor Ort beschrieben. Danach werden geeignete Szenarien genannt sowie der Ablauf des Experiments festgelegt.

Das Experiment findet in einem Seminarraum der Universität der Bundeswehr München statt, welcher für das Experiment vorbereitet wird. Für die Anwendung der beschriebenen Referenzmessung werden zum einen vermessene Bodenmarkierungen und zum anderen vermessene Zielobjekte benötigt. Die Bodenmarkierungen stellen den Standpunkt der Probanden während des Experiments dar, während die Zielobjekte die Richtung bestimmen, in die ein Proband seinen Blick richten soll. Mithilfe der Abmessungen können die Zielobjekte und der Proband in ein räumliches Koordinatensystem eingetragen werden und die Vektoren ermittelt werden.

Die Bodenmarkierungen werden durch je ein Kreuz am Boden vorgenommen. Die Zielobjekte werden durch 12 nummerierte Blätter an den Wänden dargestellt. Um verschiedene Positionen und Blickrichtungen der Probanden darstellen zu können, werden die Zielobjekte an unterschiedlichen Positionen an allen vier Wänden aufgehängt. Vier Zielobjekte werden in den vier unteren Ecken des Raums verteilt, vier Zielobjekte unterhalb der oberen vier Ecken des Raums auf der Höhe von 2,25 Meter sowie vier Zielobjekte an den jeweiligen Wandmitten auf der Höhe von 1,80 Meter. Um weitere Konstellationen zu ermöglichen, werden zwei Bodenmarkierungen angebracht. Eine wird in der Mitte des Raums platziert und eine in der Mitte des hinteren, rechten Raumviertels (von der Kamera aus betrachtet). Durch die Änderung der Position ändert sich bei Beibehaltung des Zielobjekts auch die Blickrichtung, wodurch sich mehr Möglichkeiten beim Experimentablauf ergeben. Abbildung 4 zeigt den sich daraus ergebenden

Aufbau des Experiments von oben betrachtet, die Positionen der Zielobjekte, sowie die Position der Kamera, die den Probanden aufzeichnen soll und den Probanden selbst. Abbildung 5 zeigt den Aufbau nochmals räumlich und kombiniert die Darstellung mit der Blickrichtungsdarstellung in Form von Kugelkoordinaten. In Abbildung 6 kann zudem die Positionierung der Zielobjekte an den Wänden beispielhaft nachvollzogen werden.

Um während des Experiments konstante Bedingungen im Raum zu gewährleisten, wird das Experiment nur einmal aufgebaut und über die gesamte Laufzeit des Experiments keine Änderung im Raum vorgenommen. Um den Einfluss von Lichteinflüssen auf die Kamera zu reduzieren, werden die Fenster abgedunkelt und der Raum wird konstant künstlich von der Decke beleuchtet. Die Probanden werden außerdem gebeten, Jacken und ähnliche zusätzliche Kleidungsstücke, die die Körperposition verdecken könnten, während der Teilnahme am Experiment abzulegen, um die Messgenauigkeit nicht einzuschränken.

Mit dem zuvor beschriebenen Aufbau und unter Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten kann nun ein Experimentablauf entwickelt werden. In einem Experiment können verschiedene Situationen oder Verhaltensmuster abgebildet werden. Idealerweise werden solche Situationen abgebildet, die in der Realität besonders häufig auftreten. Erzwungene Situationen, die in der Realität nicht vorkommen, können zwar betrachtet werden, sollten dann aber auch als realitätsferne Situationen bei der Auswertung berücksichtigt werden. Da das Ziel des Experiments ist, eine erste Aussagekraft über die Anwendbarkeit des Verfahrens treffen zu können und das Ziel nicht ist, alle möglichen Szenarien zu beurteilen, muss zunächst eine Vorauswahl getroffen werden. Bei der Messung von Blickrichtungen sind einige unterschiedliche grundsätzliche Szenarien denkbar:

- Stehende Position des Probanden
- Bewegte Position des Probanden
- Statische Position der Zielobjekte
- Bewegte Position der Zielobjekte

Innerhalb dieser Szenario-Gruppen sind weitere Untergliederungen denkbar. So könnte man weiter unterscheiden nach spontanen Blicken, bei denen der Proband nur kurz den Blick auf ein Ziel richtet oder nach gerichteten Blicken, bei denen der Proband angeleitet wird, seinen Blick länger auf ein bestimmtes Ziel zu richten. Auch könnte man Situationen abbilden, die in der Realität häufig vorkommen. Hier wäre bspw. das Schauen aufs Handy mit einem kurzen Aufblicken zu nennen. In solchen

realitätsnahen Situationen könnte von der natürlichen Haltung bei einem Blick abgewichen werden.

Die meisten dieser Szenarien sind nur mit erheblichem technischem Aufwand innerhalb eines Experiments durchführbar. Um lediglich eine erste Aussage über die grundsätzliche Anwendbarkeit des Verfahrens treffen zu können, sind sie außerdem nicht zwingend notwendig. Diese Arbeit konzentriert sich daher ausschließlich auf das Szenario, in der der Proband eine stehende Position einnimmt und die Zielobjekte eine statische Position haben. Dieses statische Szenario lässt sich mit den gegebenen technischen Mitteln durchführen, während für Bewegungsszenarien eine laufende Vermessung anstatt einer einmaligen Vermessung nötig wäre. Diese Szenarien werden in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet. Falls die Ergebnisse vielversprechend sind, sollten darauf aufbauend weitere Szenarien untersucht werden, um die Aussagekraft in realistischeren Situationen besser beurteilen zu können.

Das Szenario eines stehenden Probanden mit statischen Zielobjekten kann abgebildet werden, indem der Proband sich auf eine der vermessenen Bodenmarkierungen stellt und von dort nacheinander auf verschiedene Zielobjekte schaut, die ihm angesagt werden. Dabei richtet der Proband zunächst seinen Körper gerade nach vorne aus. Auf die Ansage hin richtet er dann seinen Blick auf ein Zielobjekt. Die Füße sollen stehen bleiben, der Körper soll sich jedoch frei ausrichten. Auf diese Weise wird der Blick des Probanden nacheinander auf alle Zielobjekte gerichtet, die aus der jeweiligen Position sichtbar sind. So werden von derselben Position aus bis zu sieben verschiedene Blickrichtungen dargestellt. Die Richtungen sind so gewählt, dass zum Teil keine Verdrehung des Kopfes oder des Körpers nötig ist. Hier schaut der Proband also geradeaus. Zum Teil sind sie aber auch so gewählt, dass der Proband sowohl den Kopf als auch den Körper verdrehen muss, um das Zielobjekt zu sehen.

Um die gerade Ausrichtung des Körpers und die Beibehaltung der Fußstellung zu unterstützen, wird der Proband immer gebeten, sich zu einer geraden Wand auszurichten. Dies führt dazu, dass je Bodenmarkierungsposition nur vier Ausrichtungen in Frage kommen, also die Ausrichtung nach vorne, nach hinten, nach rechts und nach links. In jeder dieser Ausrichtungen sind sieben Zielobjekte für den Probanden sichtbar, sodass sich je Bodenmarkierung 28 mögliche Blickrichtungserhebungspunkte ergeben. Bei zwei Markierungen ergeben sich somit 56 mögliche Erhebungspunkte pro Proband. Um die Dauer des Experiments für den Probanden zu reduzieren, können einige Erhebungspunkte vernachlässigt werden, die durch deren Ähnlichkeit zu anderen Erhebungspunkten nur einen geringen Erkenntnisgewinn versprechen. Die Zahl der Erhebungspunkte kann daher durch den symmetrischen Aufbau des Experiments auf 36 reduziert werden. Der Ablauf, der sich daraus für das Experiment ergibt, kann in Tabelle 2 nachvollzogen werden.

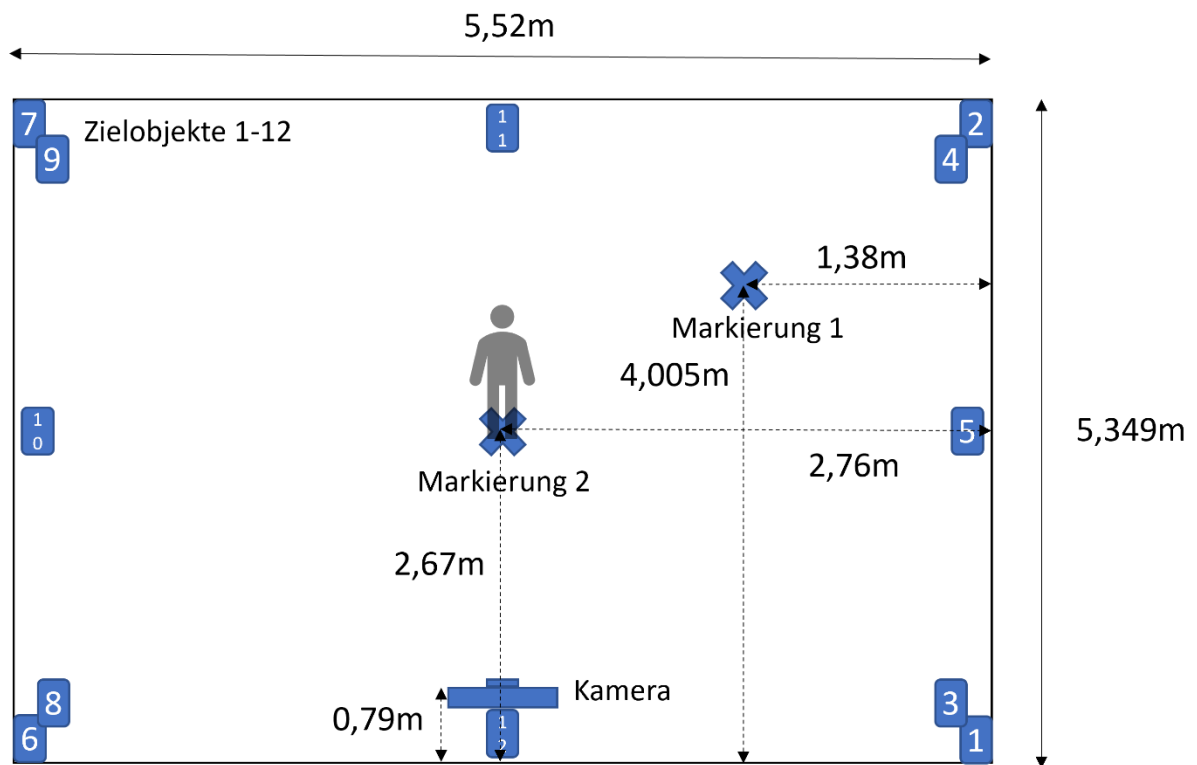


Abbildung 4: Versuchsaufbau (Vogelperspektive)
(Quelle: Eigene Darstellung)

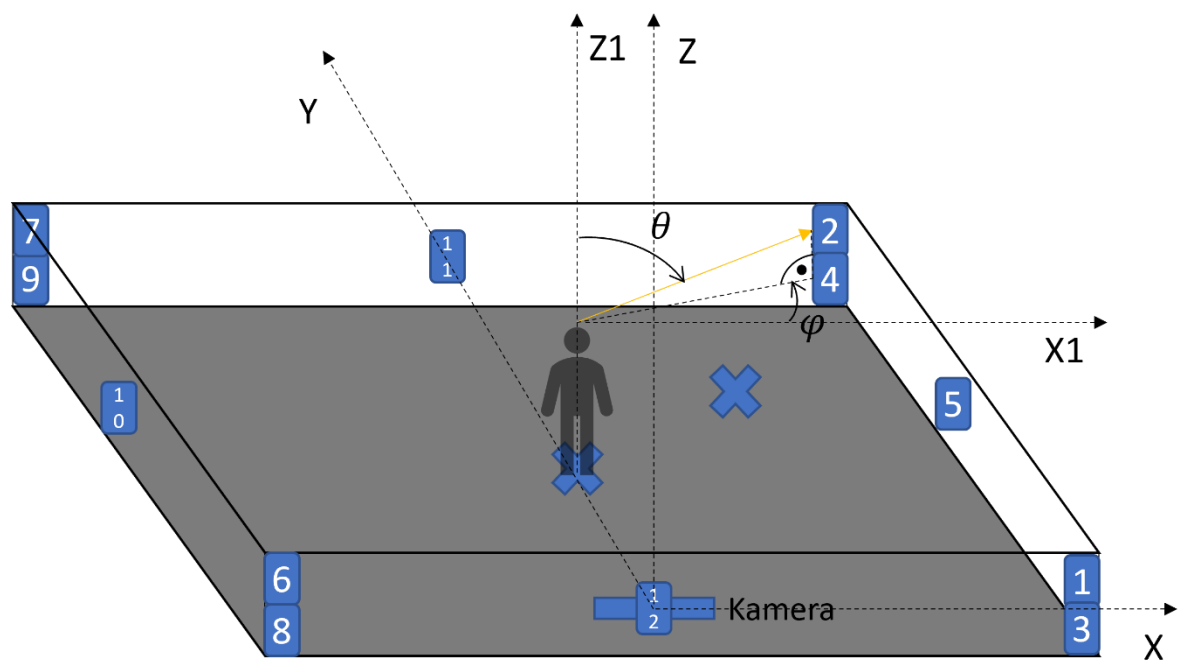


Abbildung 5: Versuchsaufbau (räumlich)
(Quelle: Eigene Darstellung)

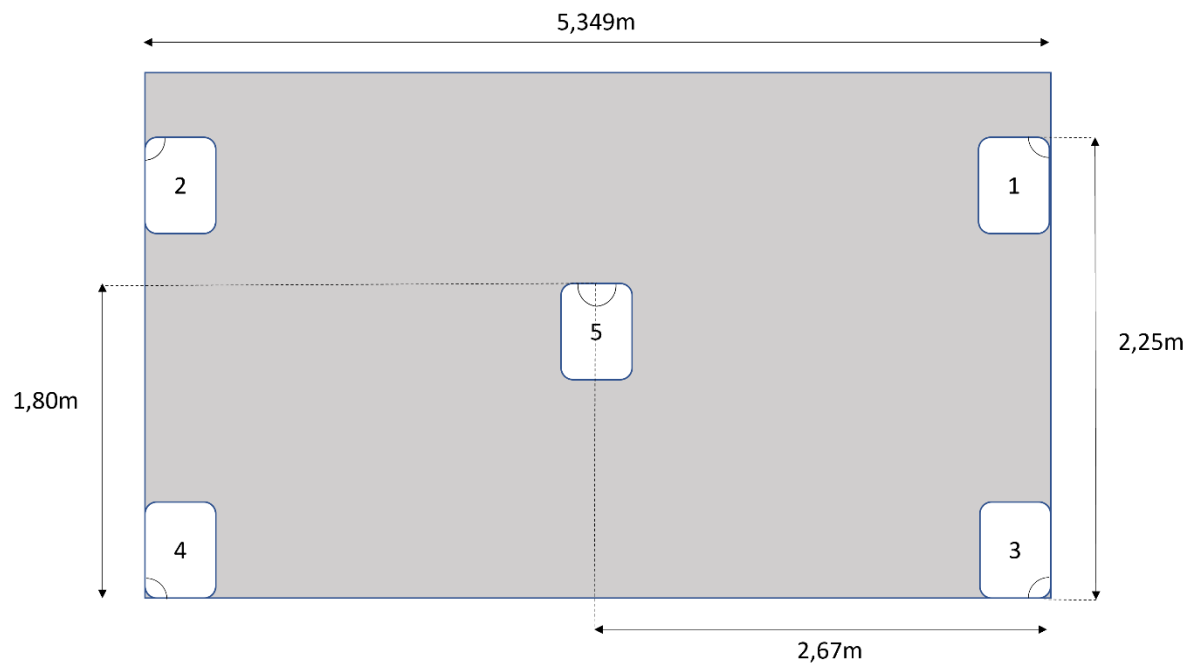


Abbildung 6: Versuchsaufbau (Wandansicht)
(Quelle: Eigene Darstellung)

Erhebungspunkt	Position	Körperausrichtung	Zielobjekt
1	Markierung 1	Seitlich nach rechts	1
2			2
3			3
4			4
5			5
6			11
7			12
8		Von der Kamera abgewandt	2
9			4
10			5
11			7
12			9
13			10
14			11
15		Zur Kamera gewandt	1
16			3
17			5
18			6
19			8
20			10

21			12
22	Markierung 2	Seitlich nach rechts	1
23			2
24			3
25			4
26			5
27			11
28			12
29			Von der Kamera abgewandt
30		4	
31		5	
32		11	
33		Zur Kamera gewandt	1
34			3
35			5
36			12

Tabelle 2: Experimentablauf nach Erhebungspunkten

(Quelle: Eigene Darstellung)

3.6 Durchführung des Experiments

Nachdem der Aufbau und Ablauf des Experiments im vorherigen Abschnitt hergeleitet und beschrieben wurde, soll in diesem Abschnitt die tatsächliche Durchführung des Experiments beschrieben werden. Im Wesentlichen konnte das Experiment wie geplant und beschrieben durchgeführt werden. Die Probanden wurden dazu zum Teil im Vorfeld und zum Teil vor Ort spontan rekrutiert. Insgesamt wurde eine Probandenanzahl von Dreizehn erreicht, die das Experiment alle vollständig durchlaufen haben. Jeder Proband wurde zu Beginn einzeln in den Zweck und den Ablauf des Experiments eingewiesen. Dabei wurden die Abläufe exemplarisch vorgeführt, um Missverständnisse bei den Durchführungsanweisungen zu vermeiden. Nach der Einweisung wurde der jeweilige Proband gebeten, sich auf der ersten Markierung mit der entsprechenden Körperausrichtung zu positionieren.

Zunächst war geplant, jeden Erhebungspunkt einzeln mit der Kamera zu erfassen. Da die Aufnahmen durch die Kamerasoftware automatisch beginnen und stoppen wenn eine Person erkannt wird bzw. wenn keine Person mehr sichtbar ist, sollte die Trennung der Aufnahmen durch die Simulation eines leeren Sichtfelds durch die Verdeckung der Kamera bewerkstelligt werden. Bereits im ersten Experimentdurchlauf erwies sich dieses Verfahren als fehleranfällig, da die Sensoren der Kamera dadurch beeinträchtigt wurden. Die aufgezeichneten Daten waren nicht verwertbar. Daher

wurden die Probanden stattdessen durch das Experiment geleitet, während sie durchgehend aufgezeichnet wurden. Um die Erhebungspunkte bei der Auswertung voneinander abgrenzen zu können, wurde eine Markierungsposition eingesetzt, die zwischen jedem Erhebungspunkt eingenommen werden musste. Beim Start der Aufzeichnung wurde der jeweilige Proband daher gebeten eine Hand zu heben. Anschließend wurde ihm die Nummer des Zielobjekts genannt, auf das er seinen Blick richten sollte. Sobald er seinen Blick fertig ausgerichtet hatte, sollte er die Hand senken und den Blick ca. 3 Sekunden halten. Dann sollte er die Hand wieder heben und erst danach seinen Blick auf das nächste angesagte Zielobjekt richten. Nach dem letzten Erhebungspunkt sollte der Proband ebenfalls wieder die Hand heben und mit erhobener Hand das Sichtfeld der Kamera verlassen bis die Aufzeichnung automatisch stoppt. Damit der Ablauf konsequent und ohne Verfälschungen der Daten eingehalten werden konnte, wurde er durch Ansagen des Experimentators zu jeder nötigen Bewegung des Probanden unterstützt. Durch diese Vorgehensweise konnte sichergestellt werden, dass die suchenden Blicke zwischen den Erhebungspunkten in der späteren Auswertung nicht berücksichtigt wurden, sondern nur die gewünschten statischen Blickpositionen betrachtet wurden. Die gehobene Hand diente in der späteren Auswertung als Markierung zwischen den Erhebungspunkten.

Mit dem zuvor beschriebenen Ablauf und den Anpassungen vor Ort dauerte jeder Experimentdurchlauf ca. 15 Minuten. Die eigentliche Aufnahme dauerte dabei ca. fünf Minuten. Die restlichen zehn Minuten entfielen auf die Einweisung und das Prüfen der Aufnahmequalität nach dem Durchlauf. Durch die geringe Probandenzahl und die bereits beschriebene Reduzierung des Experimentumfangs und damit dessen Durchlaufzeit, konnte das Experiment innerhalb von zwei Tagen durchgeführt werden, ohne dass der Versuchsaufbau in der Zwischenzeit neu hätte aufgebaut werden müssen. Somit konnten konstante Bedingungen über den gesamten Experimentzeitraum sichergestellt werden.

