

Bachelorarbeit
im Fach Geoinformatik

**Interaktion mit virtuellen Globen
mittels Armgesten: Implementierung
und Evaluierung**

Gerald Pape

15. August 2012

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Geoinformatik

Erstgutachter: Prof. Dr. Christian Kray

Zweitgutachter: Thomas Bartoschek

Abstract

The emergence of new hardware in the field of human-computer interaction has led to many possible applications for gesture control. One possible application for such a gesture control is a virtual globe as it is widely used and an easy way to display spatial data among other data. Also virtual globes are easy accessible. This bachelor thesis aims to combine a virtual globe with gesture control for spatial and temporal aspects. For this, a set of gestures were implemented. These gestures were tested at a science fair where an user study Mwas carried out. Furthermore the general approach of implementing the gestures are described. The results and findings of the user study will be discussed in this thesis.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	i
Inhaltsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	v
Glossar	vi
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Fragestellungen	1
1.3 Methodik	2
1.4 Kapitelübersicht	2
2 Verwandte Arbeiten	3
3 Grundlagen und Rahmenbedingungen	7
3.1 Virtuelle Globen	7
3.2 Gestensteuerung	8
3.3 Microsoft Kinect	9
3.4 Eingesetzte Software	10
3.4.1 OpenNI	10
3.4.2 NASA World Wind	12
3.5 Das Dreieck der Nachhaltigkeit	12
4 Implementierung	14
4.1 Verknüpfung OpenNI mit Nasa World Wind	14
4.2 Einhandwischen	16
4.3 Zweihandschere	17
4.4 Wischen mit erhobener Hand	18

5	Evaluierung	20
5.1	Rahmenbedingungen der Nutzerstudie	20
5.2	Fragebogendesign	20
5.3	Auswertung Ergebnisse	23
5.4	Eigene Beobachtungen des Nutzerverhaltens und spontane Nutzerkommentare	25
6	Diskussion und Ausblick	27
6.1	Interpretation der Ergebnisse	27
6.2	Probleme und mögliche Weiterentwicklung	28
6.3	Zusammenfassung	29
	Literaturverzeichnis	30

Abbildungsverzeichnis

3.1	Schemazeichnung <i>Microsoft Kinect</i>	9
3.2	OpenNI Modulschema	11
3.3	Dreieck der Nachhaltigkeit	13
4.1	„Calibration pose“	15
4.2	Geste <i>Einhandwischen</i>	16
4.3	Geste <i>Zweihandschere</i>	17
4.4	Geste <i>Wischen mit erhobener Hand</i>	18
5.1	Durchschnittliche Wertungen der Nutzerfreundlichkeit der Gesten	24

Tabellenverzeichnis

5.1	TLX-Fragen	21
5.2	Fragen „Dreieck der Nachhaltigkeit“	22
5.3	Durchschnittliche Wertungen der Nutzerfreundlichkeit der Gesten	24
5.4	Rangliste nach Bevorzugung der Gesten	25

Glossar

- API *Application programming interface*. Eine Schnittstelle einer Software, durch welche die Funktionen der Software durch andere Software gesteuert werden kann.
- Framework Software-Plattform, welche oft benötigte Funktionen und Methoden implementiert. Diese können jedoch durch eigene Implementierungen geändert werden.
- GIS *Geographic information system* oder *Geographisches Informationssystem*. Eine Software, mit deren Hilfe Daten mit Raumbezug dargestellt und bearbeitet werden können.
- github Webseite, welche Speicherplatz für ein Versionsverwaltungssystem anbietet.
- GUI *Graphical user interface*. Eine graphische Benutzeroberfläche einer Software.
- Open Source Quelloffene Software bei welcher der Quelltext und alle benötigten Ressourcen kostenlos zu Verfügung gestellt werden. *Open Source* erlaubt das Verändern und die Neuveröffentlichung aller Quelltexte und Ressourcen.
- SDK *Software Development Kit*. Ein Paket, das das Entwickeln von Software ermöglicht. Enthält meistens einen Übersetzer für Quelltexte und Softwarebibliotheken.
- Stereo-Kamera .. Eine Kamera mit zwei parallel angeordneten Linsen, ähnlich der menschlichen Augen. Sie ist dadurch in der Lage stereoskopische 3D-Bilder aufzunehmen.
- Street View Softwareprodukt von *Google*. Mit *Street View* lassen sich Fotos aus einer Fußgängerperspektive auf Straßenebene betrachten.
- Thread Ein *Thread* ist in einer Software ein eigenständig ablaufender Programmteil. Dieser läuft parallel zur restlichen Software.
- Wrapper Ein *Wrapper* ist eine Software, die Methoden einer dritten Software aufruft und übergibt.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Durch ihre einfache Zugänglichkeit sind virtuelle Globen seit einiger Zeit ein beliebtes Mittel für die Darstellung räumlicher Daten [1]. Aktuelle Einsatzgebiete von virtuellen Globen reichen von rein explorativem Erkunden der Erde über Unterricht bis zur Koordination von Einsatzkräften bei Katastrophen [1]. Die dargestellten Informationen und räumlichen Daten können weiterhin durch Hinzunahme eines zeitlichen Aspektes aufgewertet werden. Traditionell wurden solch virtuelle Globen mit Maus und Tastatur gesteuert. Mit Aufkommen von Multi-touch-fähigen Oberflächen und Geräten ist die Steuerung durch Fingergesten als eine alternative Eingabemethode hinzugekommen. Durch technischen Fortschritt sind verstärkt weitere Eingabeschemata und -geräte im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion und zur Steuerung virtueller Globen entdeckt worden. Dazu gehört die Steuerung von Anwendungen aller Art mittels Armgesten.