4 Empirische Analyse

Im vorigen Kapitel wurden die Ziele, der Aufbau sowie der Ablauf des Experiments ausführlich beschrieben. Darauf aufbauend können in diesem Kapitel nun die Daten ausgewertet werden, die sich aus der Durchführung des Experiments ergeben. Dazu wird zunächst die statistische Methodik beschrieben. Dann werden die Rohdaten näher betrachtet und deren nötige Aufbereitung erläutert. Anschließend wird die empirische Analyse mit der zuvor beschriebenen Methodik durchgeführt und die Ergebnisse interpretiert. Zuletzt sollen auch die Einschränkungen der Ergebnisse genannt werden.

4.1 Methodik

Der erste Schritt dieses Kapitels stellt die Beschreibung des statistischen Verfahrens dar, das in den nächsten Abschnitten angewandt werden soll. Durch den Aufbau des Experiments ergeben sich nach der Durchführung für jeden Messpunkt eine tatsächliche Blickrichtung und eine geschätzte Blickrichtung. Die Aufgabe ist es nun, eine Aussage darüber zu treffen, wie gut diese beiden Werte übereinstimmen.

Da im Modell des Schätzverfahrens die Berechnung der Blickrichtung von einem Winkelfaktor abhängt, also dem Faktor mit dem die unterschiedliche Ausrichtung zwischen Körper und Kopf multipliziert wird, kann auch die Abweichung zwischen den geschätzten und den wahren Vektoren mit unterschiedlichen Faktoren betrachtet werden. Die Abweichung zwischen den beiden Vektoren kann zunächst als Winkel zwischen den beiden Vektoren betrachtet werden. Dieser Winkel wird im Folgenden γ genannt. Für γ gilt:

$$0 \leq \gamma \leq 180$$

Bei einer perfekten Übereinstimmung von geschätztem und wahren Vektor sollte γ also 0 Grad betragen. Je größer γ , desto schlechter ist die Schätzung für diesen Messpunkt. Um den am besten geeigneten Faktor zu ermitteln, können die Werte von α beim Einsatz verschiedener Faktoren genauer betrachtet werden. Dazu werden Mittelwert und Varianz, sowie der Variationskoeffizient ermittelt. Der Mittelwert sagt aus, um wie viel Grad der geschätzte Vektor vom wahren Vektor abweicht. Die Varianz sagt aus, wie groß die quadrierte Streuung um den Mittelwert ist, während der Variationskoeffizient die Varianz bei unterschiedlichen Mittelwerten vergleichbar macht. Für den Mittelwert von α gilt, dass ein Wert nahe Null positiv zu interpretieren wäre. Für die Varianz und den Variationskoeffizient wären ebenfalls Werte nahe Null positiv zu interpretieren.

Nachdem auf diese Weise ein geeigneter Faktor ermittelt wurde, kann die Korrelation zwischen den geschätzten und den wahren Werten unter Anwendung des ausgewählten Faktors genauer untersucht werden. Nun soll nicht mehr die totale Abweichung in

Form des Winkels α betrachtet werden, sondern die Vektoren werden nun mithilfe der Kugelkoordinaten mit zwei Winkeln dargestellt. Nun kann die Abweichung sowohl für Theta, als auch für Phi analysiert werden. Da das Modell von einem linearen Zusammenhang ausgeht, kann die Korrelation zwischen den echten und den wahren Werten mit einer einfachen, linearen Regression überprüft werden. Die Regressionsgleichung lautet im Allgemeinen also:

$$\hat{y} = \alpha + \beta x$$

Dabei gibt es eine abhängige Variable Y , die hier jeweils die wahren Werte darstellt, und eine unabhängige Variable x , die hier jeweils die geschätzten Werte darstellt.

\hat{y} stellt dabei die mit der Regression geschätzten y -Werte dar. Die Werte für α bestimmen jeweils den y -Achsenabschnitt. Die Werte für β bestimmen die Steigung der Regressionsgleichungen.

Die Güte der Regressionsgleichungen kann mithilfe des Bestimmtheitsmaß R^2 berechnet werden.

$$R^2 = \frac{\sum_i^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Für R^2 gilt:

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

Es gibt an, welcher Anteil der Streuung durch das Modell erklärt werden kann. Je höher der Wert ist, desto besser wäre die Regressionsgleichung zu beurteilen. Bei einem Konfidenzniveau von 95% wird anschließend geprüft, ob das Ergebnis der Regression signifikant ist.

Anhand der Parameter α und β lässt sich nun erkennen, wie nah das Regressionsmodell an dem zu testenden Verfahren in Bezug auf Theta oder Phi liegt. Bei einer vollkommenen Übereinstimmung der geschätzten und der wahren Vektoren würde sowohl für Theta als auch für Phi gelten:

$$\alpha = 0, \beta = 1$$

$$R^2 = 1$$

Je weiter die beiden Parameter und das Bestimmtheitsmaß davon abweichen, desto schlechter wäre die Schätzung des entsprechenden Winkels des Blickrichtungsvektors zu beurteilen.

Um Unterschiede zwischen verschiedenen Situationen ermitteln zu können, wird die Regression mehrfach durchgeführt. Einmal mit allen Messpunkten und dann noch einmal jeweils für geclusterte Messpunkte. Die Cluster können nach verschiedenen Kriterien gebildet werden. Hier werden die Kriterien Winkelgröße, Standpunkt, sowie Körperausrichtung im Verhältnis zur Kamera betrachtet. Das Kriterium der Winkelgröße

soll zwischen Situationen unterscheiden, in denen der Proband eine extreme Blickrichtung nach rechts oder links einnimmt oder in denen er stattdessen eine moderate Blickrichtung einnimmt. Ersteres ist gegeben, wenn der Phi-Winkel ausgehend von der Körperausrichtung des Probanden größer oder gleich 90 Grad ist. Zweiteres ist gegeben, wenn er kleiner ist. Das Kriterium des Standpunkts unterscheidet zwischen den beiden Positionen, die der Proband im Experiment einnimmt. Der erste Standpunkt ist weiter von der Kamera entfernt, der zweite ist näher an der Kamera. Das Kriterium der Körperausrichtung im Verhältnis zur Kamera unterscheidet zwischen den Messpunkten, in denen der Proband seitlich zur Kamera steht, in denen er abgewandt von der Kamera steht und in denen er der Kamera zugewandt steht. Die sich daraus ergebenden Cluster können in Tabelle 3 nachvollzogen werden. Durch die Wiederholung der Regression für die einzelnen Cluster und den Vergleich der Ergebnisse der Cluster sowohl untereinander als auch mit den Ergebnissen ohne Clustering, kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob das angewandte Verfahren in einigen Clustern besser funktioniert als in anderen Clustern.

Die erläuterten Überlegungen zur Abhängigkeit der wahren Blickrichtungen von den geschätzten Blickrichtungen können auch als statistische Hypothesen formuliert werden. Daraus ergeben sich folgende Hypothesen und Gegenhypothesen:

- H 1.1: Θ_W ist nicht linear abhängig von Θ_G
- H 1.2: Θ_W ist linear abhängig von Θ_G
- H 1.3: Φ_W ist nicht linear abhängig von Φ_G
- H 1.4: Φ_W ist linear abhängig von Φ_G

- H 2.1: Θ_W ist nicht linear abhängig von Θ_G im Cluster „Moderat“
- H 2.2: Θ_W ist linear abhängig von Θ_G im Cluster „Moderat“
- H 2.3: Φ_W ist nicht linear abhängig von Φ_G im Cluster „Moderat“
- H 2.4: Φ_W ist linear abhängig von Φ_G im Cluster „Moderat“

- H 3.1: Φ_{Wahr} ist nicht linear abhängig von Φ_G im Cluster „Extrem“
- H 3.2: Φ_{Wahr} ist linear abhängig von Φ_G im Cluster „Extrem“

- H 4.1: Θ_W ist nicht linear abhängig von Θ_G im Cluster „Entfernt“
- H 4.2: Θ_W ist linear abhängig von Θ_G im Cluster „Entfernt“
- H 4.3: Φ_W ist nicht linear abhängig von Φ_G im Cluster „Entfernt“
- H 4.4: Φ_W ist linear abhängig von Φ_G im Cluster „Entfernt“

- H 5.1: Θ_W ist nicht linear abhängig von Θ_G im Cluster „Nah“

- H 5.2: ThetaW ist linear abhängig von ThetaG im Cluster „Nah“
- H 5.3: PhiW ist nicht linear abhängig von PhiG im Cluster „Nah“
- H 5.4: PhiW ist linear abhängig von PhiG im Cluster „Nah“

- H 6.1: ThetaW ist nicht linear abhängig von ThetaG im Cluster „Seitlich“
- H 6.2: ThetaW ist linear abhängig von ThetaG im Cluster „Seitlich“
- H 6.3: PhiW ist nicht linear abhängig von PhiG im Cluster „Seitlich“
- H 6.4: PhiW ist linear abhängig von PhiG im Cluster „Seitlich“

- H 7.1: ThetaW ist nicht linear abhängig von ThetaG im Cluster „Abgewandt“
- H 7.2: ThetaW ist linear abhängig von ThetaG im Cluster „Abgewandt“
- H 7.3: PhiW ist nicht linear abhängig von PhiG im Cluster „Abgewandt“
- H 7.4: PhiW ist linear abhängig von PhiG im Cluster „Abgewandt“

- H 8.1: ThetaW ist nicht linear abhängig von ThetaG im Cluster „Zugewandt“
- H 8.2: ThetaW ist linear abhängig von ThetaG im Cluster „Zugewandt“
- H 8.3: PhiW ist nicht linear abhängig von PhiG im Cluster „Zugewandt“
- H 8.4: PhiW ist linear abhängig von PhiG im Cluster „Zugewandt“

Abgrenzungskriterium	Cluster	Betrachtete Winkel
Winkelgröße	Moderat	Theta Phi
	Extrem	Phi
Standpunkt	Entfernt	Theta Phi
	Nah	Theta Phi
Körperausrichtung	Seitlich	Theta Phi
	Abgewandt	Theta Phi
	Zugewandt	Theta Phi

Tabelle 3: Abgrenzungskriterien mit zugehörigen Clustern

(Quelle: Eigene Darstellung)

4.2 Datengrundlage und Datenaufbereitung

Aus der Durchführung des Experiments ergibt sich zunächst für jeden der dreizehn Probanden eine Datei mit Rohdaten im PoseWiz-Format, die von der Kamera aufgezeichnet werden. Das PoseWiz-Format enthält einige Daten, die für diese Arbeit keine Relevanz haben. Die benötigten Daten des Formats sind die dreidimensionalen Positionsdaten zu jedem der 34 Körperpunkte sowie deren Zuordnung zum jeweiligen Frame. Von den 34 Körperpunkten werden jedoch nur 6 Punkte für die bereits beschriebenen Berechnungen benötigt (Nummern 2, 4, 11, 26, 28, 30). Diese werden aus den Daten extrahiert. Da die Messpunkte im Experiment durch eine Markierungsposition in den Aufzeichnungen voneinander abgegrenzt werden, müssen die Daten anhand dieser Markierung abgetrennt werden. Die Abschnitte, in denen ein Proband die Hand hebt, werden daher aus den Daten entfernt. Die übrig bleibenden Abschnitte sind die zu betrachtenden Abschnitte für die jeweiligen Messpunkte. Bei der Anwendung dieser Datenaufbereitung fällt auf, dass in einigen Fällen die Markierungsposition zwischen den Messpunkten fehlt. Das könnte daran liegen, dass sie durch den Probanden nicht eingenommen wurde, oder dass die Kamera sie nicht erkannt hat. Durch die mangelhaften Abgrenzungsmöglichkeiten müssen in diesem Fall die Daten zu allen umliegenden Messpunkten verworfen werden und können nicht in die weiteren Betrachtungen mit einfließen. Aus diesem Grund werden die Daten des Probanden 1 in den Messpunkten 22 bis 28 und des Probanden 2 in den Messpunkten 10 sowie 13 bis 28 entfernt.

Da die Messungen je Messpunkt ca. 2 Sekunden andauern und innerhalb dieses Zeitabschnitts mehrfach die Positionsdaten zu den Körperpunkten erhoben werden, werden die Werte über den Zeitraum hinweg gemittelt. Das Zwischenergebnis sind nun für jeden Probanden die gemittelten Positionsdaten zu den sechs relevanten Körperpunkten an allen 36 Messpunkten.

Mithilfe der Positionsdaten der Körperpunkte kann nach dem in 2.4.1 beschriebenen Verfahren die geschätzte Blickrichtung des Probanden für jeden Messpunkt berechnet werden. Die Blickrichtungen können sowohl als Vektoren in kartesischer Darstellung, als auch als Vektoren in Kugelkoordinaten-Darstellung angegeben werden. Das Zwischenergebnis sind nun die geschätzten Blickrichtungen der Probanden an allen 36 Messpunkten.

Die geschätzten Blickrichtungen sollen mit den wahren Blickrichtungen verglichen werden. Diese werden ermittelt, indem jeweils ein Vektor zwischen dem Mittelpunkt der Augen des jeweiligen Probanden und dem jeweiligen Zielobjekt berechnet wird. Auch diese Vektoren können sowohl in kartesischer Darstellung als auch in Kugelkoordinaten-Darstellung angegeben werden. Das Zwischenergebnis ist nun eine

Gegenüberstellung der geschätzten und der wahren Blickrichtungen für alle Messpunkte aller Probanden.

Bei genauerer Betrachtung des Zwischenergebnisses fällt auf, dass die Abweichung zwischen den geschätzten und den wahren Winkeln in manchen Fällen dadurch stark verzerrt wird, dass die geschätzten Winkel ein anderes Vorzeichen als die wahren Winkel haben, obwohl sie tatsächlich viel näher beieinander liegen. Ein einfaches Beispiel kann diesen Sachverhalt verdeutlichen. Liegt der geschätzte Winkel bspw. bei 179 Grad und der wahre Winkel bei -179 Grad, so würde die Abweichung 358 Grad betragen, obwohl die Differenz tatsächlich nur 2 Grad beträgt. Um dies zu bereinigen, werden in solchen Fällen die geschätzten Werte auf dasselbe Vorzeichen umgerechnet. Aus 179 Grad würden also bspw. -181 Grad werden, sodass die rechnerische Differenz nur noch die tatsächlichen 2 Grad beträgt. Das Endergebnis sind nun also je Messpunkt die Positionsdaten der sechs Körperpunkte, die korrigierten geschätzten und die wahren Richtungsvektoren. Alle aufbereiteten Daten zu den einzelnen Probanden sind dieser Arbeit angehängt.

4.3 Ergebnisse der empirischen Analyse

In den vorherigen Unterkapiteln wurden die Methodik sowie die Datengrundlage der empirischen Analyse näher beschrieben. Auf dieser Grundlage wird in diesem Unterkapitel die Analyse durchgeführt und die Ergebnisse dargestellt. Zunächst soll der Winkelfaktor ausgewählt werden, der im Verfahren zur Berechnung der geschätzten Blickrichtung verwendet werden soll. Anschließend werden die Daten, die sich bei Anwendung dieses Faktors ergeben, genauer analysiert indem die Aussagekraft der Blickrichtungsschätzung mithilfe mehrerer Regressionsanalysen in den verschiedenen Clustern untersucht wird.

4.3.1 Faktorauswahl

Der Winkelfaktor bestimmt, wie zuvor beschrieben, mit welchem Faktor der Winkel zwischen Körper- und Gesichtsausrichtung multipliziert wird, um die Blickrichtung zu schätzen. Die Genauigkeit der Schätzung hängt demnach wesentlich von der Höhe dieses Faktors ab. Um die Daten beim Einsatz verschiedener Faktoren vergleichen zu können, wird die Datengrundlage aus Kapitel 4.2 jeweils für die Faktoren 0,5 bis 2 in Zehntelschritten, sowie für den Faktor 3 betrachtet. Es werden nun für alle Faktoren die Winkel zwischen geschätzter und tatsächlicher Blickrichtung (γ) verglichen. Die Mittelwerte des Abweichungswinkels γ sind sich über die Faktoren hinweg sehr ähnlich und lassen daher keine Entscheidung für einen der Faktoren innerhalb der Spanne von 0,5 bis 2 zu. Es kann jedoch beobachtet werden, dass beim Einsatz eines

deutlichen höheren Faktors, wie des Faktors 3, auch der Mittelwert von γ steigt. Zusätzlich wird zur Beurteilung die Varianz bzw. der Variationskoeffizient von γ berücksichtigt. Hier zeigt sich, dass die Varianz bei Erhöhung des Faktors zunächst abnimmt und bei einer weiteren Erhöhung wieder zunimmt. Der besser vergleichbare Variationskoeffizient hat sein Minimum beim Einsatz des Faktors 1,8. Alle Mittelwerte, Varianzen und Variationskoeffizienten, sowie der ausgewählte Faktor können in Tabelle 4 nachvollzogen werden. Die folgenden empirischen Untersuchungen werden daher mit dem Datensatz von geschätzten Blickrichtungen durchgeführt, der sich bei Verwendung des Faktors 1,8 ergibt.

Faktor	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Mittelwert	50,2274208	49,9329371	49,6847491	49,4873251	49,3462111	49,2724293
Varianz	584,181348	560,762305	541,141752	525,202526	512,676647	502,697304
Standardabweichung	24,1698438	23,6804203	23,2624537	22,9172975	22,642364	22,4209122
Variationskoeffizient	0,48120814	0,47424449	0,46820109	0,46309429	0,45884706	0,45503972

Faktor	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Mittelwert	49,2821131	49,3879925	49,5735719	49,8449926	50,184211	50,5769918
Varianz	493,845576	484,952976	477,658526	471,283893	467,494203	467,536897
Standardabweichung	22,2226366	22,0216479	21,8554004	21,709074	21,6216143	21,6226015
Variationskoeffizient	0,45092702	0,44589073	0,44086798	0,43553169	0,43084496	0,42751854

Faktor	1,7	1,8	1,9	2	3
Mittelwert	51,0204073	51,5132788	52,0524849	52,6337802	59,932752
Varianz	471,484327	479,178058	490,587567	505,73557	796,812344
Standardabweichung	21,7136898	21,8901361	22,1492114	22,4885653	28,2278647
Variationskoeffizient	0,42558833	0,42494162	0,42551689	0,42726487	0,4709923

Tabelle 4: Lage- und Varianzparameter von γ bei Verwendung verschiedener Faktoren (Wertangaben in Grad)

(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

4.3.2 Regression: Ohne Clustering

Nach der Auswahl des Winkelfaktors kann nun eine differenzierte Betrachtung des Datensatzes mithilfe einer Regressionsanalyse durchgeführt werden. In der ersten Regression werden alle Werte ohne ein vorheriges Clustering betrachtet. Die Winkel Theta und Phi werden dabei getrennt betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 7. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist (p -Wert $< 0,05$). Die Hypothese H 1.1 kann also

abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 1.2 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,02 jedoch sehr niedrig und die Parameter α und β weichen sehr stark von den idealen Werten 0 und 1 ab. Demnach kann zwar ein linearer Zusammenhang zwischen den geschätzten und den wahren Werten aufgezeigt werden, jedoch ist in diesem Zusammenhang keine Übereinstimmung mit dem beschriebenen Modell erkennbar.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 8. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 1.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 1.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,77 relativ hoch, der Parameter β weicht mit 0,9 nur relativ leicht vom Ideal ab, jedoch weicht der Parameter α deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang zwischen den geschätzten und den wahren Werten aufgezeigt werden, der eine mittlere Übereinstimmung mit dem beschriebenen Modell erkennen lässt.