Virtuelle Globen wurden bereits mit Systemen zur Armgestensteuerung verknüpft und eingesetzt [2, 3, 4]. Das hier beschriebene System nutzt Armgesten zur Steuerung eines virtuellen Globus und erweitert bisherige Systeme, indem es auch zeitliche Veränderungen darstellt und mit Gesten steuerbar macht. Dies wird exemplarisch an Daten der Abholzung des Regenwaldes im brasilianischen Bundesstaat Pará im Zusammenhang mit sozialen, ökonomischen und ökologischen Faktoren gezeigt. Die Daten besitzen also sowohl einen räumlichen als auch einen zeitlichen Aspekt. Dieser zeitliche Aspekt umfasst unter anderem Wachstumsraten sozialer Faktoren oder die Veränderung von Flächennutzungsanteilen eines Gebietes.

1.2 Fragestellungen

Diese Arbeit behandelt die Implementierung von Armgesten zur Steuerung eines virtuellen Globus mit Hilfe von *Microsoft Kinect* und evaluiert sie mit einer Nutzerbefragung.

Die im Rahmen dieser Arbeit implementierten Armgesten werden unter Gesichtspunkten geistiger, körperlicher und zeitlicher Anforderungen sowie nach erfolgreichem Aus-

führen, Anstrengung, Verunsicherung und Passgenauigkeit untersucht.

Außerdem wird die allgemeine Eignung der Gesten, mit raumzeitlichen Daten auf einem virtuellen Globus zu interagieren, untersucht. Weiterhin soll untersucht werden, wie hilfreich oder gar hinderlich die Armgesten zum Aufnehmen und Verstehen der dargestellten Informationen sind.

1.3 Methodik

Zur Beantwortung der oben genannten Fragestellungen wurde ein System entwickelt, welches in der Lage ist, verschiedene Armgesten zur Interaktion mit räumlichen und zeitlichen Daten zu erkennen. Das System wurde mit Hilfe des Tiefensensors *Microsoft Kinect*, den Software-Bibliotheken *OpenNI* und *NITE* als Schnittstelle zur *Kinect* und *NASA World Wind* als virtueller Globus in der Programmiersprache *Java* realisiert.

Das entwickelte System wurde mit Hilfe einer Nutzerstudie in Form eines Fragebogens unter den Besuchern einer Wissenschaftsausstellung evaluiert. Die Fragebögen wurden an den *NASA* „Task Load Index“ [5] angelehnt, welcher den gefühlten Arbeitsaufwand einer Aufgabe misst.

Für die Durchführung wurde der „Task Load Index“ ins Deutsche übersetzt und angepasst. Zusätzlich wurden dem Fragebogen Fragen bezüglich der Passgenauigkeit der Gesten zur am Bildschirm ausgeführten Aktion hinzugefügt und erfragt, ob die Gesten eher hinderlich oder eher hilfreich zum Verstehen der dargestellten Daten war. Weiterhin werden informelle Beobachtungen des Nutzerverhaltens beschrieben.

1.4 Kapitelübersicht

In Kapitel 2 wird ein Überblick über bereits vorhandene Arbeiten zum Thema gegeben und besprochen. In Kapitel 3 werden zu dieser Arbeit relevante Grundlagen im Bereich Software, Hardware und Gestensteuerungen besprochen. Außerdem wird die in dieser Arbeit verwendete Soft- und Hardware kurz vorgestellt. Kapitel 4 enthält eine kurze Übersicht wie *OpenNI*, *NITE* und *World Wind* verbunden wurden, eine Beschreibung der implementierten Gesten und ihrer Funktionsweise und eine kurze Beschreibung wie das System die Daten der *Kinect* verarbeitet und in Kommandos umsetzt. In Kapitel 5 werden das Fragebogendesign, die Ergebnisse der Nutzerstudie zur Evaluierung der Gesten, sowie Rahmenbedingungen selbiger besprochen. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse der Nutzerstudie zusammen, zählt Probleme bei der Implementierung der Gesten und Durchführung der Nutzerstudie auf und stellt diese zur Diskussion.

2 Verwandte Arbeiten

Die Idee, Geräte oder Anwendungen durch Körpergesten zu steuern, ist nicht neu. Die in der Literatur beschriebenen Ansätze reichen von Gesten, die nur mit Händen ausgeführt werden, [6, 7, 8] über Gesten mit Armen und Händen [2, 9] bis hin zur Einbeziehung von Gewichtsverlagerung des gesamten Körpers [10].

Die dabei eingesetzte Hardware lässt sich grob in zwei Kategorien unterteilen. Auf der einen Seite stehen Lösungen, die der Benutzer entweder festhalten muss oder an Körperteilen befestigt sind. Dazu gehören Handschuhe, Marker und Pointer. ([6, 7, 8])

Auf der anderen Seite gibt es die kontaktlosen Lösungen. Hier werden entweder Ultraschall, Kameras oder Stereokameras sowohl im sichtbaren als auch im unsichtbaren Spektrum eingesetzt ([9, 11, 2, 3]). Zu dieser Kategorie gehört auch *Microsoft Kinect*, welche in dieser Arbeit eingesetzt wird.

Dazwischen existieren die Multi-touch Oberflächen, welche zwar auf Berührung setzen, aber sonst keine weiteren Geräte oder Marker zur Steuerung durch den Benutzer erfordern [12, 10, 13, 14].

Eine detaillierte Übersicht über bisher in der Literatur beschriebenen Systeme zur Gestensteuerung liefern Bhuiyan und Picking [15]. Ihre Liste ist chronologisch sortiert und enthält Informationen zu eingesetzten Technologien und Anwendungsgebieten. Dazu gehören sowohl kontaktbedürftige als auch kontaktlose Systeme für ein breites Spektrum an Anwendungsgebieten. Des Weiteren gibt die Arbeit einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen im Bereich der Gestensteuerung. Sie kommen zu dem Schluss, dass kontaktlose Systeme wie *Microsoft Kinect* auch außerhalb der Unterhaltung stark an Bedeutung gewinnen werden.

Wichtige Attribute einer Gestensteuerung werden von Wachs et al. [16] aufgelistet. Als wichtige Kriterien für ein benutzerfreundliches System identifizieren sie vor allem Erlernbarkeit, Genauigkeit und den Verzicht auf externe Hilfsmittel zur Erkennung der Gesten. Weiterhin nennen sie Reaktionszeit und Intuitivität als wichtige Attribute für Gestensteuerungen. Anschließend werden Charakteristika zur Erkennung und Unterscheidung vom Hintergrund genannt. Schlussendlich zeigen die Autoren noch mögliche Anwendungsgebiete wie Unterhaltung, Medizin und Katastrophenmanagement auf.

Wie eingangs schon erwähnt, gibt es mehrere technische Ansätze zur Erkennung von

Position, Orientierung, Handpose und Bewegungsrichtung. Schon 1986 beschreiben Zimmerman et al. [7] zwei verschiedene Systeme, welche mit Hilfe eines Handschuhs eine Hand erkennen können. Diese Systeme sind in der Lage, die Position jedes einzelnen Fingers durch Sensoren im Handschuh zu erkennen. Die Position der Hand im Raum wird durch Ultraschall, beziehungsweise durch ein magnetisches Feld erfasst. Weiterhin sind beide Handschuhe in der Lage, dem Träger durch piezokeramische Elemente Rückmeldungen zu ausgeführten Aktionen zu geben. Hiermit lässt sich zum Beispiel eine Berührung eines Objektes simulieren.

Ein weiteres System, das mit einem Handschuh arbeitet, wird von Baudel und Beaudouin-Lafon [6] beschrieben. Das entwickelte System soll bei Präsentationen das Wechseln von Folien erleichtern und den Vortragenden weniger ablenken als herkömmliche Methoden. Großer Wert wurde auf das Unterbinden ungewollter Aktionen gelegt. Hierzu wurde ein virtueller Aktionsradius festgelegt, in welchem die Bewegungen des Nutzers als Kommandos interpretiert werden. Weiterhin identifizieren die Autoren wesentliche Attribute, die eine Gestensteuerung besitzen muss. Dazu zählen sie die folgenden Punkte auf: „Natürliche Interaktion“, bei der ein Benutzer die Gesten intuitiv ausführen kann, „prägnante und mächtige Interaktion“, bei der eine Geste ein Kommando und dessen Parameter in Einem darstellt und „direkte Interaktion“, bei der weitere Geräte überflüssig werden.

In einer Arbeit von Freeman und Weissman [8] wird auf die Fragen, wie sich die Kommunikation mit Maschinen vereinfachen lässt und wie die Erkennungsrate bei komplizierten Hintergründen erhöht werden kann. Es wurde ein System entwickelt, mit dem ein Nutzer beim Fernsehen durch Handgesten den Kanal wechseln und andere Funktionen des Fernsehgerätes steuern kann. Sobald das System eine bestimmte Handpose erkennt, schaltet es in einen Steuerungsmodus, in welchem der Nutzer durch eine virtuelle Hand, die der Hand des Nutzers folgt, virtuelle Bedienelemente manipulieren kann. Die Autoren identifizieren die Steuerung des gebauten Prototypen jedoch als zu ermüdend und schlagen alternative Gesten zu direkterer Kontrolle vor.

Eine kostengünstige Methode um große Oberflächen Multi-touch-fähig zu machen, beschreibt Han [14]. Die *FITR*-Methode¹ macht sich optische Eigenschaften von Glas zu Nutze um Berührungen zu erkennen. Diese Technologie wird in den von Daiber et al. [10] und Jokisch et al. [13] beschriebenen Systemen eingesetzt.

Eine Studie, wie Nutzer Gesten für Multi-touch Oberflächen definieren würden, haben Wobbrock et al. [12] durchgeführt. Sie ließen die Teilnehmer ihrer Studie Gesten für verschiedene Aktionen selbst definieren und ausführen. Die erdachten Gesten ähnelten dabei dem Benutzen einer Maus. Außerdem wird eine Präferenz für Einhand-Gesten festgestellt. Schlussendlich kondensieren die Autoren alle erdachten Gesten in eine Reihe von Gesten

¹frustrated total internal reflection

für jede Aktion.

Eine ähnliche Studie wird in einer Arbeit von Jokisch et al. [13] beschrieben. Sie wollen jedoch herausfinden, ob unerfahrene Nutzer einer großen Multi-touch Oberfläche fest definierte Gesten ohne vorherige Erklärungen erraten können. Die Aufgabe der Probanden war es, auf einem virtuellen Globus zu einem bestimmten Ort zu navigieren und dort die Kamera zu schwenken. Als Vergleichsgruppen dienten Studenten und eine Gruppe von Grundschulern. Die erste Gruppe hatte wenig Probleme, einfache Gesten mit einem Finger zu finden und auszuführen. Eine komplexere Geste zum Neigen der Ansicht mit drei Fingern, wurde zum Teil erst spät oder gar nicht gefunden. Die Gruppe Grundschüler hatte als „wirklich“ unerfahrene Nutzer, größere Probleme alle Gesten zu finden und durchzuführen.

Eine Kombination aus Gesten auf einer Multi-touch Oberfläche mit Steuerung über Gewichtsverlagerung schlagen Daiber et al. [10] vor. Sie untersuchen wie ein *Nintendo Wii Balance Board* für kontinuierliche Eingaben, wie zum Beispiel Zoom oder bewegen des Kartenausschnittes genutzt werden kann. Diese zusätzlichen Eingabemöglichkeiten werden in zwei Studien auf ihre Eignung im Zusammenhang mit einem virtuellen Globus getestet. In beiden Studien wird die Hinzunahme von kontinuierlichen Eingaben mit Hilfe der Fußeingaben als vorteilhaft identifiziert.

Im Bereich der kontaktlosen Gestensteuerungen sind die Systeme, die im folgenden beschrieben sind, angesiedelt. Vorteile von Geoinformationssystemen (GIS) mit Gestensteuerung in Kombination mit Spracheingabe auf großen Displays werden von Rauschert et al. [17] erforscht. Die Gestensteuerung ist ein Hilfsmittel für die sonst zu ungenauen Sprachkommandos. Außerdem wird das kollaborative Arbeiten an einem System genauer untersucht.