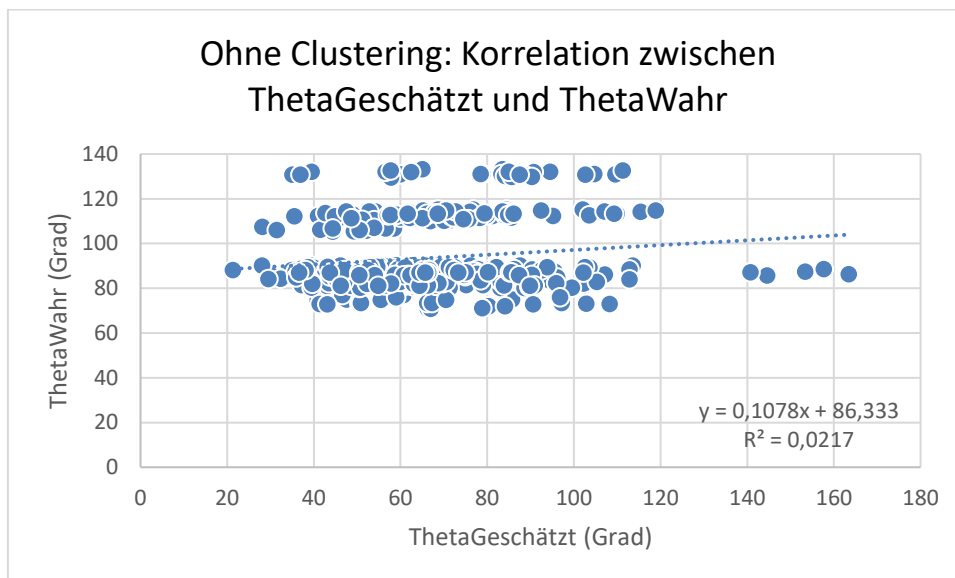


Abbildung 7: Regression ohne Cluster (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

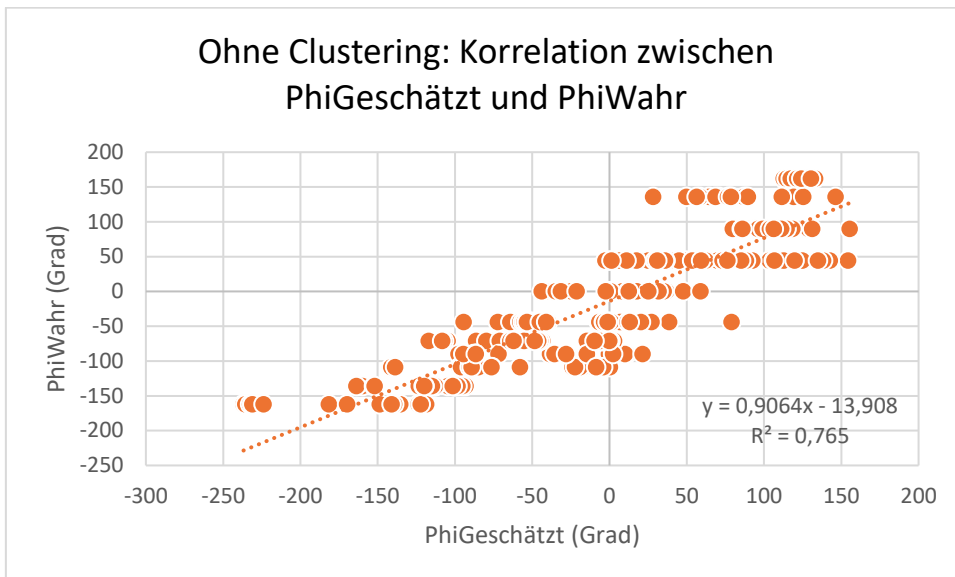


Abbildung 8: Regression ohne Cluster (Phi)

(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

4.3.3 Regression: Clustering nach Winkelgröße

Beim Clustering der Daten nach Winkelgröße wird zuerst das Cluster „Moderat“ betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 9. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 2.1 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 2.2 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,06 jedoch auch nach dem Clustering sehr niedrig und die Parameter α und β weichen noch immer sehr stark von den idealen Werten 0 und 1 ab. Demnach kann zwar ein linearer Zusammenhang zwischen den geschätzten und den wahren Werten aufgezeigt werden, jedoch ist in diesem Zusammenhang keine Übereinstimmung mit dem beschriebenen Modell erkennbar.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 10. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 2.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 2.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,83 relativ hoch, der Parameter β weicht mit 0,95 nur relativ leicht vom Ideal ab, jedoch weicht der Parameter α deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der eine mittlere Übereinstimmung mit dem beschriebenen Modell erkennen lässt.

Als nächstes wird das Cluster „Extrem“ betrachtet. Für Theta (Abbildung 11) wird in diesem Cluster keine Regression durchgeführt, da die extremen Blickrichtungen, die

hier betrachtet werden, im Experiment alle sehr ähnliche α -Winkel hatten, sodass eine Regression nicht sinnvoll erscheint. Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 12. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 3.1 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 3.2 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,6 im mittleren Bereich und deutlich niedriger als im Cluster „Moderat“, und auch die Parameter α und β weichen deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der nur eine geringe Übereinstimmung mit dem Modell erkennen lässt. Die Übereinstimmungen der Daten in diesem Cluster sind niedriger als ohne Clustering.

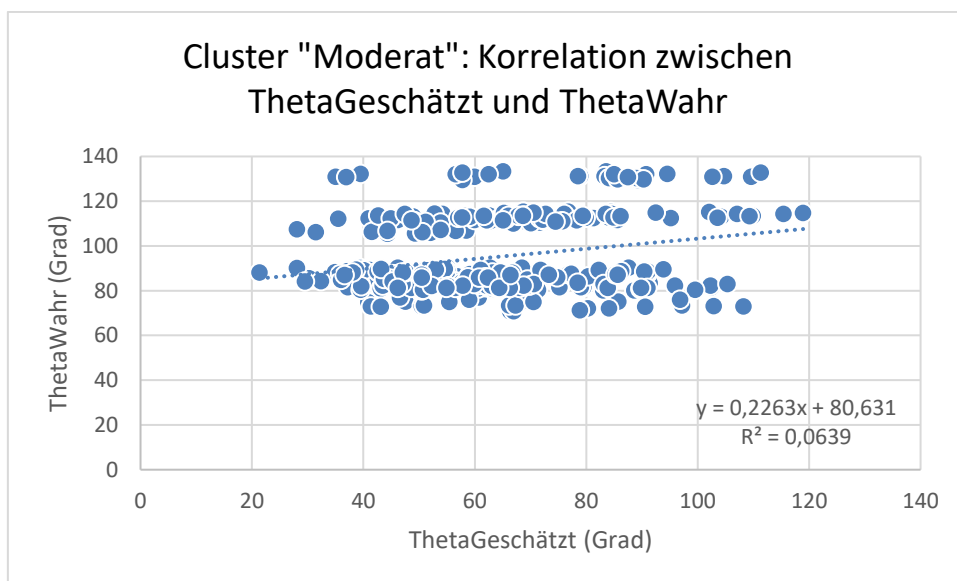


Abbildung 9: Regression im Cluster „Moderat“ (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

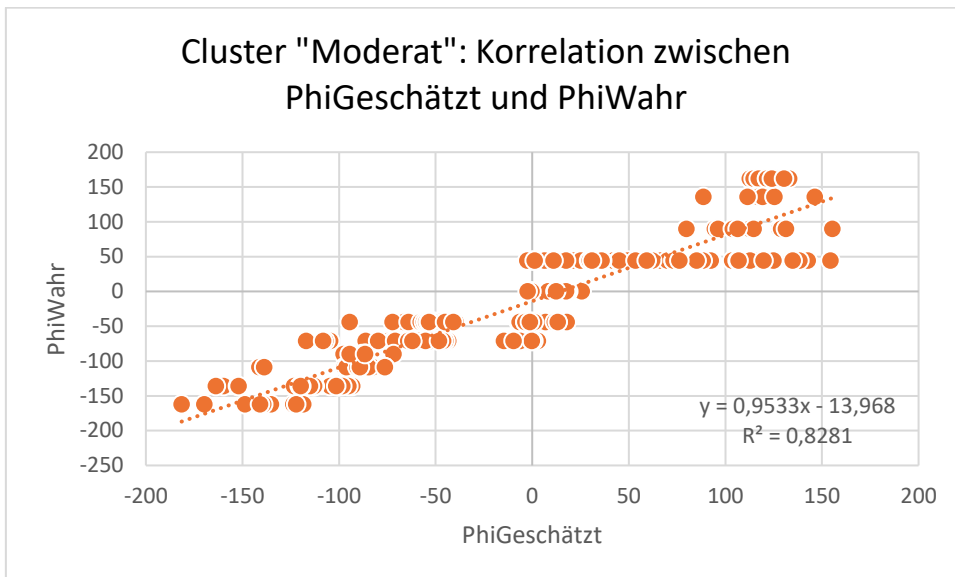


Abbildung 10: Regression im Cluster „Moderat“ (Phi)
 (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

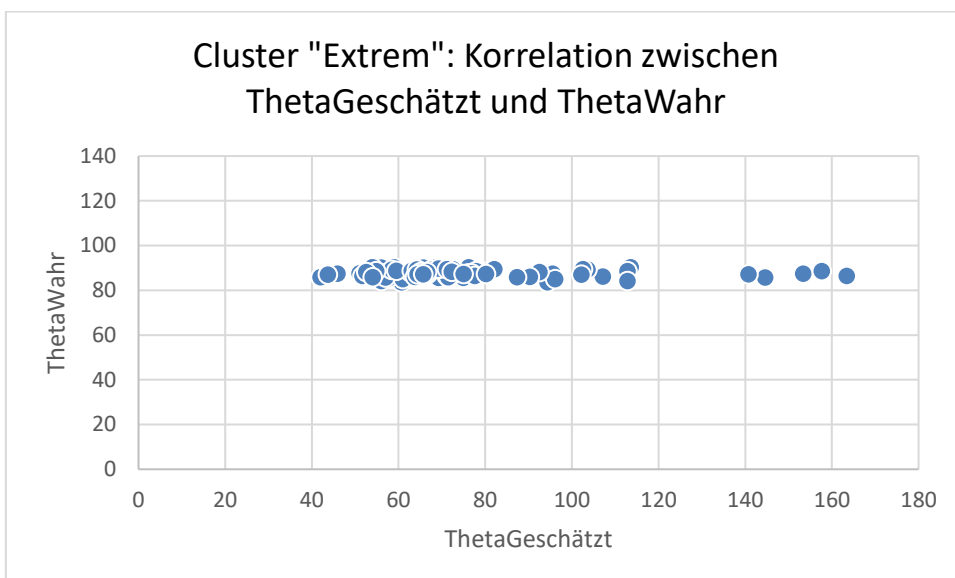


Abbildung 11: Cluster „Extrem“ (Theta)
 (Quelle: Eigene Darstellung)

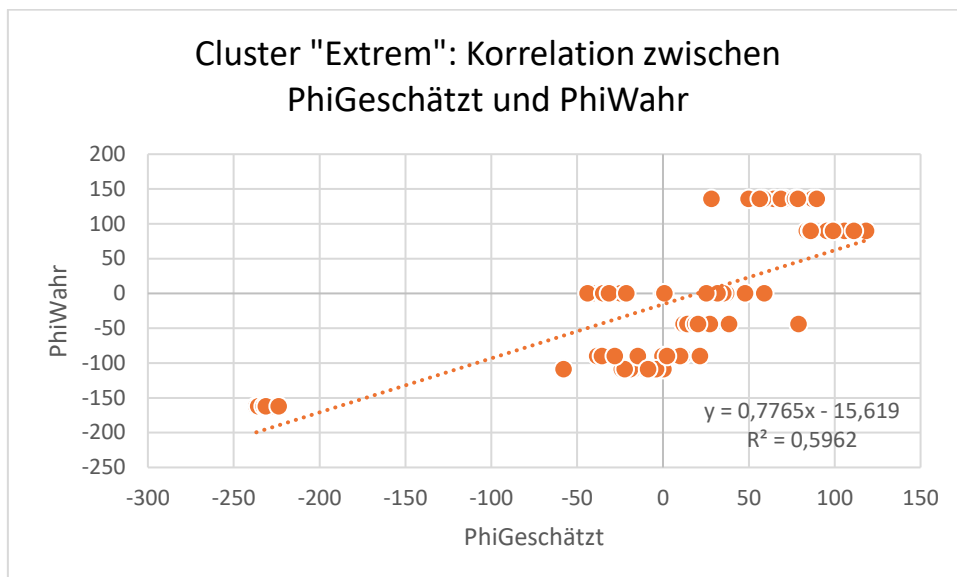


Abbildung 12: Regression im Cluster „Extrem“ (Phi)

(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

4.3.4 Regression: Clustering nach Standpunkt

Beim Clustering der Daten nach Standpunkt wird zuerst das Cluster „Entfernt“ betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 13. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 4.1 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 4.2 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,04 jedoch auch nach dem Clustering sehr niedrig und die Parameter α und β weichen noch immer sehr stark von den idealen Werten 0 und 1 ab. Demnach kann zwar ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, jedoch ist in diesem Zusammenhang keine Übereinstimmung mit dem Modell erkennbar.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 14. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 4.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 4.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,8 relativ hoch, der Parameter β weicht mit 0,97 nur leicht vom Ideal ab, jedoch weicht der Parameter α noch immer deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der eine mittlere Übereinstimmung mit dem beschriebenen Modell erkennen lässt.

Als nächstes wird das Cluster „Nah“ betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 15. Die Berechnungen zeigen, dass der Regressionskoeffizient β

nicht signifikant ist. Die Hypothese H 5.1 kann also nicht abgelehnt werden. Es kann keine Aussage über die Abhängigkeit der Variablen getroffen werden.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 16. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 5.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 5.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,64 im mittleren Bereich, die Parameter α und β weichen jedoch deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der nur eine geringe Übereinstimmung mit dem Modell erkennen lässt.

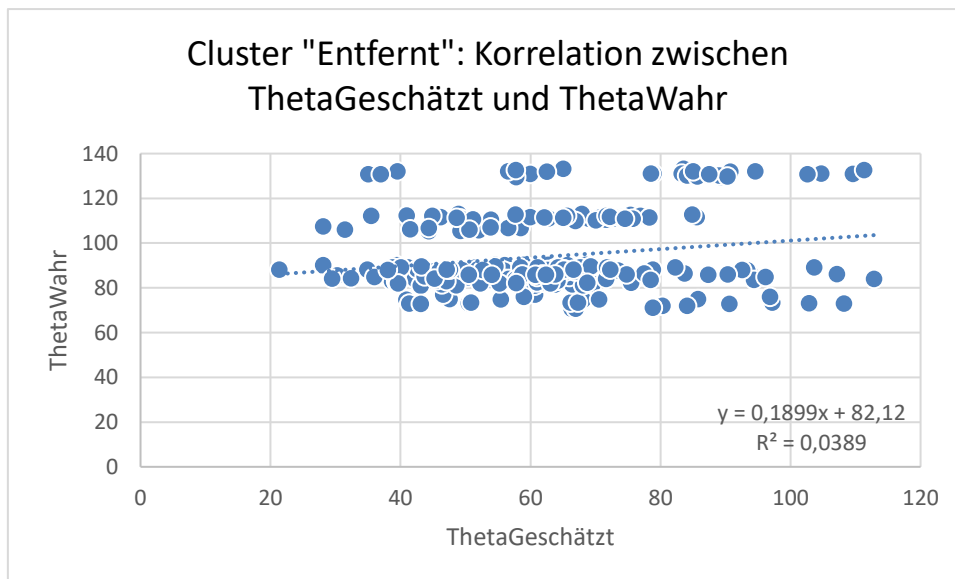


Abbildung 13: Regression im Cluster „Entfernt“ (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

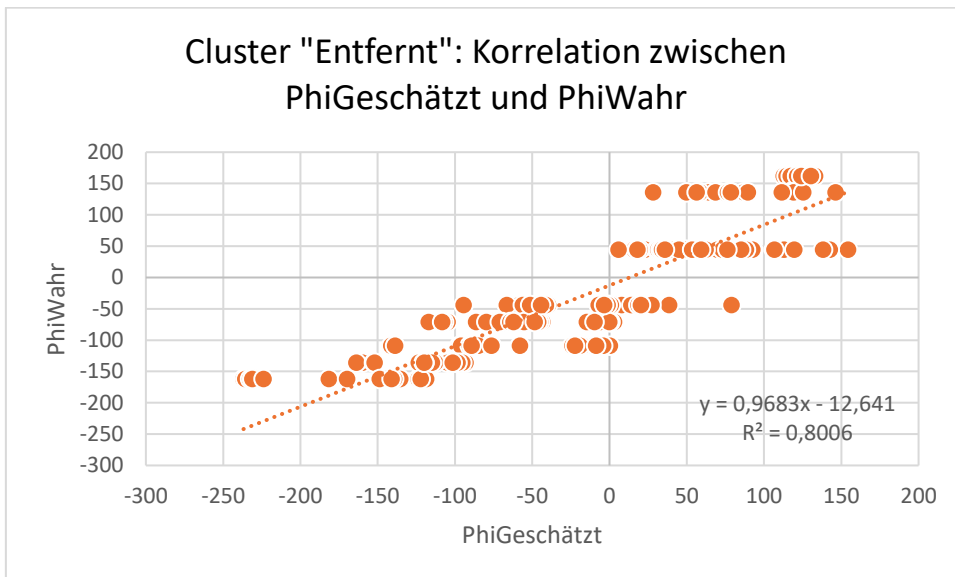


Abbildung 14: Regression im Cluster „Entfernt“ (Phi)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

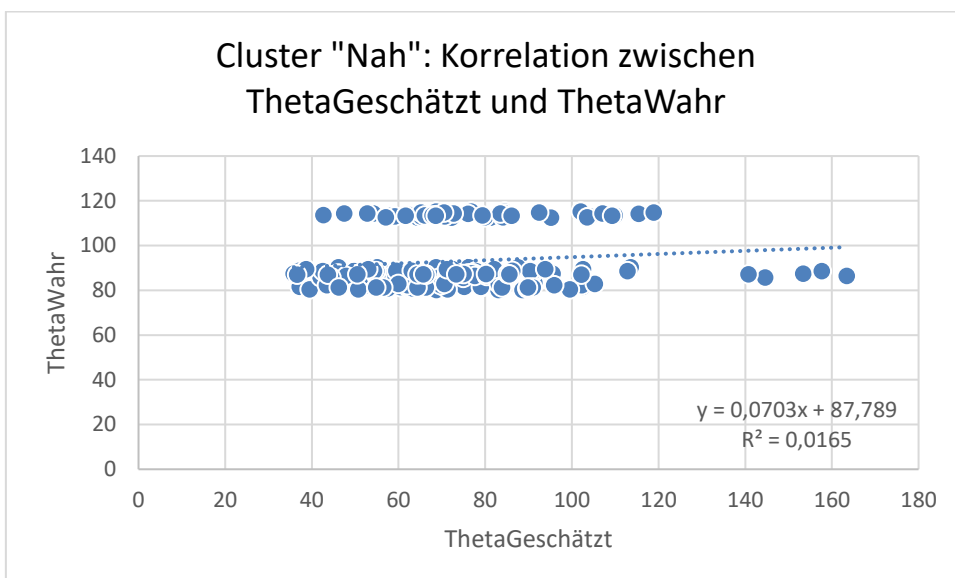


Abbildung 15: Regression im Cluster „Nah“ (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

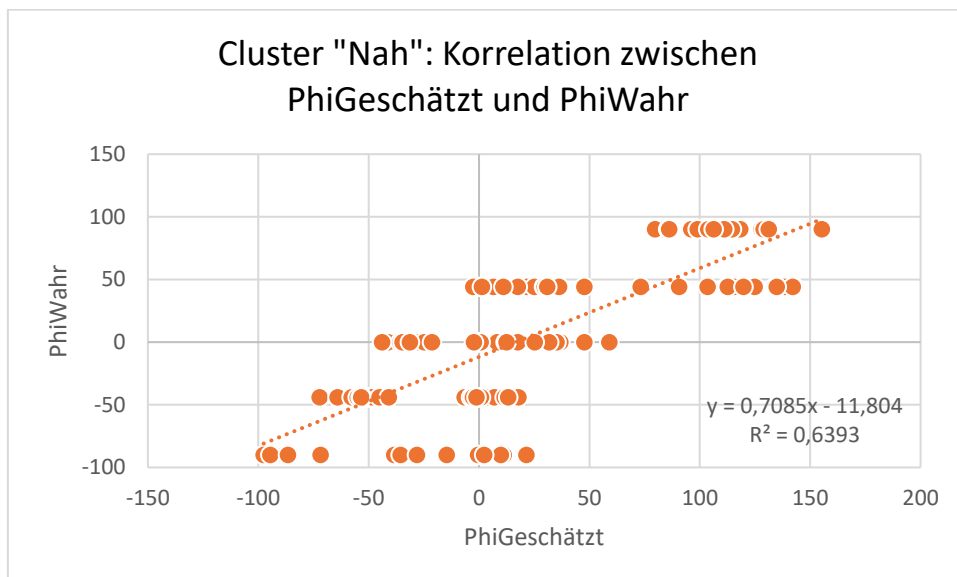


Abbildung 16: Regression im Cluster „Nah“ (Phi)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

4.3.5 Regression: Clustering nach Körperausrichtung

Beim Clustering der Daten nach Körperausrichtung wird zuerst das Cluster „Seitlich“ betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 17. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 6.1 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 6.2 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,04 jedoch auch in diesem Cluster sehr niedrig und die Parameter α und β weichen noch immer sehr stark von den idealen Werten 0 und 1 ab. Demnach kann zwar ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, jedoch ist in diesem Zusammenhang keine Übereinstimmung mit dem Modell erkennbar.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 18. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 6.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 6.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,73 relativ hoch, die Parameter α und β weichen jedoch stark vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der nur eine geringe Übereinstimmung mit dem beschriebenen Modell erkennen lässt.

Als nächstes wird das Cluster „Abgewandt“ betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 19. Die Berechnungen zeigen, dass der

Regressionskoeffizient β nicht signifikant ist. Die Hypothese H 7.1 kann also nicht abgelehnt werden. Es kann keine Aussage über die Abhängigkeit der Variablen getroffen werden.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 20. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 7.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 7.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,74 relativ hoch, der Parameter α weicht nur sehr leicht vom Ideal ab, jedoch weicht der Parameter β deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der nur eine geringe Übereinstimmung mit dem Modell erkennen lässt.

Zuletzt wird das Cluster „Zugewandt“ betrachtet. Für Theta ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 21. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 8.1 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 8.2 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,03 jedoch auch in diesem Cluster sehr niedrig und die Parameter α und β weichen noch immer sehr stark von den idealen Werten 0 und 1 ab. Demnach kann zwar ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, jedoch ist in diesem Zusammenhang keine Übereinstimmung mit dem Modell erkennbar.

Für Phi ergibt sich die Regressionsgerade in Abbildung 22. Die Berechnungen zeigen, dass das Regressionsmodell einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag leistet und dass der Regressionskoeffizient β ebenfalls signifikant ist. Die Hypothese H 8.3 kann also abgelehnt werden und die Alternativhypothese H 8.4 kann angenommen werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,8 relativ hoch, die Parameter α und β weichen deutlich vom Ideal ab. Demnach kann ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden, der eine mittlere Übereinstimmung mit dem Modell erkennen lässt.

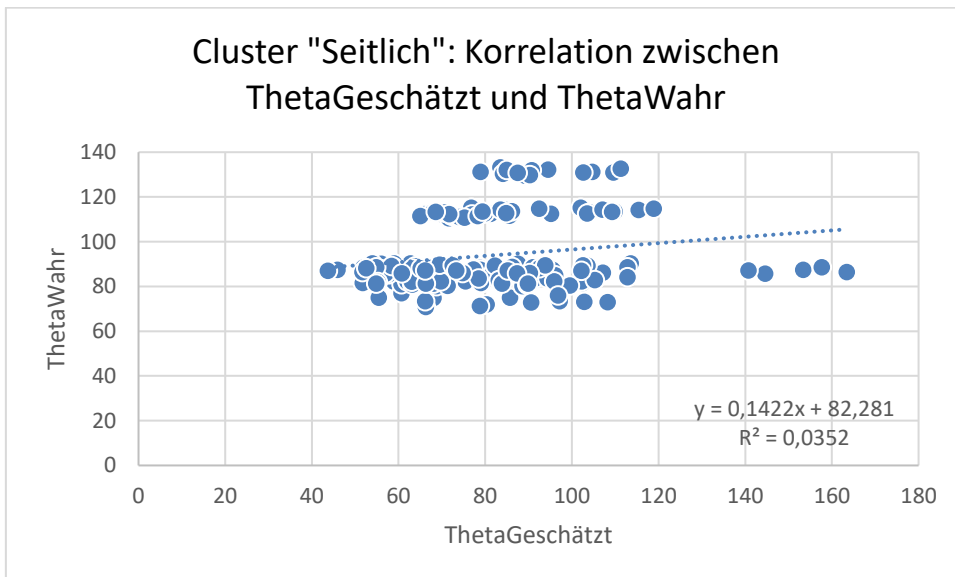


Abbildung 17: Regression im Cluster „Seitlich“ (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

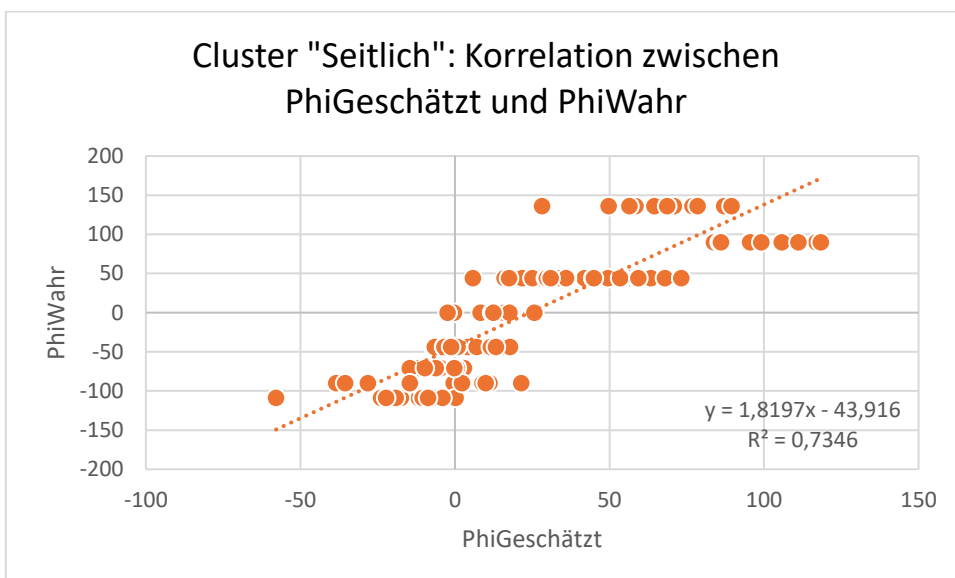


Abbildung 18: Regression im Cluster „Seitlich“ (Phi)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

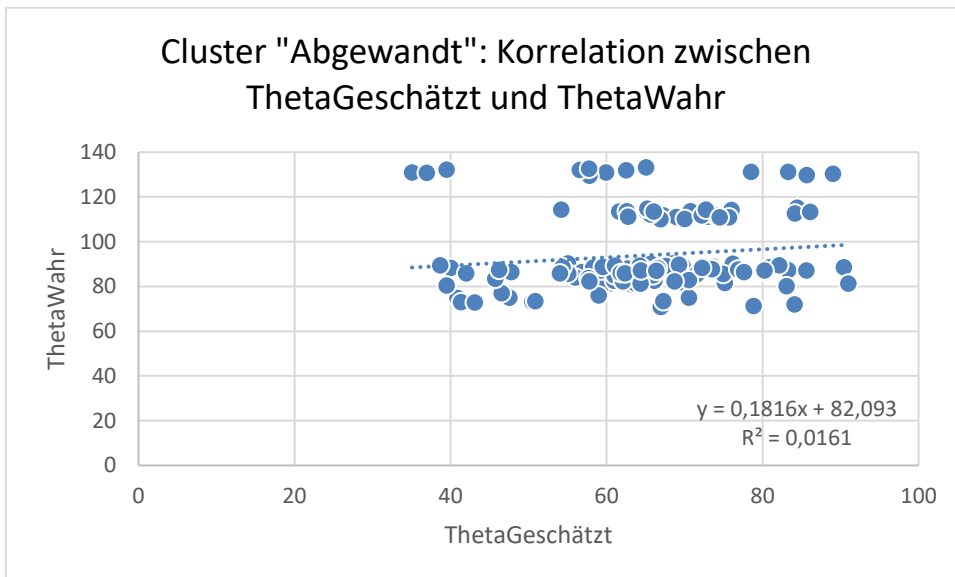


Abbildung 19: Regression im Cluster „Abgewandt“ (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

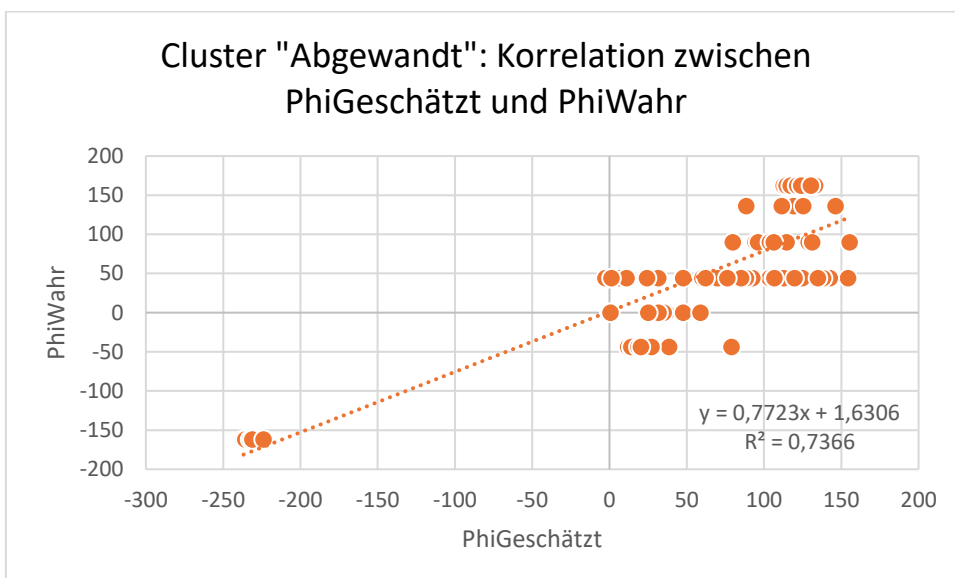


Abbildung 20: Regression im Cluster „Abgewandt“ (Phi)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

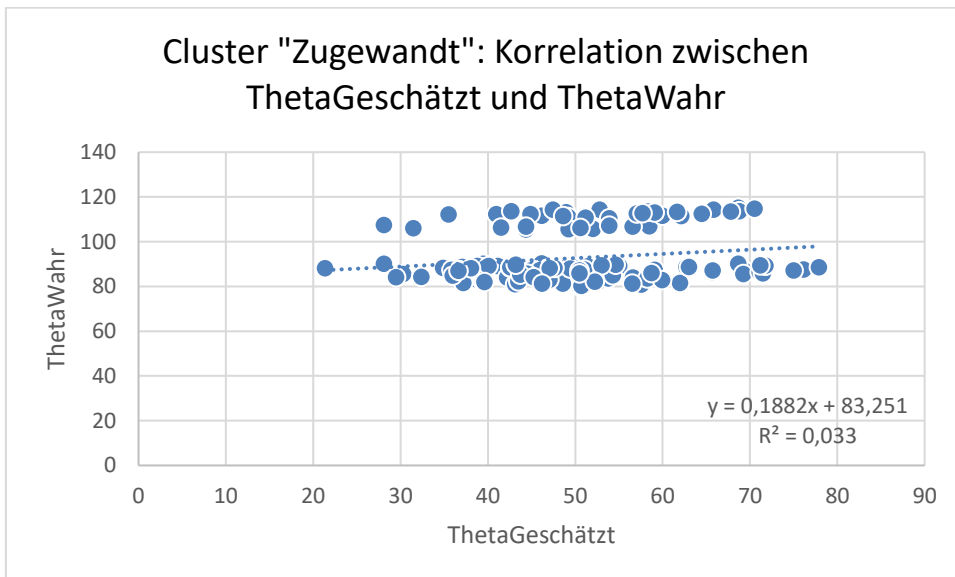


Abbildung 21: Regression im Cluster „Zugewandt“ (Theta)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

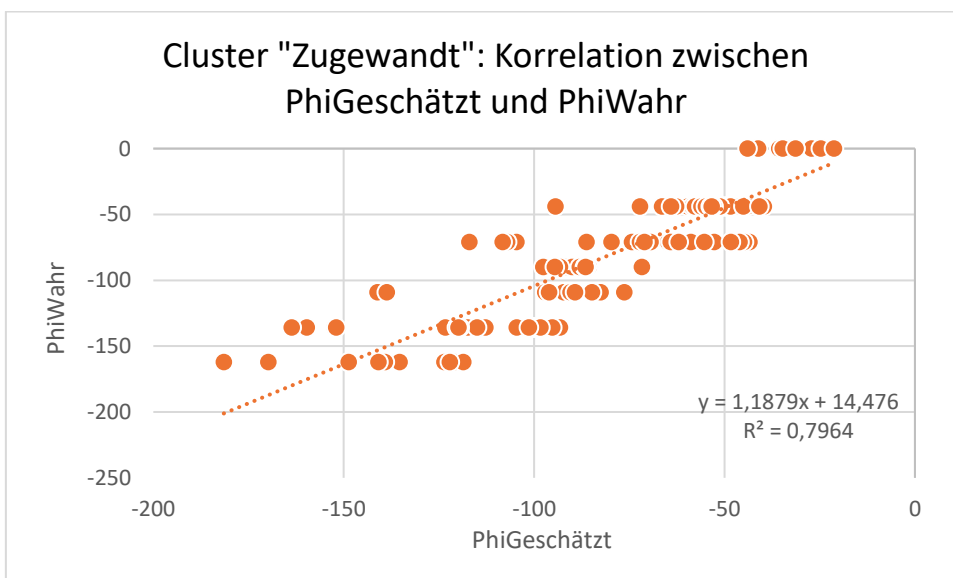


Abbildung 22: Regression im Cluster „Zugewandt“ (Phi)
(Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

4.4 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zeigen zunächst, dass die geschätzten und die wahren Blickrichtungen bei der Betrachtung aller Messpunkte teilweise sehr weit auseinander liegen. Im Mittel weichen die Richtungen bei Verwendung eines Winkelfaktors von 1,8 um ca. 52 Grad voneinander ab. Zwar ist die wahre Richtung bezogen auf die Winkel Theta und Phi durchaus linear abhängig von der geschätzten

Richtung, jedoch gibt es extreme Unterschiede zwischen den beiden Winkeln. Während Theta, also der Winkel, der die Richtung von der Z-Achse aus misst, eine sehr schwache Korrelation zwischen den wahren und den geschätzten Werten aufweist, weist Phi, also der Winkel, der die Richtung von der X-Achse aus bestimmt, eine hohe Korrelation auf. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass das Schätzverfahren für Blickrichtungen zur Seite besser funktioniert als für Blickrichtungen nach oben oder unten. Abschließend lässt sich dies mit den erhobenen Daten jedoch nicht beurteilen, da der Versuchsaufbau nur drei relativ nah beieinander liegende Winkelbereiche für Theta vorsah, welche typische Blickrichtungen in Innenräumen darstellen. Für eine genauere Aussage müsste ein erweiterter Experimentaufbau gewählt werden. Beim Winkel Phi sind die Ergebnisse aussagekräftiger, da hier im Experiment das volle Winkelspektrum abgedeckt wurde. Die hohe Korrelation zwischen Φ_W und Φ_G wird jedoch stark relativiert, wenn die teils extreme Streuung der Werte berücksichtigt wird. Aggregiert kann sie durch das Bestimmtheitsmaß der Regression aufgezeigt werden. Dieses erreicht mit 0,765 insgesamt einen relativ guten Wert, zeigt aber schon, dass die Schätzung des Winkels nicht zuverlässig nah an dem wahren Wert liegt. Wenn man sich einzelne Bereiche anschaut, wird die Aussagekraft noch weiter relativiert. Einem Φ_W von ca. 50 Grad standen im Experiment bspw. geschätzte Werte von 0 bis 150 Grad gegenüber, was für eine zuverlässige Aussage eine zu extreme Spanne darstellt. Eine mögliche Erklärung der hohen Streuung könnte darin liegen, dass verschiedene Probanden auch ein unterschiedliches Blickverhalten aufweisen und daher andere Positionen für denselben Blick einnehmen als andere Probanden. Eine andere Möglichkeit wäre jedoch, dass die Körperpositionsdaten der Kamera diese Streuung durch die Ungenauigkeit ihrer Messung verursacht. Anhand der Daten kann der Grund jedoch nicht herausgearbeitet werden.

Auch bei der Aufteilung der Messungen in Cluster kann keine erhebliche Verbesserung der Aussagekraft festgestellt werden. Die Ergebnisse für Theta haben in einigen Clustern wegen mangelnder Signifikanz keine Aussagekraft jedoch weisen sie auch in den übrigen Fällen nur eine sehr schwache Korrelation zwischen Θ_W und Θ_G auf. Hier gilt dieselbe Einschränkung wie schon in der Betrachtung ohne Clustering, dass im Experiment nur ein kleines Winkelspektrum betrachtet wurde. Beim Winkel Phi zeigt sich, dass in einigen Clustern eine bessere Korrelation erreicht werden kann und die Streuung sich im Vergleich zu den Werten ohne Clustering reduziert. In allen Clustergruppen gibt es ein Cluster, das zu Lasten der anderen Cluster der Gruppe bessere Werte aufweist. Für eine zuverlässige Schätzung reichen die Ergebniswerte aufgrund der Streuung der Werte jedoch auch hier nicht aus. So lassen die Ergebnisse der Clusteranalyse die Aussagen zu, dass das Verfahren im Vergleich zu den Ergebnissen ohne Clustering besser funktioniert wenn die Blickrichtungen der Probanden nur

moderat im Verhältnis zur Körperausrichtung sind (<90 Grad), wenn die Probanden nicht zu nah vor der Kamera stehen und wenn die Probanden der Kamera zugewandt stehen. Die bessere Aussagekraft im Cluster „Moderat“ ließe sich durch die Vermutung erklären, dass bei einer extremen Blickrichtung keine natürliche Körperposition eingenommen werden kann. Die besseren Ergebnisse des Clusters „Zugewandt“ ließen sich dadurch erklären, dass bei abgewandten und seitlichen Positionen manche Körperpunkte nicht für die Kamera sichtbar waren. Die besseren Ergebnisse des Clusters „Entfernt“ scheinen jedoch keine naheliegende Erklärung zu haben und sollten in weiteren Untersuchungen analysiert werden. Insbesondere sollten noch weitere Entfernungen in Betracht gezogen werden, um eine optimale Distanz zu ermitteln. Eine mögliche Erklärung der Unterschiede wäre die Reduzierung der Messpunktzahl in der näheren Position. Die geringere Genauigkeit könnte also auch zufällig sein.

Es konnte anhand der erhobenen Daten demnach gezeigt werden, dass das Schätzverfahren zumindest bei der Betrachtung der Blickrichtung in der Horizontalen (Φ) grundsätzlich anwendbar ist, bei der Betrachtung der Blickrichtung in der Vertikalen (Θ) jedoch keine konkreten Aussagen getroffen werden können. Bei einem Einsatz des Verfahrens sollte unterschieden werden zwischen moderaten und extremen Blickrichtungen, zwischen entfernten und nahen Positionen, sowie zwischen zugewandten und abgewandten Positionen, da sie einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Aussagekraft der Schätzung haben. Die beste Schätzung ist im Mittel bei Personen zu erwarten, die der Kamera zugewandt stehen, eine noch zu bestimmende Mindestentfernung zur Kamera einhalten und eine moderate Blickrichtung haben. Trotz der grundsätzlichen Anwendbarkeit bei der horizontalen Blickrichtung kann der Einsatz des Verfahrens aufgrund der hohen Streuung der Werte selbst in den geeigneteren Clustern nicht empfohlen werden. Insbesondere der Einsatz zum Zweck der Feststellung von Blickrichtungen vor Wandbildschirmen kann nicht empfohlen werden, da die Schätzungen aufgrund der hohen Ungenauigkeit in vielen Fällen nicht einmal eine Aussage darüber zulassen würden, ob der Bildschirm überhaupt angeschaut wird. Die Analyse der Nutzerinteraktion mit den einzelnen Bildschirminhalten erscheint daher unmöglich.

4.5 Einschränkung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zeigen, dass das Schätzverfahren zwar teilweise anwendbar ist, jedoch vor allem aufgrund der hohen Streuung der Werte nicht empfohlen werden kann. Die Auswertungen lassen jedoch keine Aussage darüber zu, aus welchem Grund das Verfahren insgesamt schlecht abschneidet. Daher müssen die Ergebnisse in einigen Punkten relativiert werden, die in diesem Abschnitt kurz angesprochen werden sollen.