Mit kontaktloser Erkennung von Gesten mit Hilfe von Bilderkennung beschäftigen sich Cohen et al. [11]. In ihrer Arbeit besprechen sie ein System, mit dessen eine Präsentation mittels Handgesten gesteuert werden kann. Die Autoren beschreiben die Vorteile und Probleme von Gestensteuerungen, sowie wichtige Anforderungen an ein Gestenerkennungssystem allgemein. Bei den Vorteilen wird besonders Intuitivität der Gesten hervorgehoben, bei den Problemen wird das richtige Erkennen von Intention genannt. Eine wichtige Eigenschaft eines solchen Systemes ist die Fähigkeit die Intention der Geste im Kontext zu erkennen. Anders als Baudel und Beaudouin-Lafon [6] setzen die Autoren hier eine günstige USB-Kamera in Verbindung mit Bilderkennungsalgorithmen ein, um eingegebene Gesten zu erkennen. Die zu erkennende Hand wird durch Farbvergleiche vom Hintergrund unterschieden. Schlussendlich wird das Bild in „aktive“ und „inaktive“ Zellen geteilt. Durch eine Zeitreihenanalyse lassen sich aus den Positionen der „aktiven“ Zellen verschiedene Gesten ableiten.

Ein weiteres mögliches Anwendungsgebiet zeigen Stannus et al. [2] auf. Sie kombinieren

eine Stereo-Kamera mit einem virtuellen Globus. Ihr System ist in der Lage, Einarmgesten für die Navigation in *Google Earth* zu interpretieren. Die von den Autoren implementierten Gesten ähneln den Gesten in der vorliegenden Arbeit, mit der Einschränkung, dass das System von Stannus et al. nur einen Arm erkennen kann. Diese Gesten werden durch eine Studie mit 10 Teilnehmern evaluiert.

Mit dem Erkennen und Erstellen eines virtuellen Skelettes mit Hilfe der *Microsoft Kinect* beschäftigt sich Kar [9]. Er benutzt sowohl das Bild der Farbkamera, als auch die Daten des Tiefensensors um die Stellungen der Körperteile zu erkennen. Kar beschreibt seinen Algorithmus, welcher auf verschiedenen Bilderkennungsschritten basiert. Diese Schritte schließen das herausfiltern des Hintergrundes, Gesichtserkennung und das Suchen von Hauttönen ein. Kar ist mit seiner Software in der Lage, die Körperteile mit einem entsprechenden Skelett zu versehen und diese zu verfolgen. Ein ähnliches Skelett wird in der vorliegenden Arbeit verwendet.

Wie Daiber et al., Jokisch et al. und Stannus et al., verwenden auch Boulos et al. [3] einen virtuellen Globus als Forschungsobjekt. In dieser Arbeit verwenden die Autoren *Google Earth* zusammen mit *Microsoft Kinect* um eine Gestensteuerung zu implementieren. Mit dem erstellten System lässt sich die Ansicht bewegen, vergrößern und verkleinern, kippen und drehen. Diese Gesten sind zu den in dieser Arbeit implementierten Gesten ähnlich. So ist der Benutzer in der Lage, mit einer Hand die Ansicht zu verschieben und mit zwei Händen die Ansicht zu vergrößern und zu verkleinern. Außerdem wurden Gesten zum Navigieren in *Google Street View* implementiert. Komplettiert wird das System durch eine über die Google Earth-GUI gelegte Oberfläche, die Informationen zur Erkennung anzeigt.

Eine zu der vorliegenden, sehr ähnliche Arbeit zum Thema Gestensteuerung von kartenbasierten Anwendungen präsentiert Francese et al. [4]. In ihrer Arbeit stellen die Autoren zwei Systeme zur Steuerung von *Microsoft Bing Maps* vor. Dabei wird *Bing Maps* als virtueller Globus benutzt. Die Systeme werden jeweils mit *Nintendo Wii* und *Microsoft Kinect* entwickelt, so dass ein Benutzer in der Lage ist, die Kameraposition zu manipulieren. Hierfür wurden jeweils für beide Systeme ähnliche Eingabeschemata entwickelt, die sich, anders als bei der vorliegenden Arbeit, an Bewegungen von Vögeln beim Flug orientieren. Die Systeme werden durch eine Studie evaluiert und als nützlich befunden.

Es zeigt sich, dass das Thema der Gestensteuerung in der Literatur einige Beachtung findet. Die dabei durch Gesten kontrollierten Systeme reichen von Präsentationen über Fernsehgeräte bis hin zu virtuellen Globen, welche auch Anwendung in der vorliegenden Arbeit finden.

Speziell die *Kinect* bietet als kostengünstiges System mit bereits existierenden offenen Treibern und einer aktiven Entwicklergemeinschaft eine optimale Basis für Forschung in dem Gebiet der Gestensteuerung.

3 Grundlagen und Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel wird kurz auf grundlegende Begriffe und Konzepte dieser Arbeit eingegangen. Weiterhin wird die benutzte Software, Hardware und Rahmenbedingungen des entwickelten Systems beschrieben.

3.1 Virtuelle Globen

Ein virtueller Globus ist ein spezifisches System zur Darstellung räumlicher Daten. Diese Daten werden, anders als 2D-Kartenmaterial, in einer 3D-Repräsentation einer der Erde ähnlichen Kugel dargestellt. Dabei ist es dem Benutzer möglich, die Ansicht durch Veränderung des Blickwinkels beliebig zu variieren. Auch die dargestellten Daten können meist beliebig ausgewechselt, verändert und überlagert werden. Dadurch ist ein virtueller Globus interaktiv. Dabei kann sich jedoch nicht die Relation von Positionen und Orten zueinander ändern. Virtuelle Globen gibt es sowohl online als auch offline [1].