Zum einen ist die Probandenzahl sehr klein, was die Repräsentativität stark einschränkt. Auch wurden keine Personenmerkmale abgesehen von der Augenhöhe der Probanden erhoben. So wäre es denkbar, dass ganze Gruppen von Personen nicht berücksichtigt werden konnten. Personen mit Krankheiten oder anderen körperlichen Einschränkungen könnten einen Einfluss auf die Aussagekraft haben, der in den Daten nicht enthalten sein könnte. Ebenso könnte das Alter oder das Geschlecht einen Einfluss haben, der nicht berücksichtigt wurde.

Als weiterer wichtiger Punkt ist die Zuverlässigkeit der Positionsdaten der Kamera und der Probanden zu nennen. Es wäre möglich, dass die Positionsdaten der Kamera die hohe Streuung verursachen und nicht das eigentliche Verfahren zur Schätzung der Blickrichtung. Möglicherweise wäre das Verfahren besser anwendbar wenn die Zuverlässigkeit der Körperpunktpositionen erhöht werden könnte. Auch die wahren Blickrichtungen konnten im Experiment nur mit einer relativ ungenauen Referenzmessung bestimmt werden, die bereits zuvor beschrieben wurde. Demnach könnte ein Teil der Streuung auch auf die Ungenauigkeit der Referenzmessung zurückzuführen sein.

Eine weitere Einschränkung ergibt sich aus dem Versuchsaufbau. Es wurden nur statische Positionen und natürliche Körperhaltungen betrachtet. Über die Blickrichtung in Situationen, in denen eine der beiden Bedingungen nicht zutrifft, kann keine Aussage getroffen werden. Das betrifft insbesondere bewegte Personen und Personen mit besonderen Körper- und Kopfhaltungen.

Die Umgebungsbedingungen wurden während des Experiments zudem möglichst konstant gehalten. Die Ergebnisse lassen demnach keinen Rückschluss auf die Schätzgenauigkeit unter anderen Umgebungsbedingungen zu. Bspw. könnten die Beleuchtung oder auch starke Temperaturschwankungen einen Einfluss auf die Sensoren der Kamera haben.

Die Ergebnisse sollten nur unter Berücksichtigung aller dieser Einschränkungen betrachtet werden. Um alle möglichen Einflüsse zu untersuchen, müsste das Experiment erheblich ausgeweitet werden und sowohl bei der Bestimmung der Körperpunktpositionen als auch bei den Referenzmessungen sollte dabei auf genauere Verfahren zurückgegriffen werden. Die Untersuchungen zeigen also bislang lediglich, dass das getestete Verfahren unter den gegebenen Bedingungen und unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bei den Messungen und beim Einsatz der genannten Technik und Software weder insgesamt noch in den betrachteten bestimmten Situationen zuverlässig anwendbar ist. Eine Aussage über die Ursachen der verbleibenden Schätzgenauigkeit und insbesondere der hohen Streuung der Werte kann damit nicht getroffen werden.

5 Fazit und Ausblick

Zu Beginn dieser Arbeit wurde die Relevanz von technischen Evaluierungsmöglichkeiten bei der Darstellung von Informationen auf öffentlichen Bildschirmen aufgezeigt. Eine solche Evaluierung kann durch eine automatisierte Blickrichtungserkennung unterstützt werden. Lösungen, die die Blickrichtungserkennung mithilfe von Eye-Tracking-Verfahren bestimmen, erfordern einen großen technischen und finanziellen Aufwand und erfordern zudem die Möglichkeit, die Augen immer im Sichtfeld der Sensoren zu behalten. Daher kann es sinnvoll sein, ein Verfahren anzuwenden, das nur auf der Basis von Körperpositionsdaten die Blickrichtung bestimmen kann. Das wäre zwar ungenauer aber dafür einfacher und günstiger umzusetzen. Ein solches Verfahren muss vor seinem Einsatz auf seine Anwendbarkeit und Aussagekraft untersucht werden. Diese Arbeit hatte daher das Ziel, ein bereits im Projekt „CommunityMirrors“ angewandtes Verfahren zur Blickrichtungsabschätzung zu validieren. Dazu wurden zunächst Verfahren zur Abschätzung von Blickrichtungen unter der Nutzung von Eye-Tracking und Verfahren unter der Nutzung von Körperpositionsdaten abgegrenzt und der aktuelle Stand der Literatur zur letzteren Verfahrensweise beschrieben. Anschließend wurde ein Experiment erarbeitet, das in der Lage ist, eine Aussage über die grundsätzliche Anwendbarkeit des Verfahrens zu treffen. Außerdem sollten Indizien geliefert werden, in welchen Standardsituationen das Verfahren besser oder schlechter funktioniert. Aufbauend auf dem erarbeiteten Experimentdesign wurde das Experiment in einem kleinen Rahmen von dreizehn Probanden durchgeführt um die Daten daraus empirisch untersuchen zu können. Die Untersuchungen zeigen, dass das Verfahren nur teilweise überhaupt angewandt werden kann. Die Schätzung der vertikalen Blickrichtung weist nur eine geringe Übereinstimmung mit den wahren Blickrichtungen auf. Die horizontale geschätzte Blickrichtung weist dagegen im Mittel eine hohe Übereinstimmung auf. In beiden Fällen ist die Streuung der Werte jedoch so hoch, dass keine zuverlässige Schätzung der Blickrichtung möglich ist. Es konnte gezeigt werden, dass das Verfahren grundsätzlich besser geeignet ist, wenn eine Person der Kamera zugewandt steht und sie nur eine moderate Blickrichtung einnimmt. In den Situationen, in denen das Verfahren eine höhere Genauigkeit aufweist, ist zwar auch die Streuung reduziert, jedoch ist sie immer noch so erheblich, dass eine zuverlässige und genaue Schätzung der Blickrichtung nicht möglich ist. Der Einsatz des Verfahrens zur Evaluierung von Interaktionen mit Bildschirmen oder deren Inhalten kann demnach in dieser Konstellation nicht empfohlen werden.

Diese Arbeit kann jedoch keine Aussage über die Gründe der Ungenauigkeit liefern. Daher sollte in weiteren Experimenten untersucht werden, inwiefern die Ungenauigkeit der Ergebnisse von der Ungenauigkeit der Körperpositionsdaten beeinflusst wird und

inwieweit sie vom eigentlichen Schätzverfahren stammt. In diesem Kontext sollte das Experiment auch mit anderer Technik oder Software zur Erhebung der Körperpositionsdaten wiederholt werden und die Ergebnisse verglichen werden. Auch sollte die Probandenzahl in weiteren Untersuchungen erhöht werden und Personenmerkmale abgefragt werden, um mögliche Einflüsse von Merkmalen wie Alter, Geschlecht oder vorhandene Krankheiten bestimmen zu können. In weitergehenden Experimenten sollten zudem exaktere Referenzmessverfahren eingesetzt werden, um die Ungenauigkeit der Schätzung aufgrund der Messungenauigkeiten zu reduzieren. Zuletzt sollten sowohl die vorliegenden Daten als auch Daten aus weiteren Experimenten dahingehend untersucht werden, ob die Anwendung einer nicht linearen Interpolation zwischen der Körper- und der Kopfausrichtung im Modell zur Bestimmung der Blickrichtung eine höhere Aussagekraft der Schätzung bewirkt.

Literaturverzeichnis

- KIM, Jung-Hwa; JEONG, Jin-Woo. Gaze in the Dark: Gaze Estimation in a Low-Light Environment with Generative Adversarial Networks. *Sensors*, 2020, 20. Jg., Nr. 17, S. 4935.
- KRAHNSTOEVER, Nils; CHANG, Ming-Ching; GE, Weina. Gaze and body pose estimation from a distance. In: 2011 8th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS). IEEE, 2011. S. 11-16.
- NONAKA, Soma; NOBUHARA, Shohei; NISHINO, Ko. Dynamic 3d gaze from afar: Deep gaze estimation from temporal eye-head-body coordination. In: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2022. S. 2192-2201.
- SANTINI, Thiago; NIEHORSTER, Diederick C.; KASNECI, Enkelejda. Get a grip: Slippage-robust and glint-free gaze estimation for real-time pervasive head-mounted eye tracking. In: Proceedings of the 11th ACM symposium on eye tracking research & applications. 2019. S. 1-10.
- TONSEN, Marc, et al. Invisibleeye: Mobile eye tracking using multiple low-resolution cameras and learning-based gaze estimation. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2017, 1. Jg., Nr. 3, S. 1-21.
- WANG, Kang; JI, Qiang. Real time eye gaze tracking with kinect. In: 2016 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR). IEEE, 2016. S. 2752-2757.
- YAMAZOE, Hirotake. Indirect gaze estimation from body movements based on relationship between gaze and body movements. In: Proceedings of the 2023 Symposium on Eye Tracking Research and Applications. 2023. S. 1-2.
- ZHANG, Xucong, et al. Appearance-based gaze estimation in the wild. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2015. S. 4511-4520.

STEREOLABS INC.. ZED 2i Camera and SDK Overview. <https://cdn2.stereolabs.com/assets/datasheets/ZED%202i%20Datasheet%20Jan2023.pdf>. 2022.
Letzter Zugriff: 10.06.2023

STEREOLABS INC. Body Tracking Overview. <https://www.stereolabs.com/docs/body-tracking/#how-it-works>. 2023
Letzter Zugriff: 10.06.2023

COMMUNITYMIRRORS. CommunityMirrors – Grundarchitektur und Wording. <https://publicwiki.unibw.de/display/MCI/CommunityMirror+-+Grundarchitektur+und+Wording>. 2022
Letzter Zugriff: 10.06.2023

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig 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 keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Neubiberg, 12.06.2023

Maximilian Römpler

Anhang

Übersicht

- Anhang 1: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 1
- Anhang 2: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 1
- Anhang 3: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 2
- Anhang 4: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 2
- Anhang 5: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 3
- Anhang 6: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 3
- Anhang 7: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 4
- Anhang 8: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 4
- Anhang 9: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 5
- Anhang 10: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 5
- Anhang 11: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 6
- Anhang 12: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 6
- Anhang 13: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 7
- Anhang 14: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 7
- Anhang 15: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 8
- Anhang 16: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 8
- Anhang 17: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 9
- Anhang 18: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 9
- Anhang 19: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 10
- Anhang 20: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 10
- Anhang 21: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 11
- Anhang 22: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 11
- Anhang 23: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 12
- Anhang 24: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 12
- Anhang 25: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 13
- Anhang 26: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 13

Anhang 1: Aufbereitete Experimentdaten – Körperdatenpunkte Proband 1

Messpunkt	Körperpunkte									Punkt 2			Punkt 4			Punkt 11			Punkt 26			Punkt 28			Punkt 30											
	Punkt 2			Punkt 4			Punkt 11			Punkt 26			Punkt 28			Punkt 30			Punkt 2			Punkt 4			Punkt 11			Punkt 26			Punkt 28			Punkt 30		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z			
1	1,2706344	3,1058954	-0,541646	1,263552	3,1513295	-0,723682	1,258982	3,0530031	-0,72142	1,3297823	3,087974	-0,848112	1,3057089	3,110767	-0,925793	1,3016352	3,0586483	-0,922174																		
2	1,2767863	3,0906778	-0,540972	1,2579721	3,1315432	-0,7233	1,27497	3,0346703	-0,720178	1,3570212	3,1274989	-0,845151	1,3374955	3,1281328	-0,936604	1,3734999	3,0838559	-0,926197																		
3	1,2600003	3,0779991	-0,525849	1,2556316	3,1205957	-0,70829	1,2489003	3,0226379	-0,704539	1,3363876	3,0545328	-0,836591	1,3165757	3,0781853	-0,922787	1,3118261	3,0217408	-0,918469																		
4	1,2637169	3,0513961	-0,540015	1,2460714	3,090389	-0,722001	1,2655238	2,9944117	-0,718063	1,3672613	3,0963456	-0,843834	1,3584578	3,0833405	-0,946106	1,399948	3,0482664	-0,928572																		
5	1,2799782	3,1082902	-0,542864	1,275565	3,1554447	-0,724446	1,2790026	3,0571391	-0,723376	1,369398	3,0984238	-0,857037	1,3489173	3,1221906	-0,946904	1,3492988	3,06328	-0,943179																		
6	1,2750434	3,0362168	-0,524949	1,2406001	3,0650305	-0,707907	1,3055364	2,990705	-0,70519	1,3370161	3,0983958	-0,825119	1,3205768	3,0899564	-0,912772	1,3685918	3,0648508	-0,901777																		
7	1,2642025	3,0996568	-0,538462	1,253754	3,1455561	-0,721727	1,2564487	3,0464082	-0,719847	1,3302283	3,0861857	-0,854177	1,3036963	3,1089279	-0,937233	1,3030088	3,0531598	-0,933491																		
8	1,3919394	3,0930787	-0,520649	1,3437592	3,1098823	-0,703157	1,4420472	3,0956625	-0,70343	1,3649835	3,1367642	-0,857822	1,3427302	3,0795135	-0,929537	1,3986471	3,0958363	-0,93595																		
9	1,3857496	3,115578	-0,536203	1,3343726	3,1288642	-0,720556	1,4349366	3,1320698	-0,72091	1,386517	3,1880748	-0,866703	1,3629029	3,1482141	-0,946442	1,4199778	3,1514542	-0,944476																		
10	1,3702355	3,126946	-0,535882	1,3249108	3,166456	-0,726087	1,4189263	3,1211647	-0,729428	1,425171	3,1829454	-0,855876	1,3890866	3,181628	-0,932441	1,4237599	3,1422912	-0,930165																		
11	1,3894887	3,1070513	-0,518896	1,3302608	3,1009895	-0,706256	1,4324477	3,1140401	-0,710628	1,340685	3,1715898	-0,846445	1,3132353	3,1310308	-0,924967	1,3671425	3,1493669	-0,932317																		
12	1,3776626	3,0927492	-0,515518	1,3159657	3,0922974	-0,70261	1,4185397	3,1036216	-0,707925	1,3188906	3,1724669	-0,836834	1,2888431	3,1373715	-0,917835	1,3423817	3,1578196	-0,925589																		
13	1,4113851	3,1010427	-0,522917	1,3603444	3,0798527	-0,711466	1,4570148	3,115392	-0,713407	1,3642732	3,1502154	-0,850876	1,3493478	3,1051372	-0,928356	1,3981548	3,1329464	-0,933357																		
14	1,3928325	3,1163229	-0,519385	1,3437239	3,1231988	-0,710731	1,446815	3,1339919	-0,708711	1,3706964	3,1667658	-0,858078	1,3574892	3,1134435	-0,930901	1,4098076	3,1348121	-0,934036																		
15	1,3840439	3,0680921	-0,494868	1,3943203	3,0066667	-0,671941	1,3504975	3,0946489	-0,677646	1,3395311	3,0116198	-0,818543	1,392323	3,0086829	-0,890959	1,3592674	3,0532151	-0,895483																		
16	1,3777164	3,0487889	-0,490714	1,3920466	2,977178	-0,660284	1,3513819	3,0645672	-0,672539	1,3522489	2,9690345	-0,813447	1,4136543	2,9598818	-0,881866	1,380658	3,0052653	-0,893353																		
17	1,3693652	3,0689689	-0,4966	1,3802044	3,0038435	-0,667383	1,3397951	3,090518	-0,676013	1,3501176	3,0039048	-0,823126	1,4156974	3,0003889	-0,88585	1,382155	3,0458655	-0,899366																		
18	1,3883307	3,0815994	-0,499936	1,3991008	3,0210453	-0,672342	1,3605531	3,1087251	-0,678819	1,3075275	3,0360198	-0,819237	1,3462607	3,0199292	-0,905551	1,3238147	3,0750747	-0,905354																		
19	1,403319	3,0929753	-0,503423	1,4123036	3,02565	-0,677297	1,3780897	3,1168733	-0,686833	1,3137984	3,0390412	-0,820994	1,347242	3,0143547	-0,908003	1,329063	3,0712842	-0,910571																		
20	1,4101647	3,1114684	-0,511298	1,4238811	3,0542567	-0,688262	1,3915945	3,1464272	-0,693531	1,3333886	3,0907165	-0,834993	1,3690766	3,06993	-0,921013	1,3580476	3,1280699	-0,919237																		
21	1,3983008	3,0799616	-0,497138	1,4134146	3,0228944	-0,672835	1,3713535	3,1103265	-0,678016	1,3414405	3,0342393	-0,827823	1,3916994	3,0271645	-0,909627	1,361809	3,0788665	-0,910666																		
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																		
29	0,0515604	1,7945247	-0,514693	-0,001643	1,7994745	-0,686022	0,0917027	1,78793	-0,689498	-0,004175	1,8553731	-0,840582	-0,037647	1,8067103	-0,922468	0,0209875	1,8255363	-0,933677																		
30	0,0623441	1,7856844	-0,515535	0,008531	1,7897404	-0,687022	0,1022694	1,7803706	-0,690741	0,1102366	1,7882725	-0,84497	0,0749658	1,7448389	-0,92442	0,1248466	1,7154372	-0,907616																		
31	0,042806	1,7978071	-0,519794	-0,003888	1,8193229	-0,692542	0,0850788	1,7874571	-0,694696	0,113716	1,8748432	-0,83659	0,0807579	1,8757097	-0,934293	0,1294044	1,8343569	-0,930119																		
32	0,0594324	1,7995235	-0,509583	0,0073031	1,7926572	-0,682844	0,1016751	1,7930443	-0,685427	0,0492916	1,8763013	-0,828356	0,07214938	1,8480497	-0,919465	0,0829571	1,8527546	-0,91882																		
33	0,0591057	1,8063446	-0,494796	0,1105526	1,8209694	-0,674566	0,0126939	1,8113317	-0,676447	0,0917642	1,769043	-0,84022	0,112852	1,8259487	-0,921115	0,0565228	1,8090228	-0,927369																		
34	0,064899	1,8025087	-0,488834	0,1174644	1,8138979	-0,671314	0,0181563	1,8050357	-0,673206	0,1073784	1,7493859	-0,831159	0,136246	1,8000724	-0,915313	0,0760324	1,7814341	-0,923227																		
35	0,0796702	1,837547	-0,498419	0,1264138	1,8647094	-0,681038	0,0312098	1,8345462	-0,682584	0,1476959	1,8051895	-0,834433	0,1669664	1,8621929	-0,916444	0,1163874	1,8265477	-0,928823																		
36	0,0519062	1,8054257	-0,487234	0,1027611	1,8177403	-0,670638	0,0029609	1,811656	-0,671453	0,0519494	1,7636894	-0,840463	0,0814449	1,8150598	-0,925798	0,017052	1,813152	-0,924863																		