Weiterhin lässt sich mit Hilfe eines virtuellen Globus ein viel höherer Detailgrad als bei einem physischen Globus erreichen. Der Benutzer ist in der Lage, den dargestellten Kartenausschnitt zu vergrößern und zu verkleinern. Dabei ist der Detailgrad nur durch die Methode der Datenerfassung der dargestellten Daten begrenzt. Normalerweise werden Satelliten- und Luftbilder aus verschiedensten Quellen auf einem virtuellen Globus dargestellt. Diese Satellitenbilder werden entweder lokal oder im Fall von online-virtuellen Globen durch den jeweiligen Anbieter auf entfernten Datenspeichern gespeichert und bei Bedarf über das Internet nachgeladen. Weiterhin können auf virtuellen Globen informative Elemente wie Texte, Bilder, Videos und Links zu Webseiten dargestellt werden [1].

Der wohl bekannteste virtuelle Globus heißt *Google Earth*¹ und wird von *Google* entwickelt. In der vorliegenden Arbeit wird die von der *NASA* entwickelte und als Open Source verfügbare Software *World Wind* eingesetzt. Die Gründe hierfür finden sich in Kapitel 3.4.

¹<http://earth.google.com/>

3.2 Gestensteuerung

Eine Gestensteuerung ist ein System, welches in der Lage ist, Posen oder Bewegungsabläufe des menschlichen Körpers oder einzelner Körperteile in, für Maschinen verständliche Befehle zu übersetzen. Wie schon im Kapitel 2 beschrieben, gibt es mehrere Ansätze, mit denen sich die Position und Bewegung von Körpern oder Körperteilen erkennen lassen. Diese lassen sich grob in kontaktlose Lösungen, Lösungen bei denen Sensoren direkt am Subjekt messen und Multi-touch Oberflächen einteilen. Die Interaktion bei solchen Systemen lässt sich als „direkt“ beschreiben. Dies bedeutet, dass die ausgeführte Aktion des Benutzers unmittelbare Aktionen auf dem Bildschirm zur Folge hat. Es gibt allerdings auch Systeme, deren Interaktion weniger unmittelbar ist. Hier muss das System zuerst eine Reihe von aufeinander folgenden Benutzereingaben erkennen, bevor eine Aktion ausgeführt wird.

Eine wichtige Eigenschaft einer Gestensteuerung ist das Erkennen der Intention des Nutzers. Dabei gilt es zu unterscheiden, ob der Nutzer eine Geste ausführen will oder sich ähnlich bewegt, aber keine Aktion auslösen möchte. Mögliche Lösungen hierfür sind das Definieren eines Aktionsradius oder das Definieren von zusätzlichen Posen oder Kommandos, die eine gewollte Interaktion signalisieren.

Zusätzlich gehört zu einer Bewegungssteuerung eine Software, welche die Eingaben auswertet und interpretiert. Dies umfasst bei kontaktlosen Steuerungen Bilderkennungsalgorithmen um Posen und Körperteile zu erkennen. In der vorliegenden Arbeit wird dies komplett von *OpenNI* und *NITE* übernommen. Die Software-Bibliotheken interpretieren die Ausgabedaten der *Kinect* und bilden daraus eine dreidimensionale Abstraktion des menschlichen Körpers in Form eines Skeletts. Die weitere Verarbeitung erfolgt rein auf Basis von relativen 3D-Koordinaten des Skeletts.

Mögliche Anwendungen für Gestensteuerungen reichen von simplem Ein- und Ausschalten, über Einsatz in der Unterhaltung, bis hin zum Kontrollieren von komplexen Systemen mit komplexen Gesten. Die hier implementierten Gesten orientieren sich sehr stark an ihren Gegenstücken aus der Multi-touch-Welt. Dort lässt sich die Ansicht einer kartenbasierten Anwendung mit einem oder mehreren Fingern manipulieren. Der Benutzer kann mit Hilfe eines Fingers die Ansicht verschieben und durch kneifen und spreizen von zwei Fingern den Kartenmaßstab beeinflussen. Die in der vorliegenden Arbeit implementierten Gesten orientierten sich an bekannten Multi-touch Gesten. Diese werden allerdings auf Armgesten übertragen. Sie werden im Kapitel 4 genauer beschrieben.

3.3 Microsoft Kinect

Kinect ist ein Eingabegerät für *Microsoft Xbox 360* und PC welches im Juni 2010 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde [18]. Es basiert auf einer Technologie, entwickelt von *PrimeSense* in Zusammenarbeit mit *Microsoft* [19].

Der *Kinect*-Sensor erlaubt es, einen oder mehrere Benutzer im dreidimensionalen Raum zu erkennen. Um den Benutzer im Raum zu erkennen, setzt *Kinect* einen Infrarotlaser und eine Infrarotkamera ein. Der Infrarotlaser projiziert ein für den Menschen unsichtbares Gitter in den Raum, welches von der Infrarotkamera aufgenommen wird. Aus den Unregelmäßigkeiten, die ein Objekt im zurückgeworfenen Infrarotlicht des *Kinect*-Sensors erzeugt, lässt sich die Form des Objektes erkennen. Zusätzlich besitzt der *Kinect*-Sensor noch eine Farbkamera, aus dessen Bild zusätzliche Informationen gewonnen werden können. Weiterhin besitzt *Kinect* mehrere Mikrofone, mit welchen die Richtung eines aufgenommenen Geräusches ermittelt werden kann. Der *Kinect*-Sensor bietet sich zur Erfassung von Armgesten aufgrund des relativ geringen Preises² und der großen Anzahl an aktiven Entwicklern (siehe Kapitel 3.4) besonders an.