Anhang 2: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 1

Messpunkt	Geschatzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsachliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt		Zielobjekt		Blickrichtungsvektor		Blickrichtung Winkelkoordinaten					
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,8467	-0,1388	-0,5171	1,0000093	58,8607679	-9,297356424	1,38	3,215	-0,986	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,514	4,26715608	83,0816412	-70,9876217
2	0,50791	0,85823	-0,07401	1,00000439	85,7556773	59,38248435	1,38	3,215	-0,986	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,514	1,99102888	75,0392086	44,1574757
3	0,90463	-0,12524	-0,40739	1,00000355	65,959107	-7,882116316	1,38	3,215	-0,986	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,74	4,57952236	112,330727	-70,9876217
4	0,44682	0,89107	0,07965	0,99999899	94,5684526	63,36888658	1,38	3,215	-0,986	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,74	2,59376175	132,131955	44,1574757
5	0,92249	-0,04747	-0,38309	0,99999957	67,4747737	-2,945759599	1,38	3,215	-0,986	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,06	1,92099584	88,210144	-44,0504331
6	0,21825	0,95652	-0,19347	0,99999711	78,8446082	77,14681118	1,38	3,215	-0,986	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,06	1,92447395	88,2133798	135,842524
7	0,85995	-0,08493	-0,50326	0,99999887	59,784047	-5,640329488	1,38	3,215	-0,986	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,06	4,23651095	89,1885158	-109,012378
8	-0,66558	0,31811	-0,67514	1,00000236	47,555101	154,45481	1,38	3,215	-0,986	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,514	1,99102888	75,0392086	44,1574757
9	-0,09468	0,63532	-0,77147	1,00000008	39,5139281	93,12448464	1,38	3,215	-0,986	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,74	2,59376175	132,131955	44,1574757
10	0,847	0,18118	-0,49977	1,00000262	60,0153022	12,07405924	1,38	3,215	-0,986	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,06	1,92099584	88,210144	-44,0504331
11	-0,52345	0,66879	-0,52794	1,00000031	58,1336366	128,0496527	1,38	3,215	-0,986	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,514	4,38171154	83,2633643	162,064711
12	-0,59812	0,70246	-0,38576	1,00000418	67,3091701	130,413227	1,38	3,215	-0,986	-2,76	4,555	0,754	1,38	-4,14	1,74	4,68644855	111,794782	162,064711
13	-0,58324	0,56442	-0,58417	0,99999671	54,2554884	135,9394855	1,38	3,215	-0,986	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,06	4,35033619	89,2097494	-162,127369
14	-0,53493	0,35752	-0,76552	0,99999576	40,0464354	146,2432472	1,38	3,215	-0,986	2,76	1,88	-1,046	1,38	1,34	-0,06	1,92447395	88,2133798	135,842524
15	-0,28396	-0,55684	-0,78057	0,9999968	38,686977	-117,0197625	1,38	3,215	-0,986	0	4,555	-1,046	1,38	-4,005	-0,514	4,26715608	83,0816412	-70,9876217
16	-0,16535	-0,6344	-0,75511	0,99999755	40,9648559	-104,6085569	1,38	3,215	-0,986	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,74	4,57952236	112,330727	-70,9876217
17	-0,04401	-0,57043	-0,82017	1,00000305	34,8984352	-94,41176273	1,38	3,215	-0,986	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,06	1,92099584	88,210144	-44,0504331
18	-0,73855	-0,27303	-0,61644	0,99999988	51,9433666	-159,7114613	1,38	3,215	-0,986	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-0,514	5,78306329	84,9008091	-135,949567
19	-0,81813	-0,2398	-0,52265	1,00000188	58,4898993	-163,6637458	1,38	3,215	-0,986	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	1,74	6,01724397	106,808208	-135,949567
20	-0,80722	0,02116	-0,58987	0,99999925	53,8521849	178,4984253	1,38	3,215	-0,986	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,06	4,35033619	89,2097494	-162,127369
21	-0,51224	-0,41291	-0,75307	0,99999946	41,1429491	-141,1281644	1,38	3,215	-0,986	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,06	4,23651095	89,1885158	-109,012378
22	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,514	3,87436395	82,3762683	-44,0504331
23	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,514	3,87781137	82,3830861	44,1040029
24	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,74	4,21593406	114,375811	-44,0504331
25	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,74	4,21910239	114,356317	44,1040029
26	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,06	2,7606521	88,7546357	0
27	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	0	4,555	-1,046	2,76	0	-0,06	2,67567281	88,7150765	90
28	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,986	0	-0,79	-1,046	2,76	-2,67	-0,06	2,67067407	88,7126711	-90
29	-0,72174	0,5506	-0,41944	0,99999945	65,2007481	142,660765	0	1,88	-0,986	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,514	3,87781137	82,3830861	44,1040029
30	0,81108	-0,00946	-0,58486	1,00000074	54,2069303	-0,668236793	0	1,88	-0,986	2,76	4,555	0,754	2,76	-2,67	1,74	4,21593406	114,375811	-44,0504331
31	0,84547	0,45581	-0,27824	0,99999989	73,8448077	28,33000607	0	1,88	-0,986	2,76	4,555	-1,046	2,76	2,675	1,74	4,21910239	114,356317	44,1040029
32	-0,23044	0,86378	-0,4481	1,00000605	63,3783265	104,9373272	0	1,88	-0,986	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,06	2,7606521	88,7546357	0
33	0,42711	-0,53239	-0,73085	1,00000189	43,0424162	-51,26166294	0	1,88	-0,986	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,514	3,87436395	82,3762683	-44,0504331
34	0,50845	-0,61293	-0,60481	0,99999986	52,7848231	-50,32293319	0	1,88	-0,986	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,74	4,21593406	114,375811	-44,0504331
35	0,79108	-0,4052	-0,45827	1,000003	62,7245586	-27,12203109	0	1,88	-0,986	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,06	2,6706521	88,7546357	0
36	-0,02963	-0,60236	-0,79767	0,99999647	37,0915561	-92,81610113	0	1,88	-0,986	0	-0,79	-1,046	2,76	-2,67	-0,06	2,67067407	88,7126711	-90

Anhang 4: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 2

Messpunkt	Geschätzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt			Zielobjekt			Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten		
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,84469	-0,145	-0,51525	1,00000438	58,9859841	-9,740493288	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-0,916	2,76	-0,79	-1,5	4,27615259	82,1505058	-70,9876217	
2	0,36509	0,90398	0,22253	0,99999507	102,85774	68,00771733	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-0,916	2,76	4,555	-1,5	2,0102378	73,1113353	44,1574757	
3	0,91754	-0,22146	-0,33028	1,00000453	70,7143196	-13,5695391	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-0,916	2,76	-0,79	0,754	4,5533861	111,515938	-70,9876217	
4	0,70495	0,62465	0,33594	0,9999989	109,629731	41,5438707	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-0,916	2,76	4,555	0,754	2,54733194	130,964243	44,1574757	
5	0,92715	-0,01738	-0,37428	0,99999735	68,0201193	-1,073919033	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	1,92445447	86,1266281	-44,0504331	
6	0,18208	0,93808	0,2947	0,99999765	107,13959	79,0155478	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	0	4,555	-1,046	1,92792635	86,133614	135,942524	
7	0,78404	-0,16216	-0,59915	0,99999765	53,1908543	-11,68550276	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	0	-0,79	-1,046	4,23808034	88,242183	-109,012378	
8	0,30312	0,70949	-0,6362	1,00000412	50,4911514	66,86605966	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	4,555	-1,5	2,0102378	73,1113353	44,1574757	
9	0,76681	0,40178	-0,50058	1,00000254	59,9617043	27,65287121	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	2,54733194	130,964243	44,1574757	
10	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	1,92445447	86,1266281	-44,0504331	
11	-0,51504	0,70844	-0,48254	0,99999914	61,1485477	126,0173697	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,5	-2,76	4,555	-1,5	4,39047332	82,3561317	162,064711	
12	-0,4973	0,78989	-0,35884	0,99999982	68,9710226	122,1937523	1,38	3,215	-0,916	-0,916	0,754	-2,76	4,555	0,754	4,66091193	110,995767	162,064711	
13	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	-2,76	1,88	-1,046	4,35186454	88,2881913	-162,127369	
14	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	0	4,555	-1,046	1,92792635	86,133614	135,942524	
15	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	-0,79	-1,5	4,27615259	82,1505058	-70,9876217	
16	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	0,754	2,76	-0,79	0,754	4,5533861	111,515938	-70,9876217	
17	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	1,92445447	86,1266281	-44,0504331	
18	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,5	-2,76	-0,79	-1,5	5,78970474	84,2108036	-135,949567	
19	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	0,754	-2,76	-0,79	0,754	5,99737651	106,168021	-135,949567	
20	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	-2,76	1,88	-1,046	4,35186454	88,2881913	-162,127369	
21	-	-	-	-	-	-	1,38	3,215	-0,916	-0,916	-1,046	0	-0,79	-1,046	4,23808034	88,242183	-109,012378	
22	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	-2,67	-2,67	3,88427033	81,3527906	-44,0504331	
23	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	4,555	-1,5	3,88770897	81,3604974	44,1040029	
24	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	0,754	2,76	-0,79	0,754	4,1875291	113,503382	-44,0504331	
25	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	0,754	2,76	4,555	0,754	4,19071891	113,484418	44,1040029	
26	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	2,7630599	87,3032788	0	
27	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	0	4,555	-1,046	2,67815702	87,217212	90	
28	-	-	-	-	-	-	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	0	-0,79	-1,046	2,67316292	87,2125192	-90	
29	-0,48145	0,7245	-0,49325	0,99999496	60,4454168	123,6051214	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	4,555	-1,5	3,88770897	81,3604974	44,1040029	
30	0,87143	0,12067	-0,47545	1,00000021	61,6114114	7,883814214	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	4,555	-1,5	4,19071891	113,484418	44,1040029	
31	0,83165	0,407	-0,37777	1,00000045	67,8043909	26,07659733	0	1,88	-0,916	-0,916	0,754	2,76	4,555	0,754	4,19071891	113,484418	44,1040029	
32	-0,07912	0,99001	-0,11674	1,0000004	83,2960312	94,5627475	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	2,7630599	87,3032788	0	
33	0,43328	-0,58065	-0,68929	1,00000334	46,4262497	-53,26976532	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	-0,79	-1,046	2,67815702	87,217212	90	
34	0,51306	-0,67962	-0,5243	1,00000022	58,378946	-52,95004688	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,5	2,76	-0,79	-1,5	3,88427033	81,3527906	-44,0504331	
35	0,79852	-0,4873	-0,35343	1,00000412	69,3028359	-31,39379506	0	1,88	-0,916	-0,916	0,754	2,76	-0,79	0,754	4,1875291	113,503382	-44,0504331	
36	-0,01869	-0,59787	-0,80137	0,99999586	36,738555	-91,7905389	0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	2,76	1,88	-1,046	2,7630599	87,3032788	0	
							0	1,88	-0,916	-0,916	-1,046	0	-0,79	-1,046	2,67316292	87,2125192	-90	

Anhang 10: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 5

Messpunkt	Geschatzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsachliche Blickrichtungen						
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt		Zielobjekt		Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten					
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi	
1	0,90323	-0,07052	-0,42333	1,0000029	64,955074	-4,464331675	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,524	4,26837217	82,9483852	-70,9876217
2	0,60275	0,7054	-0,37297	1,00000167	68,1011366	49,48678257	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,524	1,99363387	74,7615557	44,1574757
3	0,97193	-0,06433	-0,2263	0,9999898	76,9206518	-3,786763705	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,73	4,57573218	112,214901	-70,9876217
4	0,96078	0,27701	0,0131	1,00000218	90,7505945	16,08321442	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,73	2,58706397	131,967712	44,1574757
5	0,94889	-0,0087	-0,31547	0,99999462	71,610708	-0,525307796	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,07	1,92133417	87,9120798	-44,0504331
6	0,42927	0,9013	0,05819	1,00000025	93,335925	64,53253418	1,38	3,215	-0,976	-0,976	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,07	1,92481168	87,9158537	133,842524
7	0,88332	-0,16235	-0,43976	1,0000003	63,9114393	-10,4144597	1,38	3,215	-0,976	-0,976	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,07	4,23666437	89,0532913	-109,012378
8	-0,01419	0,65466	-0,75579	0,9999998	40,9055405	91,24171298	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,524	1,99363387	74,7615557	44,1574757
9	0,44036	0,77009	-0,46157	1,0000012	62,5115726	60,23781478	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,73	2,58706397	131,967712	44,1574757
10	0,84915	0,2955	-0,43775	1,00000052	64,0396043	19,18764382	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,07	1,92133417	87,9120798	-44,0504331
11	-0,54175	0,72007	-0,4336	1,00000141	64,3037959	126,9562444	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,524	4,38289585	83,1335409	162,064711
12	-0,58499	0,76257	-0,27616	0,99999533	73,9687685	127,4928801	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,73	4,68274492	111,681173	162,064711
13	-0,62684	0,69798	-0,34625	0,99999676	69,7418125	131,9262912	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,07	4,35048561	89,0780621	-162,127369
14	-0,45034	0,80093	-0,39459	0,99999812	66,759548	119,3478011	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,07	1,92481168	87,9158537	133,842524
15	-0,18568	-0,60615	-0,77337	0,99999802	39,3423777	-107,0312311	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,524	4,26837217	82,9483852	-70,9876217
16	-0,18152	-0,55179	-0,81399	1,00000072	35,5124401	-108,2094338	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,73	4,57573218	112,214901	-70,9876217
17	0,29319	-0,66684	-0,6851	0,99998989	46,7564733	-66,26631534	1,38	3,215	-0,976	-0,976	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,07	1,92133417	87,9120798	-44,0504331
18	-0,68213	-0,35733	-0,63798	1,00000227	50,3587503	-152,3524553	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-0,524	5,78396067	84,8021414	-133,949567
19	-0,73648	-0,39247	-0,55096	0,99999621	56,5669586	-151,9468581	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	-0,07	6,0143599	106,717013	-133,949567
20	-0,8064	-0,146	-0,57306	0,99999736	55,0360086	-169,7376764	1,38	3,215	-0,976	-0,976	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,07	4,35048561	89,0780621	-162,127369
21	-0,58752	-0,51623	-0,62316	1,00000077	51,4527719	-138,6955382	1,38	3,215	-0,976	-0,976	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,07	4,23666437	89,0532913	-109,012378
22	0,94266	0,08844	-0,32181	0,99999559	71,2274928	5,359779016	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,524	3,87570329	82,2297416	-44,0504331
23	0,89771	0,38584	0,21271	1,00000065	102,281205	23,25826165	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,524	3,87914952	82,2366873	44,1040029
24	0,98519	0,14322	-0,09426	0,99999813	84,59126	8,271315892	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,73	4,21498814	114,232482	-44,0504331
25	0,81147	0,39639	0,42942	1,00000506	115,43062	26,03476264	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,73	4,21498814	114,232482	44,1040029
26	0,96959	0,244	0,01869	0,99999504	91,0709258	14,12533458	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,07	2,76088754	88,5471576	0
27	-0,08582	0,91734	0,38873	0,99999438	112,875635	95,34464154	0	1,88	-0,976	-0,976	0	4,555	-1,046	2,76	0	-0,07	2,67591573	88,5010133	90
28	0,85629	-0,00536	-0,51647	1,00000128	58,9042816	-0,358641777	0	1,88	-0,976	-0,976	0	-0,79	-1,046	2,76	-2,67	-0,07	2,67091745	88,4982075	-90
29	-0,21055	0,86961	-0,4466	1,00000221	63,4743113	103,6105312	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,524	3,87914952	82,2366873	44,1040029
30	0,96218	0,12685	-0,24108	1,00000042	76,0497144	7,510336738	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,73	4,21498814	114,232482	44,1040029
31	0,79007	0,59223	-0,1583	1,00000293	80,8917911	36,85492661	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,07	2,76088754	88,5471576	0
32	-0,61486	0,7886	0,00731	0,99999811	90,4188367	127,9430264	0	1,88	-0,976	-0,976	0	4,555	-1,046	2,76	0	-0,07	2,67591573	88,5010133	90
33	0,47261	-0,63927	-0,60661	1,00000102	52,6552591	-53,52461712	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,524	3,87570329	82,2297416	-44,0504331
34	0,6054	-0,68269	-0,40917	0,99999744	65,8472281	-48,43383424	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,73	4,21498814	114,232482	-44,0504331
35	0,88829	-0,40874	-0,20947	1,00000026	77,9087372	-24,70916959	0	1,88	-0,976	-0,976	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,07	2,76088754	88,5471576	0
36	-0,04205	-0,76236	-0,64578	0,99999639	49,7756427	-93,1571025	0	1,88	-0,976	-0,976	0	-0,79	-1,046	2,76	-2,67	-0,07	2,67091745	88,4982075	-90

Anhang 12: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 6

Messpunkt	Geschätzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen						
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt			Zielobjekt			Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten			
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi	
1	0,87188	-0,00201	-0,48971	0,99999733	60,6783916	-0,132087343	1,38	3,215	-0,83	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,67	4,28874399	81,012273	-70,9876217	
2	0,78803	0,46691	-0,40125	0,9999989	66,343627	30,64686118	1,38	3,215	-0,83	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,67	2,03688488	70,7959341	44,1574757	
3	0,94528	-0,08572	-0,31479	0,99999747	71,6518152	-5,1815311	1,38	3,215	-0,83	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,584	4,5255249	110,502282	-70,9876217	
4	0,95158	0,30712	-0,0135	1,00000472	89,2264871	17,88735161	1,38	3,215	-0,83	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,584	2,49179774	129,470854	44,1574757	
5	0,92176	0,12815	-0,36598	1,00000264	68,5321535	7,914954795	1,38	3,215	-0,83	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,216	1,93217002	83,5814075	-44,0504331	
6	0,52197	0,84956	0,07612	0,99999956	94,3655795	58,43341782	1,38	3,215	-0,83	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,216	1,93562806	83,5929225	135,942524	
7	0,83581	0,00318	-0,549	0,99999473	56,701366	0,217991768	1,38	3,215	-0,83	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,216	4,24158944	87,0809896	-109,012378	
8	-0,35384	0,84957	-0,39119	1,00000077	66,9714539	112,6113884	1,38	3,215	-0,83	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,67	2,03688488	70,7959341	44,1574757	
9	-0,03649	0,84539	-0,5329	0,99999909	57,7983608	92,47155283	1,38	3,215	-0,83	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,584	2,49179774	129,470854	44,1574757	
10	0,78358	0,38229	-0,48975	0,99999916	60,6758219	26,00644478	1,38	3,215	-0,83	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,216	1,93217002	83,5814075	-44,0504331	
11	-0,33227	0,79516	-0,50727	1,00000282	59,5179387	112,6783714	1,38	3,215	-0,83	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,67	4,40273778	81,2468318	162,064711	
12	-0,45761	0,79792	-0,39232	0,99999911	66,9010445	119,8340266	1,38	3,215	-0,83	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,584	4,63079432	110,002305	162,064711	
13	-0,48172	0,71256	-0,51011	1,00000406	59,328981	124,0603181	1,38	3,215	-0,83	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,216	1,93562806	83,5929225	135,942524	
14	0,02201	0,89704	-0,44139	0,99999517	63,8072615	88,594583	1,38	3,215	-0,83	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,67	4,28874399	81,012273	-70,9876217	
15	0,04469	-0,68195	-0,73004	1,00000115	53,8990806	-64,82442822	1,38	3,215	-0,83	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	-0,67	4,5255249	110,502282	-70,9876217	
16	0,34371	-0,73123	-0,58921	1,00000115	53,8990806	-64,82442822	1,38	3,215	-0,83	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	-0,67	4,5255249	110,502282	-70,9876217	
17	0,42308	-0,68705	-0,59074	1,00000407	53,7906322	-58,37556436	1,38	3,215	-0,83	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,216	1,93217002	83,5814075	-44,0504331	
18	-0,11343	-0,62557	-0,77188	1,00000146	39,477089	-100,2773598	1,38	3,215	-0,83	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-4,005	5,79901069	83,3654036	-135,949567	
19	-0,17553	-0,67683	-0,7149	0,99999582	44,3647507	-104,5388617	1,38	3,215	-0,83	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	-4,005	5,97400042	105,375804	-135,949567	
20	-0,37281	-0,62277	-0,68787	0,99999745	46,5381252	-120,9060855	1,38	3,215	-0,83	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,216	4,35528197	87,1572524	-162,127369	
21	0,09207	-0,70268	-0,70553	1,00000432	45,1278688	-82,53523484	1,38	3,215	-0,83	-2,76	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,216	4,24158944	87,0809896	-109,012378	
22	0,88706	0,2861	-0,36231	0,99999859	68,7578397	17,87586576	0	1,88	-0,83	2,76	-0,79	-1,5	0	-2,67	-0,67	3,89812776	80,1030079	-44,0504331	
23	0,88947	0,45637	-0,02377	0,99999774	88,637948	27,16148954	0	1,88	-0,83	2,76	4,555	-1,5	0	2,675	-0,67	3,90155418	80,111787	44,1040029	
24	0,96272	0,22389	-0,1518	0,99999989	81,2687454	13,09198498	0	1,88	-0,83	2,76	-0,79	0,754	1,38	-2,67	1,584	4,15398074	112,415531	-44,0504331	
25	0,91896	0,38385	0,09034	0,99999481	95,1831943	22,6703155	0	1,88	-0,83	2,76	4,555	0,754	1,38	2,675	1,584	4,15719629	112,397252	44,1040029	
26	0,93961	0,31787	-0,12684	0,99999834	82,7129619	18,69067477	0	1,88	-0,83	2,76	1,88	-1,046	1,38	2,675	0	-2,16	2,76843927	85,5251035	0
27	-0,05337	0,57653	0,81533	0,9999991	144,620077	95,28885863	0	1,88	-0,83	0	4,555	-1,046	1,38	0	-2,16	2,68370658	85,3835157	90	
28	0,82869	0,16493	-0,53485	0,99999677	57,6661436	11,25620581	0	1,88	-0,83	0	-0,79	-1,046	1,38	0	-2,16	2,67872283	85,3749081	-90	
29	-0,71359	0,69015	-0,12033	0,99999851	83,0888415	135,9566503	0	1,88	-0,83	2,76	4,555	-1,5	1,38	2,675	-0,67	3,90155418	80,111787	44,1040029	
30	-0,71382	0,63005	-0,30579	1,00000476	72,1943891	138,5669115	0	1,88	-0,83	2,76	4,555	0,754	1,38	2,675	1,584	4,15719629	112,397252	44,1040029	
31	0,6489	0,71518	-0,2597	0,99999887	74,9477206	47,78178691	0	1,88	-0,83	2,76	1,88	-1,046	1,38	0	-2,16	2,76843927	85,5251035	0	
32	-0,59599	0,73798	-0,31651	0,99999857	71,5479775	128,9242183	0	1,88	-0,83	0	4,555	-1,046	1,38	2,675	-0,216	2,68370658	85,3835157	90	
33	0,35436	-0,68522	-0,63632	1,0000003	50,4820589	-62,65435541	0	1,88	-0,83	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-2,67	-0,67	3,89812776	80,1030079	-44,0504331	
34	0,51854	-0,7387	-0,43063	1,00000181	64,4925013	-54,93256863	0	1,88	-0,83	2,76	-0,79	0,754	1,38	2,675	1,584	4,15398074	112,415531	-44,0504331	
35	0,76017	-0,54641	-0,35434	1,00000766	69,2471663	-35,61901765	0	1,88	-0,83	2,76	1,88	-1,046	1,38	2,675	0	-2,16	2,76843927	85,5251035	0
36	0,05926	-0,78298	-0,61922	1,00000142	51,740867	-85,67180905	0	1,88	-0,83	0	-0,79	-1,046	1,38	-2,67	-0,216	2,67872283	85,3749081	-90	