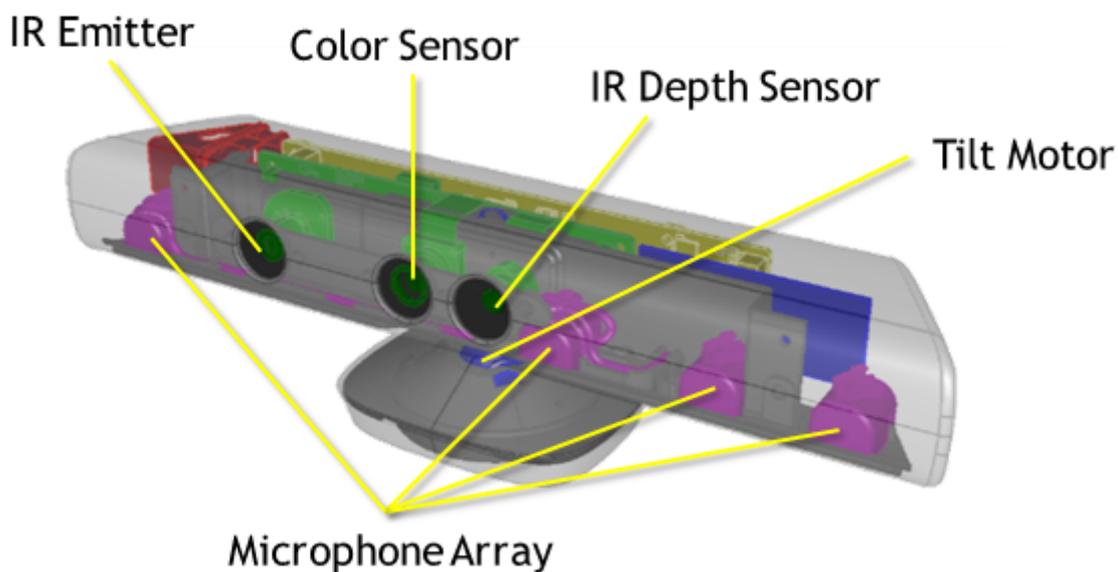


Abbildung 3.1: Sensoren des *Microsoft Kinect*-Eingabegerätes nach [20].

²etwa 180 bis 200 Euro zum Zeitpunkt dieser Arbeit.

3.4 Eingesetzte Software

Aktuell gibt es vier mögliche Softwarebibliotheken um eine eigene Anwendung, welche die *Kinect* benutzt, zu entwickeln.

Aus dem ersten freien *Kinect*-Treiber von Hector Martin [21, 22] entstand die Open Source-Bibliothek *libfreenect* [23], welche unter *Microsoft Windows*, *Linux* und *Apple MacOS X* lauffähig ist. *Libfreenect* bietet aktuell Zugriff auf die Farb- und Infrarotkamera, den Motor im Sockel, den Beschleunigungssensor und die LED der *Kinect*.

Des Weiteren gibt es *CLNUI* [24], geschrieben in C# und somit nur unter *Windows* lauffähig. Sie war noch vor *libfreenect* verfügbar und bietet den gleichen Funktionsumfang.

Ein weiteres Software Development Kit (SDK) zum Entwickeln von *Kinect*-Software ist das offizielle *Kinect for Windows SDK* von *Microsoft* [25]. Es erlaubt das Programmieren mit den meisten *.NET*-Sprachen wie *Visual Basic.NET* und C#, erfordert aber zwingend eine *Windows*-Version ab *Microsoft Windows 7* und die spezielle „*Kinect for Windows*“. Mit diesem SDK ist es möglich, auf alle Sensoren der *Kinect* zuzugreifen (Mikrofone, Motor, Farb- und Infrarotkamera, LED).

Die Bibliothek, die in dieser Arbeit benutzt wurde, ist *OpenNI* oder *Open Natural Interaction*. Anders als *libfreenect*, *CLNUI* und *Kinect SDK for Windows* ist *OpenNI* eher als Schnittstelle zwischen Treiber und Anwendungssoftware zu verstehen, obwohl *OpenNI* seine eigenen Treiber benutzt.

Als Basis für den virtuellen Globus ist die Wahl auf *NASA World Wind* (siehe Kapitel 3.4.2) gefallen, da es in *Java* geschrieben und somit plattformübergreifend einsetzbar ist. Das gleiche gilt auch für *OpenNI*, welches eine *Java*-Schnittstelle anbietet.

Die Programmierbarkeit mit *Java* und der Open Source-Charakter von *OpenNI* und *NASA World Wind* sind die Gründe für das Benutzen dieser beiden Bibliotheken.

3.4.1 OpenNI

Das *OpenNI*-Framework [26] ist ein Open Source Application programming interface (API) von der gleichnamigen Organisation welche sich auf das Zertifizieren und Fördern von Kompatibilität und Interoperabilität zwischen natürlichen Eingabegeräten und Anwendungen spezialisiert hat. Ein Hauptakteur dieser Organisation ist, neben *ASUS*, die Firma *PrimeSense*. Das Framework arbeitet zudem auch mit anderen Tiefensensoren als der *Kinect* zusammen [27]. Darüber hinaus sind eine Vielzahl an Wrappern verfügbar. So ist es möglich, Anwendungen in verschiedenen Programmiersprachen, für verschiedene Plattformen und für verschiedene Sensoren zu schreiben. *OpenNI* lässt sich durch Module erweitern, welche die verschiedensten Aufgaben innerhalb des Frameworks übernehmen können. Das

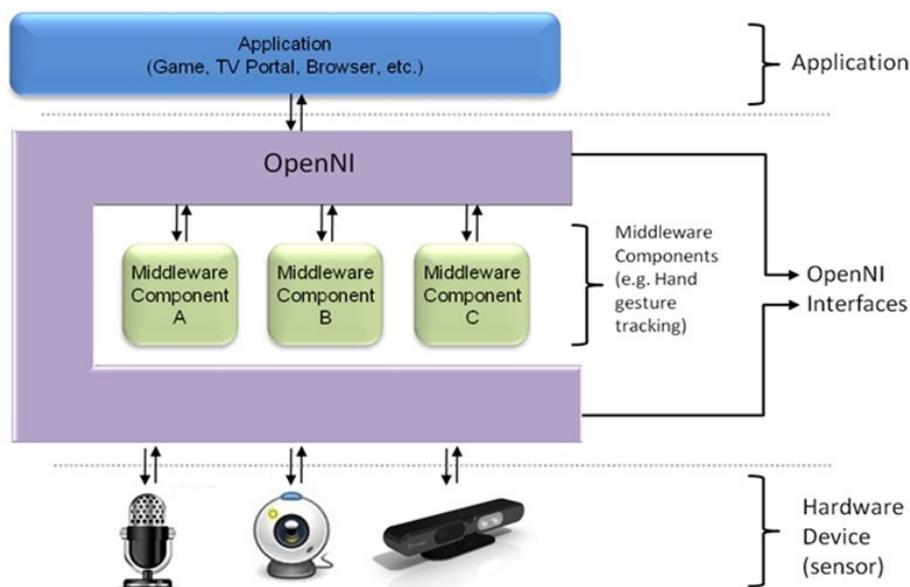


Abbildung 3.2: Schemazeichnung des Frameworks OpenNI. [28]

genaue Schema wird in Abbildung 3.2 verdeutlicht. Hier kann man sehen wie *OpenNI* aufgebaut ist. Es bietet Schnittstellen in drei verschiedenen Schichten. In der ersten Schicht kommuniziert *OpenNI* direkt mit verschiedenster Hardware. In der zweiten Schicht lassen sich die Funktionalität von der *OpenNI*-Bibliothek durch weitere Module oder Bibliotheken erweitern. Dazu zählt auch *NITE*. Die letzte Schicht bietet eine Schnittstelle für Dritt-Software.

Die API bietet zusammen mit dem „SensorKinect“-Treiber vom *github*-Mitglied „avin2“ [29] eine Schnittstelle zwischen dem Kinect-Sensor und der eigenen Anwendung.

Eine komplette Beschreibung und eine Referenz gibt es in englischer Sprache unter [30].

NITE

NITE ist ein Modul für *OpenNI* und nimmt in Abbildung 3.2 die Position eines „Middleware Component“ ein. Es stellt Algorithmen und Datenstrukturen, die das Erkennen und Verfolgen eines oder mehrerer menschlicher Körper ermöglichen, bereit [31]. *NITE* segmentiert den Körper in Körperteile und Gelenke um aus deren Stellungen und Positionen zueinander die Gesten zu erkennen. Dieses Modul wurde von der Firma *PrimeSense* entwickelt und wird zusammen mit *OpenNI* auf der *OpenNI* Webseite³ angeboten.

Aus den von *NITE* erkannten Gelenken lässt sich in Echtzeit ein Skelett errechnen, welches weiterverarbeitet werden kann. Zusätzlich erlaubt *NITE* die Hände mehrerer Personen zu verfolgen. In der vorliegenden Arbeit werden die Gelenke an Händen und Schultern des

³<http://www.openni.org/>

Oberkörper-Skeletts benutzt um die Ansicht des virtuellen Globus zu steuern.

3.4.2 NASA World Wind

World Wind wurde von der *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* entwickelt und stellt einen virtuellen Globus mitsamt Satellitenbildern zur Verfügung. Die dargestellten Satellitenbilder kommen gleichermaßen standardmäßig aus Datenbeständen der *NASA*.

Durch den Open Source-Charakter von *World Wind* ist es möglich, sowohl freie als auch kommerzielle Datenquellen einzubinden und darzustellen. Es ist zudem möglich, den virtuellen Globus mit verschiedensten Daten zu überlagern, diese dynamisch zu manipulieren und zu ersetzen.

Die Software wird entweder als eigenständig laufende Software oder als Software-Bibliothek angeboten.

3.5 Das Dreieck der Nachhaltigkeit

Das „Dreieck der Nachhaltigkeit“ ist ein im Rahmen des Wettbewerbes „Wissenschaft interaktiv“⁴ entwickeltes Exponat. Ziel des Wettbewerbes „Wissenschaft interaktiv“ 2012 war es, ein interaktives Exponat zu entwickeln und zu bauen. Das Exponat sollte unter dem Thema „Zukunftsprojekt Erde“ Informationen über die Rolle der Geoinformatik in der Forschung rund um Nachhaltigkeit vermitteln. Unter vielen Bewerbern wurden von einer Jury drei Projekte ausgewählt und mit 8000 Euro finanziert um ihre Idee umzusetzen. Die Wettbewerbsteilnehmer konnten während der Ausstellungszeiten vom 1. bis 6. Juni 2012 ihr Exponat der Öffentlichkeit vorstellen und um Stimmen der Besucher werben. Das „Dreieck der Nachhaltigkeit“ war eines der drei Ideen, welches für die Ausstellung in Lübeck ausgewählt wurde. Die Besucher sollten dann ihren Favoriten per Stimmzettel wählen.

Das „Dreieck der Nachhaltigkeit“ soll die Zusammenhänge zwischen Abholzung des Regenwaldes im brasilianischen Bundesstaat Pará und verschiedenen sozialen, ökonomischen und ökologischen Faktoren aufzeigen. Diese Faktoren umfassen Bevölkerungszahlen, Arbeitslosenquoten, Bodennutzung und Export von Rindfleisch. Alle Datensätze liegen für mehrere aufeinanderfolgende Jahre in einer Auflösung von einem Jahr vor, so dass zeitliche und kausale Zusammenhänge deutlich werden können. Die Daten stammen aus frei verfügbaren Quellen des Nationalen Institut für Weltraumforschung⁵ in Brasilien und dem

⁴<http://www.wissenschaft-im-dialog.de/wissenschaftskommunikation/wissenschaft-interaktiv.html>

⁵<http://www.inpe.br/>

Brasilianischen Institut für Geographie und Statistik⁶ und sind als Linked Data eingebunden.