Anhang 14: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 7

Messpunkt	Geschatzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt		Zielobjekt		Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten				
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,85837	-0,20799	-0,46897	0,9999588	62,0324169	-13,62070935	1,38	3,215	-0,926	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,574	4,27479836	82,2832816	-70,9876217
2	0,86331	0,30207	-0,40429	1,0000042	66,1533682	19,28481351	1,38	3,215	-0,926	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,574	2,00735547	73,3844552	44,1574757
3	0,93632	-0,17515	-0,30436	1,00000384	72,2804061	-10,5954165	1,38	3,215	-0,926	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,68	4,5570632	111,632906	-70,9876217
4	0,92487	0,32815	-0,19218	1,00000005	78,9199666	19,535022	1,38	3,215	-0,926	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,68	2,55388988	131,133651	44,1574757
5	0,88495	-0,08698	-0,45749	0,99999956	62,7747271	-5,613459789	1,38	3,215	-0,926	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,12	1,92380482	86,4237745	-44,0504331
6	0,53902	0,81403	-0,21638	1,00000385	77,5035475	56,48897459	1,38	3,215	-0,926	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,12	1,92727787	86,4302274	135,842524
7	0,75083	-0,23585	-0,61696	1,00000528	51,9057612	-17,43849684	1,38	3,215	-0,926	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,12	4,23778539	88,377357	-109,012378
8	0,0267	0,92219	-0,38581	0,99999832	67,3059245	88,34158897	1,38	3,215	-0,926	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,574	2,00735547	73,3844552	44,1574757
9	0,83499	0,5131	-0,19878	0,9999967	78,5343358	31,57065749	1,38	3,215	-0,926	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,68	2,55388988	131,133651	44,1574757
10	0,78578	0,38616	-0,48315	1,00000184	61,1087217	26,17112914	1,38	3,215	-0,926	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,12	1,92380482	86,4237745	-44,0504331
11	-0,36428	0,79495	-0,48513	0,99999827	60,978955	114,6192712	1,38	3,215	-0,926	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,574	4,38915436	82,4855113	162,064711
12	-0,4086	0,78975	-0,45754	1,00000094	62,7715459	117,3560925	1,38	3,215	-0,926	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,68	4,66450426	111,110446	162,064711
13	-0,46534	0,71245	-0,52523	0,99999644	58,3161459	123,1507464	1,38	3,215	-0,926	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-1,335	1,92727787	86,4302274	135,842524
14	-0,33538	0,66076	-0,6715	0,99999789	47,8169489	116,910848	1,38	3,215	-0,926	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,574	4,27479836	82,2832816	-70,9876217
15	0,17231	-0,61107	-0,77259	0,99999629	39,4126999	-74,25256779	1,38	3,215	-0,926	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,574	4,3515773	88,4197994	-162,127369
16	0,2209	-0,68689	-0,69238	1,00000237	46,1813275	-72,17249823	1,38	3,215	-0,926	2,76	-0,79	0,754	1,38	1,34	1,68	4,5570632	111,632906	-70,9876217
17	0,29933	-0,68442	-0,66481	1,00000076	48,332288	-66,37791269	1,38	3,215	-0,926	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,12	1,92380482	86,4237745	-44,0504331
18	-0,20482	-0,49472	-0,84457	0,9999988	32,3739972	-112,4901402	1,38	3,215	-0,926	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-0,574	5,7887046	84,3092775	-135,949567
19	-0,26915	-0,60568	-0,7488	0,99999571	41,5131856	-113,9592414	1,38	3,215	-0,926	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	-0,574	6,00016875	106,259735	-135,949567
20	-0,34918	-0,52621	-0,77536	1,00000338	39,1625552	-123,5672725	1,38	3,215	-0,926	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-1,335	4,3515773	88,4197994	-162,127369
21	-0,02429	-0,63484	-0,77226	0,99999867	39,4426364	-92,19115989	1,38	3,215	-0,926	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,12	4,23778539	88,377357	-109,012378
22	0,76588	0,1742	-0,61894	1,00000227	51,7613335	12,81396606	0	1,88	-0,926	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,574	3,88277942	81,4986772	-44,0504331
23	0,85801	0,47699	-0,19055	1,00000496	79,0151719	29,07081715	0	1,88	-0,926	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,574	3,88621937	81,5062579	44,1040029
24	0,91821	0,2014	-0,34106	0,99999674	70,0584642	12,37133328	0	1,88	-0,926	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,68	4,19152717	113,628736	-44,0504331
25	0,92122	0,38332	-0,0665	1,00000138	86,1870221	22,59221366	0	1,88	-0,926	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	-0,574	3,88621937	81,5062579	44,1040029
26	0,93824	0,26729	-0,21968	0,99999877	77,3097456	15,90142934	0	1,88	-0,926	2,76	4,555	-1,046	2,76	2,675	1,68	4,19471394	113,609694	44,1040029
27	0,10802	0,98937	0,09735	0,99999917	95,5865966	83,7690931	0	1,88	-0,926	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,12	2,76260746	87,5104471	0
28	0,70805	0,12414	-0,69516	0,99999648	45,9598367	9,944401319	0	1,88	-0,926	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,574	2,67769024	87,4314441	90
29	-0,38184	0,80016	-0,46255	1,00000516	62,448377	115,5106892	0	1,88	-0,926	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,574	3,88621937	81,5062579	44,1040029
30	-0,668	0,66731	-0,32935	0,99999903	70,7706527	135,0296067	0	1,88	-0,926	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,68	4,19471394	113,609694	44,1040029
31	0,97397	-0,0016	-0,22669	1,00000424	76,8977804	-0,094123191	0	1,88	-0,926	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,12	2,76260746	87,5104471	0
32	0,12733	0,71099	-0,69158	1,0000013	46,2447614	79,84663077	0	1,88	-0,926	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,12	2,67769024	87,4314441	90
33	0,18481	-0,57569	-0,79651	1,00000095	37,2019589	-72,20215082	0	1,88	-0,926	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,574	3,88277942	81,4986772	-44,0504331
34	0,2972	-0,60959	-0,7949	1,00000291	42,7014137	-64,00887738	0	1,88	-0,926	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,68	4,19152717	113,628736	-44,0504331
35	0,56033	-0,53925	-0,62868	0,99999941	51,0471702	-43,90171966	0	1,88	-0,926	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,12	2,76260746	87,5104471	0
36	0,03972	-0,58412	-0,8107	1,00000417	35,8359512	-86,10989122	0	1,88	-0,926	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,12	2,67269527	87,4266405	-90

Anhang 16: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 8

Messpunkt	Geschätzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt			Zielobjekt			Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten		
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,90714	-0,13166	-0,3997	0,99999871	66,4405425	-8,258101056	1,38	3,215	-0,876	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,624	4,2817988	81,6202638	-70,9876217
2	0,69962	0,69446	-0,16811	1,0000019	80,32207	44,78792833	1,38	3,215	-0,876	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,624	2,0222056	72,0268255	44,1574757
3	0,94154	-0,19597	-0,27405	1,00000261	74,0946342	-11,75754756	1,38	3,215	-0,876	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,63	4,53886825	111,046184	-70,9876217
4	0,98959	0,10077	-0,10276	1,00000129	84,1018818	5,814390245	1,38	3,215	-0,876	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,63	2,52128935	130,27783	44,1574757
5	0,92931	-0,11406	-0,35125	1,00000166	69,4362459	-6,997271597	1,38	3,215	-0,876	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,17	1,9756971	84,9402848	-44,0504331
6	0,32546	0,93941	0,10761	0,99999764	96,1775754	70,89128012	1,38	3,215	-0,876	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,17	1,93103599	84,9493907	135,942524
7	0,7827	-0,27081	-0,56039	0,99999715	55,9171163	-19,0853455	1,38	3,215	-0,876	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,17	4,23949584	87,7018742	-109,012378
8	-0,27984	0,95453	-0,10276	0,99999878	84,1018669	106,3395786	1,38	3,215	-0,876	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,624	2,0222056	72,0268255	44,1574757
9	0,39736	0,91751	-0,01672	0,99999956	89,0419695	66,58327778	1,38	3,215	-0,876	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,63	2,52128935	130,27783	44,1574757
10	0,84791	0,21543	-0,4844	1,00000241	61,0269068	14,25560457	1,38	3,215	-0,876	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,17	1,9756971	84,9402848	-44,0504331
11	-0,59493	0,7246	-0,34788	1,00000368	69,6423771	129,387573	1,38	3,215	-0,876	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,624	4,3959727	81,8394095	162,064711
12	-0,62215	0,7367	-0,26495	0,99999801	74,6359868	130,1814029	1,38	3,215	-0,876	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,63	4,64673003	110,535295	162,064711
13	-0,65647	0,69907	-0,28347	1,00000348	73,5326442	133,1999814	1,38	3,215	-0,876	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-1,335	4,35324304	87,7619536	-162,127369
14	-0,52128	0,74986	-0,40739	0,99999474	65,9588816	124,8058588	1,38	3,215	-0,876	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,17	1,93103599	84,9493907	135,942524
15	0,2548	-0,67769	-0,68979	0,99999851	46,3864308	-69,39458679	1,38	3,215	-0,876	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,624	4,2817988	81,6202638	-70,9876217
16	0,36508	-0,66346	-0,6531	1,00000109	49,2243156	-61,17747203	1,38	3,215	-0,876	2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,005	-0,624	4,53886825	111,046184	-70,9876217
17	0,47542	-0,65859	-0,5833	1,00000193	54,3170959	-54,17540414	1,38	3,215	-0,876	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,17	1,9756971	84,9402848	-44,0504331
18	-0,33836	-0,64951	-0,68092	1,00000139	47,084497	-117,5171055	1,38	3,215	-0,876	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-0,624	5,79387616	83,8172571	-135,949567
19	-0,43301	-0,65873	-0,61529	1,00000233	52,0271089	-123,3185445	1,38	3,215	-0,876	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	-0,624	5,98636158	105,800318	-135,949567
20	-0,53837	-0,53284	-0,65287	0,99999998	49,24416603	-135,2957803	1,38	3,215	-0,876	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-1,335	4,35324304	87,7619536	-162,127369
21	-0,07355	-0,69088	-0,71922	1,00000109	44,0099451	-96,07673103	1,38	3,215	-0,876	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,17	4,23949584	87,7018742	-109,012378
22	0,8924	0,00016	-0,45124	0,99999766	63,1766633	0,010272663	0	1,88	-0,876	2,76	-0,79	-1,5	0	-2,67	-0,624	3,89048532	80,7703906	-44,0504331
23	0,95236	0,30493	-0,00492	0,99999804	89,7181031	17,75421057	0	1,88	-0,876	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,624	3,89391846	80,7785991	44,1040029
24	0,93737	-0,10683	-0,33154	0,99999697	70,6376651	-6,501821005	0	1,88	-0,876	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,63	4,17173825	112,999582	-44,0504331
25	0,8469	0,47157	0,24572	0,9999981	104,224415	29,10989077	0	1,88	-0,876	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,63	4,17494012	112,980932	44,1040029
26	0,98998	-0,00494	-0,14111	0,99999842	81,8879048	-0,285903555	0	1,88	-0,876	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,17	2,76523055	86,4753649	0
27	-0,02735	0,28398	0,95844	0,99999995	163,423576	95,50116667	0	1,88	-0,876	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,17	2,68039643	86,3636631	90
28	0,75973	-0,19509	-0,62028	0,99999853	51,6633489	-14,40173272	0	1,88	-0,876	2,76	4,555	-1,5	2,76	-2,67	-0,624	2,67540651	86,3568718	-90
29	0,88774	0,10123	-0,44907	0,99999684	63,3158773	6,505403092	0	1,88	-0,876	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	-0,624	3,89391846	80,7785991	44,1040029
30	0,82702	0,374	-0,41972	1,00000148	65,183128	24,3337272	0	1,88	-0,876	2,76	4,555	-1,046	2,76	2,675	1,63	4,17494012	112,980932	44,1040029
31	0,82716	0,51958	-0,21412	1,00000221	77,636123	32,13495659	0	1,88	-0,876	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,17	2,76523055	86,4753649	0
32	-0,10666	0,98004	-0,16779	1,00000412	80,3406904	96,21118529	0	1,88	-0,876	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,17	2,68039643	86,3636631	90
33	0,45108	-0,71318	-0,53657	1,00000312	57,549666	-57,6870113	0	1,88	-0,876	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,624	3,89048532	80,7703906	-44,0504331
34	0,5398	-0,66717	-0,51332	0,99999864	59,1147258	-51,02405442	0	1,88	-0,876	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,63	4,17173825	112,999582	-44,0504331
35	0,79708	-0,51005	-0,32328	0,99999874	71,1385736	-32,61510211	0	1,88	-0,876	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,17	2,76523055	86,4753649	0
36	0,04199	-0,74074	-0,67047	0,99999446	47,8963634	-86,75557175	0	1,88	-0,876	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,17	2,67540651	86,3568718	-90

Anhang 18: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 9

Messpunkt	Geschätzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt			Zielobjekt			Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten		
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,9253	-0,06457	-0,37314	1,00000426	68,0909682	-3,990798483	1,38	3,215	-0,846	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,654	4,28627356	81,2235238	-70,9876217
2	0,82286	0,53405	-0,19417	1,00000499	78,8038152	32,98424997	1,38	3,215	-0,846	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,654	2,03167812	71,2220484	44,1574757
3	0,96428	-0,07252	-0,25478	1,00000396	75,2395102	-4,300911123	1,38	3,215	-0,846	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,6	4,5281812	110,69191	-70,9876217
4	0,70695	0,70724	0,00525	0,99999714	90,3008051	45,01174932	1,38	3,215	-0,846	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,6	2,5019992	129,753697	44,1574757
5	0,94867	-0,02888	-0,31494	0,99999801	71,6427705	-1,743695099	1,38	3,215	-0,846	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,2	1,93044684	84,0533171	-44,0504331
6	0,04593	0,92026	0,3886	0,99999902	112,86744	87,14274953	1,38	3,215	-0,846	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,2	1,93390796	84,0639982	135,942524
7	0,90256	-0,1134	-0,41536	0,99999902	65,457985	-7,16126244	1,38	3,215	-0,846	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,2	4,24080476	87,2968791	-109,012378
8	0,33564	0,92191	-0,19346	0,99999951	78,8452194	69,99494025	1,38	3,215	-0,846	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,654	2,03167812	71,2220484	44,1574757
9	-0,29058	0,95387	-0,07549	1,00000173	85,6706304	106,9424506	1,38	3,215	-0,846	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,6	2,5019992	129,753697	44,1574757
10	0,15805	0,81406	-0,55886	0,99999899	56,0229654	79,01269883	1,38	3,215	-0,846	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,2	1,93044684	84,0533171	-44,0504331
11	-0,47803	0,75836	-0,44314	0,99999782	63,6955403	122,2251608	1,38	3,215	-0,846	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,654	4,40033135	81,4527384	162,064711
12	-0,49857	0,79694	-0,34106	1,00000367	70,0586081	122,030215	1,38	3,215	-0,846	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,6	4,63629162	110,188108	162,064711
13	-0,51795	0,75964	-0,3933	1,00000501	66,8401313	124,2875791	1,38	3,215	-0,846	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,2	4,35451777	87,3675182	-162,127369
14	-0,52266	0,73279	-0,43571	0,99999893	64,1694895	125,4982366	1,38	3,215	-0,846	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,2	1,93390796	84,0639982	135,942524
15	0,13434	-0,73799	-0,6613	0,99999708	48,600759	-79,68312948	1,38	3,215	-0,846	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,654	4,28627356	81,2235238	-70,9876217
16	0,25332	-0,7367	-0,62698	1,00000092	51,1723801	-71,02407147	1,38	3,215	-0,846	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,6	4,5281812	110,69191	-70,9876217
17	0,49111	-0,67511	-0,55049	1,00000089	56,5993982	-53,96591567	1,38	3,215	-0,846	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,2	1,93044684	84,0533171	-44,0504331
18	-0,35999	-0,61692	-0,69987	1,00000055	45,583456	-120,2647518	1,38	3,215	-0,846	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-0,654	5,79718389	83,5224789	-135,949567
19	-0,29792	-0,69661	-0,65267	0,99999997	49,2567865	-113,1549983	1,38	3,215	-0,846	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,6	5,97826271	105,52366	-135,949567
20	-0,33888	-0,62211	-0,70579	1,00000002	45,1065985	-118,5783149	1,38	3,215	-0,846	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,2	4,35451777	87,3675182	-162,127369
21	-0,00533	-0,71854	-0,69546	0,99999638	45,9359144	-90,42500195	1,38	3,215	-0,846	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,2	4,24080476	87,2968791	-109,012378
22	0,93575	0,14826	-0,31998	0,99999815	71,3382487	9,03091669	0	1,88	-0,846	2,76	-0,79	-1,5	0	-2,67	-0,654	3,89540961	80,334843	-44,0504331
23	0,79479	0,58363	0,16637	0,99999705	99,5768583	36,29057345	0	1,88	-0,846	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,654	3,89883842	80,3434244	44,1040029
24	0,96864	0,17651	-0,17489	1,00000287	79,9277724	10,32738366	0	1,88	-0,846	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,6	4,16010817	112,619244	-44,0504331
25	0,86331	0,44681	0,23464	0,99999963	103,570408	27,36402906	0	1,88	-0,846	2,76	4,555	-1,046	2,76	2,675	1,6	4,16331899	112,600835	44,1040029
26	0,94701	0,30815	-0,0907	1,00000543	84,7961495	18,02450208	0	1,88	-0,846	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,2	2,76723689	85,8553763	0
27	-0,27518	0,50982	0,81508	0,99999794	144,595439	118,3583602	0	1,88	-0,846	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,2	2,68246622	85,7241589	90
28	0,78083	0,30683	-0,54421	1,00000233	57,0293923	21,45252642	0	1,88	-0,846	2,76	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,2	2,67748016	85,7161815	-90
29	-0,24034	0,58914	-0,77146	0,99999989	39,5148154	112,1930316	0	1,88	-0,846	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,654	3,89883842	80,3434244	44,1040029
30	-0,69219	0,71445	-0,10214	0,99999919	84,1375807	134,0933731	0	1,88	-0,846	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,6	4,16331899	112,600835	44,1040029
31	0,34467	0,57396	-0,74282	1,00000452	42,0280938	59,01466844	0	1,88	-0,846	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,2	2,76723689	85,8553763	0
32	-0,74536	0,34193	-0,57229	0,99999675	55,0898007	155,3569572	0	1,88	-0,846	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,2	2,68246622	85,7241589	90
33	0,46467	-0,61885	-0,63333	1,00000021	50,7037764	-53,09856266	0	1,88	-0,846	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,654	3,89540961	80,334843	-44,0504331
34	0,58052	-0,60597	-0,54387	0,99999884	57,0524799	-46,22879587	0	1,88	-0,846	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,6	4,16010817	112,619244	-44,0504331
35	0,8084	-0,49576	-0,31735	0,99999978	71,4972562	-31,51915571	0	1,88	-0,846	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,2	2,76723689	85,8553763	0
36	0,22026	-0,6657	-0,71297	0,99999859	44,5228384	-71,69218199	0	1,88	-0,846	0	-0,79	-1,046	2,76	-2,67	-0,2	2,67748016	85,7161815	-90

Anhang 20: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 10

Messpunkt	Geschätzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt			Zielobjekt			Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten		
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,89033	0,04566	-0,45302	0,99999973	63,0623825	2,995805107	1,38	3,215	-0,981	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,519	4,26776124	83,0150037	-70,9876217
2	0,68202	0,46166	-0,5672	0,99999854	55,4447392	34,09410936	1,38	3,215	-0,981	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,519	1,99232553	74,9002914	44,1574757
3	0,94927	0,0104	-0,31428	0,99999681	71,6825859	0,627695248	1,38	3,215	-0,981	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,735	4,57762493	112,272838	-70,9876217
4	0,94634	0,31128	-0,08681	0,99999531	85,0198615	18,20760746	1,38	3,215	-0,981	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,735	2,5904102	132,04994	44,1574757
5	0,89242	0,01413	-0,45099	1,00000255	63,1928546	0,907108448	1,38	3,215	-0,981	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,065	1,9211585	88,0610988	-44,0504331
6	0,36253	0,93089	0,04488	0,9999992	92,5723007	68,72184698	1,38	3,215	-0,981	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,065	1,92463633	88,0646037	135,942524
7	0,85004	-0,05908	-0,52339	0,99999777	58,4399996	-3,975812667	1,38	3,215	-0,981	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,065	4,23658471	89,1209023	-109,012378
8	-0,3688	0,86787	-0,33285	1,00000045	70,581586	113,0229896	1,38	3,215	-0,981	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,519	1,99232553	74,9002914	44,1574757
9	-0,41228	0,72562	-0,55091	1,00000051	56,5705539	119,6042066	1,38	3,215	-0,981	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,735	2,5904102	132,04994	44,1574757
10	0,69489	0,55387	-0,45864	0,99999737	62,7005383	38,55699692	1,38	3,215	-0,981	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,065	1,9211585	88,0610988	-44,0504331
11	-0,47244	0,7659	-0,43613	1,00000587	64,1429437	121,6680673	1,38	3,215	-0,981	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,519	4,38230088	83,1984439	162,064711
12	-0,49818	0,81145	-0,30556	1,00000066	72,2081542	121,5473457	1,38	3,215	-0,981	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,735	4,68459443	111,738	162,064711
13	-0,5629	0,73389	-0,38019	0,99999769	67,6544934	127,4885192	1,38	3,215	-0,981	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,065	4,35040803	89,1439046	-162,127369
14	-0,41083	0,80481	-0,42836	0,99999636	64,6363745	117,0428712	1,38	3,215	-0,981	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,065	1,92463633	88,0646037	135,942524
15	0,33426	-0,65122	-0,68131	1,00000028	47,0539187	-62,82935215	1,38	3,215	-0,981	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,519	4,26776124	83,0150037	-70,9876217
16	0,36499	-0,60399	-0,70851	1,00000402	44,8864175	-58,8555117	1,38	3,215	-0,981	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,065	5,78350983	84,8514714	-135,949567
17	0,42393	-0,63041	-0,65028	0,99999875	49,4372225	-56,08046526	1,38	3,215	-0,981	2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,065	6,01580003	106,762621	-135,949567
18	-0,10832	-0,57761	-0,80909	0,99999658	35,9926133	-100,6213921	1,38	3,215	-0,981	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,519	4,26776124	83,0150037	-70,9876217
19	-0,06313	-0,69626	-0,71501	1,00000134	44,35606	-95,18085064	1,38	3,215	-0,981	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	-0,065	6,01580003	106,762621	-135,949567
20	-0,33343	-0,53038	-0,77944	1,00000261	38,7908553	-122,1560339	1,38	3,215	-0,981	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,065	4,35040803	89,1439046	-162,127369
21	0,15404	-0,62541	-0,76494	0,99999996	40,0983181	-76,16332268	1,38	3,215	-0,981	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,14	-0,065	4,23658471	89,1209023	-109,012378
22	0,93589	0,06784	-0,34571	1,00000388	69,7749391	4,145956496	0	1,88	-0,981	2,76	-0,79	-1,5	0	2,675	-0,519	3,87503045	82,3029923	-44,0504331
23	0,92125	0,37488	0,10374	0,99999928	95,9545817	22,147265488	0	1,88	-0,981	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,519	3,87847728	82,309874	44,1040029
24	0,98616	0,12145	-0,11289	1,00000029	83,5180805	7,020877821	0	1,88	-0,981	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	-0,519	4,21387292	114,313887	-44,0504331
25	0,88776	0,3546	0,2935	1,00000061	107,067602	21,7733626	0	1,88	-0,981	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,735	4,2170428	114,29443	44,1040029
26	0,95105	0,30209	-0,06518	1,00000145	86,2628171	17,62184657	0	1,88	-0,981	2,76	1,88	-1,046	2,76	2,675	-0,065	2,76076529	88,6508923	0
27	-0,06	0,37451	0,92528	1,00000041	157,710557	99,10197146	0	1,88	-0,981	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,065	2,6757896	88,60804	90
28	0,81719	0,03337	-0,5754	0,99999911	54,8723147	2,338377234	0	1,88	-0,981	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,065	2,67079108	88,6054344	-90
29	-0,5056	0,72508	-0,46757	0,99999704	62,1323249	124,8881551	0	1,88	-0,981	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,519	3,87847728	82,309874	44,1040029
30	-0,75356	0,58653	-0,29686	0,99999799	72,7308595	142,1047561	0	1,88	-0,981	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,735	4,2170428	114,29443	44,1040029
31	0,86173	0,01142	-0,50724	1,00000071	59,5198623	0,759262763	0	1,88	-0,981	2,76	1,88	-1,046	2,76	2,675	-0,065	2,76076529	88,6508923	0
32	-0,33887	0,7385	-0,58292	1,00000543	54,34404	114,6486182	0	1,88	-0,981	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,065	2,6757896	88,60804	90
33	0,39565	-0,56307	-0,72554	0,99999752	43,4860621	-54,90560086	0	1,88	-0,981	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,519	3,87503045	82,3029923	-44,0504331
34	0,43668	-0,59323	-0,67631	1,00000324	47,4442082	-53,6430268	0	1,88	-0,981	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,735	4,21387292	114,313887	-44,0504331
35	0,74278	-0,49273	-0,45332	1,000002	63,0431663	-33,55867505	0	1,88	-0,981	2,76	1,88	-1,046	2,76	2,675	-0,065	2,76076529	88,6508923	0
36	0,02414	-0,67597	-0,73653	0,99999731	42,5631745	-87,95474268	0	1,88	-0,981	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,065	2,67079108	88,6054344	-90

Anhang 24: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 12

Messpunkt	Geschätzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt			Zielobjekt			Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten		
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,8863	-0,0727	-0,4528	0,99999961	63,0745893	-4,675106309	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	-1,5	4,27683832	82,0841496	-70,9876217	
2	0,49189	0,81249	0,3129	1,00000109	108,234065	58,80884597	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	-1,5	2,01169605	72,9750703	44,1574757	
3	0,97342	-0,10592	-0,20308	1,00000351	78,2829147	-6,210049188	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	0,754	4,55155468	111,457383	-70,9876217	
4	0,58027	0,78451	0,21871	1,00000164	102,632355	53,51117999	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	0,754	2,5440568	130,879211	44,1574757	
5	0,96481	-0,01764	-0,26234	0,99999589	74,7909811	-1,047444527	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	1,88	-1,046	1,92479869	85,9781322	-44,0504331	
6	0,22793	0,97366	0,00591	1,0000004	90,3386199	76,82453842	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	0	4,555	-1,046	1,92826995	85,9853842	135,942524	
7	0,89682	-0,13667	-0,42075	0,99999768	65,1179912	-8,664866847	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	0	-0,79	-1,046	4,23823666	88,1746562	-109,012378	
8	-0,19162	0,63223	-0,75071	0,99999925	41,3480335	106,8613164	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	-1,5	2,01169605	72,9750703	44,1574757	
9	0,26808	0,50801	-0,81857	0,99999895	35,0580135	62,17911369	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	0,754	2,5440568	130,879211	44,1574757	
10	0,79784	0,41092	-0,44113	0,99999979	63,8239924	27,25030641	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	1,88	-1,046	1,92479869	85,9781322	-44,0504331	
11	-0,53884	0,76036	-0,36263	0,99999982	68,7381583	125,3238895	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	-2,76	4,555	-1,5	4,3911412	82,2914713	162,064711	
12	-0,66184	0,70786	-0,24678	0,99999917	75,7129372	133,0735666	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	-2,76	4,555	0,754	4,65912277	110,938362	162,064711	
13	-0,59751	0,7418	-0,30449	0,99999998	72,2725126	128,8509801	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	-2,76	1,88	-1,046	4,35201677	88,222394	-162,127369	
14	-0,51003	0,71913	-0,47193	0,99999824	61,840296	125,3454853	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	0	4,555	-1,046	1,92826995	85,9853842	135,942524	
15	0,34635	-0,71149	-0,61197	0,99999596	52,2677375	-64,10853598	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	-1,5	4,27683832	82,0841496	-70,9876217	
16	0,41456	-0,7809	-0,46725	0,99999368	62,1438731	-62,0373014	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	0,754	2,5440568	130,879211	44,1574757	
17	0,53587	-0,66594	-0,519	0,99999687	58,7346938	-51,17698886	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	1,88	-1,046	1,92479869	85,9781322	-44,0504331	
18	-0,35	-0,61806	-0,70392	1,00000076	45,257685	-119,5223598	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	-2,76	-0,79	-1,5	5,79021122	84,1615796	-135,949567	
19	-0,38459	-0,67028	-0,63467	0,99999538	50,6042692	-119,8461323	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	-2,76	-0,79	0,754	2,5440568	130,879211	44,1574757	
20	-0,55928	-0,48275	-0,67391	0,99999818	47,6303426	-139,200443	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	-2,76	1,88	-1,046	1,92826995	85,9853842	135,942524	
21	0,01007	-0,73237	-0,68083	0,99999836	47,0913761	-89,21223952	1,38	3,215	-0,911	-0,911	-0,911	0	-0,79	-1,046	4,35201677	88,222394	-162,127369	
22	0,91556	0,01444	-0,40193	1,00000318	66,3011922	90,93580831	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	-1,5	3,88502523	81,2798895	-44,0504331	
23	0,28676	0,95202	-0,10688	0,99999836	83,8644976	73,23705996	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	-1,5	3,88846319	81,2876593	44,1040029	
24	0,96259	0,19896	-0,18394	0,99999926	79,4006537	11,67814971	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	0,754	2,5440568	130,879211	44,1574757	
25	0,89667	0,28331	0,34017	0,99999864	109,88726	17,53434472	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	0,754	4,1855376	113,440615	-44,0504331	
26	0,97464	0,20789	-0,08279	0,99999778	85,2510363	12,04070837	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	0,754	4,18872892	113,42169	44,1040029	
27	0,043	0,63057	0,77494	0,99999976	140,79961	86,09891016	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	1,88	-1,046	2,76329966	87,1997208	0	
28	0,74519	-0,53071	-0,40379	1,00000038	66,1847716	-35,45773918	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	0	4,555	-1,046	2,67840438	87,1108884	90	
29	-0,70604	0,70795	0,01777	1,00000073	91,0181989	134,9226056	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	-1,5	2,6734074	87,1054873	-90	
30	0,89714	0,17468	-0,40574	0,99999911	66,0624698	11,01807	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	4,555	0,754	3,88846319	81,2876593	44,1040029	
31	0,83726	0,51985	-0,16954	0,99999607	80,2388865	31,83591204	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	1,88	-1,046	2,76329966	87,1997208	0	
32	-0,65816	0,74899	-0,07635	0,99999496	85,6211839	131,3067485	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	0	4,555	-1,046	2,67840438	87,1108884	90	
33	0,50361	-0,66491	-0,5516	0,99999545	56,5229786	-52,85931959	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	-1,5	3,88502523	81,2798895	-44,0504331	
34	0,55248	-0,74332	-0,37716	1,00000422	67,8422214	-53,37805521	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	-0,79	0,754	2,5440568	130,879211	44,1574757	
35	0,82503	-0,50244	-0,25862	1,00000238	75,0118429	-31,34124911	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	2,76	1,88	-1,046	2,76329966	87,1997208	0	
36	-0,06098	-0,76908	-0,63623	0,99999561	50,4885215	-94,53347153	0	1,88	-0,911	-0,911	-0,911	0	-0,79	-1,046	2,6734074	87,1054873	-90	

Anhang 26: Aufbereitete Experimentdaten – Blickrichtungen & Objekte Proband 13

Messpunkt	Geschatzte Blickrichtungen						Objektpositionen						Tatsächliche Blickrichtungen					
	Blickrichtung Kartesisch			Blickrichtung Kugelkoordinaten			Ausgangspunkt		Zielobjekt		Blickrichtungsvektor			Blickrichtung Winkelkoordinaten				
	X	Y	Z	r	Theta	Phi	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	r	Theta	Phi
1	0,82151	-0,00275	-0,57019	1,00000144	55,2368811	-0,191796576	1,38	3,215	-0,906	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,594	4,27752978	82,0178148	-70,9876217
2	0,50925	0,86055	0,01038	0,9999948	90,594744	59,38411169	1,38	3,215	-0,906	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,594	2,01316567	72,890036	44,1574757
3	0,89387	-0,15225	-0,42169	1,00000305	65,0587509	-9,666241621	1,38	3,215	-0,906	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,66	4,54972801	111,398781	-70,9876217
4	0,80845	0,58694	-0,04373	1,00000114	87,4936592	35,97989561	1,38	3,215	-0,906	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,66	2,54078728	130,79396	44,1574757
5	0,87101	-0,05226	-0,48847	0,99999623	60,7598106	-3,433591036	1,38	3,215	-0,906	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,14	1,92515584	85,8296903	-44,0504331
6	0,19901	0,97892	-0,04598	1,00000175	87,3646155	78,50862885	1,38	3,215	-0,906	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,14	1,92862645	85,8372081	133,842524
7	0,42239	-0,67295	-0,60723	1,00000164	52,6105897	-57,88477304	1,38	3,215	-0,906	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,14	4,23839887	88,1070992	-109,012378
8	0,05784	0,68091	-0,73008	1,00000055	43,1069203	85,1446574	1,38	3,215	-0,906	2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,594	2,01316567	72,890036	44,1574757
9	0,14269	0,58396	-0,79914	0,99999723	36,9517322	76,26889592	1,38	3,215	-0,906	2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,66	2,54078728	130,79396	44,1574757
10	0,75811	0,28348	-0,58729	1,00000061	54,0350922	20,50227338	1,38	3,215	-0,906	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,14	1,92515584	85,8296903	-44,0504331
11	-0,47463	0,70078	-0,53257	0,99999853	57,8206824	124,1093204	1,38	3,215	-0,906	-2,76	4,555	-1,5	1,38	1,34	-0,594	4,39181466	82,2268305	162,064711
12	-0,62373	0,73469	-0,26682	1,00000071	74,5248857	130,3302686	1,38	3,215	-0,906	-2,76	4,555	0,754	1,38	1,34	1,66	4,6573383	110,880913	162,064711
13	-0,66283	0,63483	-0,39704	0,99999675	66,6066549	136,2360965	1,38	3,215	-0,906	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,14	4,35217474	88,1566013	-162,127369
14	-0,32493	0,82415	-0,4639	1,00000297	62,3610339	111,5173716	1,38	3,215	-0,906	0	4,555	-1,046	1,38	1,34	-0,14	1,92862645	85,8372081	133,842524
15	0,44266	-0,45907	-0,77026	0,9999968	39,6225365	-46,04257368	1,38	3,215	-0,906	2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,005	-0,594	4,27752978	82,0178148	-70,9876217
16	0,49934	-0,56034	-0,66082	1,00000221	48,6376709	-48,2945698	1,38	3,215	-0,906	2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,005	1,66	4,54972801	111,398781	-70,9876217
17	0,55391	-0,53727	-0,63602	0,99999839	50,5042469	-44,12633307	1,38	3,215	-0,906	2,76	1,88	-1,046	1,38	-1,335	-0,14	1,92515584	85,8296903	-44,0504331
18	-0,07113	-0,4872	-0,87039	1,00000103	29,4961131	-98,30635701	1,38	3,215	-0,906	-2,76	-0,79	-1,5	1,38	-4,14	-0,594	5,79072198	84,1123641	-133,949567
19	-0,10279	-0,5118	-0,85294	1,00000583	31,4676516	-101,3562118	1,38	3,215	-0,906	-2,76	-0,79	0,754	1,38	-4,14	1,66	5,99459965	106,076222	-133,949567
20	-0,28234	-0,22974	-0,9314	1,00000115	21,3460572	-140,8647578	1,38	3,215	-0,906	-2,76	1,88	-1,046	1,38	-4,14	-0,14	4,35217474	88,1566013	-162,127369
21	0,14612	-0,59906	-0,78726	1,00000112	38,0698957	-76,29233443	1,38	3,215	-0,906	0	-0,79	-1,046	1,38	-4,005	-0,14	4,23839887	88,1070992	-109,012378
22	0,81801	-0,01663	-0,57497	1,00000371	54,902618	-1,164652727	0	1,88	-0,906	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,594	3,88578641	81,2070168	-44,0504331
23	0,86683	0,49604	-0,00238	1,00000312	89,8636363	29,73834317	0	1,88	-0,906	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,594	3,8892237	81,2148496	44,1040029
24	0,90646	0,2133	-0,36445	0,99999521	68,6261539	13,24145951	0	1,88	-0,906	2,76	-0,79	0,754	2,76	-2,67	1,66	4,18355112	113,377789	-44,0504331
25	0,80905	0,48585	0,33074	1,00000054	109,313686	30,98562197	0	1,88	-0,906	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,66	4,18674396	113,358902	44,1040029
26	0,99534	0,20634	-0,28735	1,00000357	73,3006906	12,44043823	0	1,88	-0,906	2,76	1,88	-1,046	2,76	2,675	-0,14	2,76354844	87,0961811	0
27	-0,35292	0,91149	0,21126	0,99999867	102,196218	111,1659153	0	1,88	-0,906	0	4,555	-1,046	2,76	0	-0,14	2,67866105	87,0040758	90
28	0,60907	-0,32558	-0,72321	1,00000065	43,6798952	-28,12685127	0	1,88	-0,906	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,14	2,67366789	86,9984757	-90
29	0,90071	-0,0402	-0,43255	0,99999702	64,3704194	-2,555498221	0	1,88	-0,906	2,76	4,555	-1,5	2,76	2,675	-0,594	3,8892237	81,2148496	44,1040029
30	0,99745	0,02375	-0,06736	1,00000397	86,137647	1,363995876	0	1,88	-0,906	2,76	4,555	0,754	2,76	2,675	1,66	4,18674396	113,358902	44,1040029
31	0,81603	0,89421	-0,43183	0,99999972	64,4162395	25,21238252	0	1,88	-0,906	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,14	2,76354844	87,0961811	0
32	-0,25773	0,79491	-0,40026	0,99999738	66,4055012	106,3343567	0	1,88	-0,906	0	4,555	-1,046	0	2,675	-0,14	2,67866105	87,0040758	90
33	0,51021	-0,51058	-0,69209	0,99999737	46,2040767	-45,02076768	0	1,88	-0,906	2,76	-0,79	-1,5	2,76	-2,67	-0,594	3,88578641	81,2070168	-44,0504331
34	0,66572	-0,57566	-0,4748	1,0000013	61,6537112	-40,85055866	0	1,88	-0,906	2,76	-0,79	0,754	2,76	2,67	1,66	4,18355112	113,377789	-44,0504331
35	0,84959	-0,33067	-0,41093	1,00000464	65,7368505	-21,26654817	0	1,88	-0,906	2,76	1,88	-1,046	2,76	0	-0,14	2,76354844	87,0961811	0
36	0,03695	-0,59547	-0,80253	1,00000211	36,6277795	-86,44924498	0	1,88	-0,906	0	-0,79	-1,046	0	-2,67	-0,14	2,67366789	86,9984757	-90