Das Exponat besteht aus einer dreieckigen Alukonstruktion, bei der jede Seite mit einer Leinwand bespannt ist. Auf diese wird aus dem Inneren des Dreiecks ein virtueller Globus projiziert. Auf diesen sind jeweils Daten zu den drei Aspekten, kombiniert mit der jährlichen Abholzung, dargestellt und lassen sich unabhängig voneinander kontrollieren. Des Weiteren ist über jeder Leinwand eine *Kinect* installiert, mit deren Hilfe die Benutzer in der Lage sind, die Ansicht des virtuellen Globus zu verändern.



Abbildung 3.3: Das Dreieck der Nachhaltigkeit auf dem Wettbewerb „Wissenschaft interaktiv“ in Lübeck am 1. Juni 2012

Die Nutzerstudie, welche Basis dieser Arbeit ist, wurde komplett am „Dreieck der Nachhaltigkeit“ während der Ausstellung „Wissenschaft interaktiv“ in Lübeck mit zufällig ausgewählten Personen durchgeführt.

⁶<http://www.ibge.gov.br/home/>

4 Implementierung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Teile des implementierten Systems zur Gestensteuerung besprochen. Es werden Konzepte der eingesetzten Bibliotheken sowie wichtige Methoden erläutert. Außerdem werden die drei implementierten Gesten beschrieben.

4.1 Verknüpfung OpenNI mit Nasa World Wind

Wie schon in Kapitel 3 beschrieben, wurde für die Implementierung *OpenNI*, *NITE* und *NASA World Wind* verwendet. Dies erlaubte ein relativ schnelle Fertigstellung eines funktionierenden Prototyps. In dieser Arbeit werden nur die Positionen der Hände, Schultern und des Kopfes verwendet um eine Gestensteuerung des virtuellen Globus zu realisieren. Die Quelltexte zur Erkennung von Gesten orientierten sich dabei an den Beispielimplementierungen von *OpenNI*, *NITE* und Programmbeispielen von Davison [32].

Körpergestenerkennung

Bei der Erkennung der Gesten musste darauf geachtet werden, dass die Aktionen des Nutzers auch zu denen am Bildschirm ausgeführten Aktionen passen. Aus diesem Grund werden die Daten der *Kinect* im allerersten Schritt gespiegelt um dem Nutzer das „Umdenken“ zu ersparen. Damit ein Benutzer durch das System erkannt wird, müssen die folgenden Schritte ausgeführt werden:

1. Benutzer tritt ins Sichtfeld der *Kinect*
2. Benutzer führt so genannte „Calibration pose“ (Abb. 4.1) durch
3. Körperteile und Gelenke werden erkannt, verfolgt und in einer Datenstruktur verfügbar gemacht.

Diese Datenstruktur enthält eine Reihe von relativen 3D-Koordinaten für die Körpergelenke und Positionen Hände, Handgelenke, Ellbogen, Schultern, Hals, Kopf, „Center of Mass“ – Körpermittelpunkt, Hüften, Knie, Knöchel und Füße.

Die Aktualisierung dieser Punkte findet in einem Thread statt. Im diesem Thread wird zuerst auf neue Daten von der *Kinect* gewartet (`waitAnyUpdateAll()`), danach werden



Abbildung 4.1: Die „Calibration pose“, welche der Nutzer für etwa 5 Sekunden einhalten muss, um dem Programm zu signalisieren, dass er die Applikation benutzen möchte. (eigene Abbildung)

die einzelnen Koordinaten per `getPosition()` der einzelnen `SkeletonJointPosition`-Objekte aktualisiert. Im Thread läuft eine Schleife ab, die so lange läuft, wie neue Daten von der *Kinect* verfügbar sind. Aus den Koordinaten lässt sich ein Skelett für den erkannten Benutzer erstellen, indem benachbarte Positionen verbunden werden.

Darstellung des Globus

Der virtuelle Globus wird in *World Wind* auf einem `WorldWindowGLCanvas` gezeichnet. Dieses Objekt enthält sämtliche zu zeichnenden Elemente wie, die 3D Kugel, alle Texturen und Daten. Zusätzliche Daten können unter anderen mit den Methoden `add(Layer layer)` und `remove(Layer layer)` des `LayerList`-Objektes im `Model`-Objekt des `WorldWindowGLCanvas` hinzugefügt und entfernt werden. Das `Model`-Objekt enthält den Globus und alle `Layer`.

Die, für die vorliegende Arbeit dargestellten Daten, sind Polygone vom Typ `ExtrudedPolygon`, die in `RenderableLayer`-Klassen zusammengefasst sind. Diese werden dann mit den oben genannten Methoden `add(Layer layer)` und `remove(Layer layer)` dynamisch hinzugefügt und entfernt.

Steuerung des Globus

Nachdem alle Skelettgelenkpositionen aktualisiert worden sind, werden die aktuellen Positionen mit den Positionen von drei Schleifendurchläufen zuvor ($n - 3$) verglichen um

Richtung und Geschwindigkeit der Bewegungen zu ermitteln. Diese werden dann in neue `Position`-Objekte umgesetzt und an das `OrbitView`-Objekt, welches außerdem Teil vom `WorldWindowGLCanvas` ist, übergeben, so dass sich die Ansicht ändert.

`World Wind` bietet in seiner API die Methoden `setCenterPosition(Position center)`, `setZoom(double zoom)` und `setPitch(Angle pitch)` für das Verändern der Ansicht an. Sie sind Teil der Klasse `OrbitView` und dem Interface `View`, welches `OrbitView` implementiert. Diese Klassen sind Teil des `WorldWindowGLCanvas`, der den virtuellen Globus zeichnet.

Die aktuelle Ansicht des virtuellen Globus ist in solch einem `OrbitView`-Objekt gespeichert. Das Ändern der Ansicht wird nun durch Manipulation und Übergeben eines `Position`-Objektes realisiert. Um die Ansicht in eine Richtung zu bewegen, muss die neue `Position` berechnet werden und dann an `setCenterPosition(Position center)` übergeben werden. Die Neigung und Vergrößerung kann direkt über die Methoden `setPitch(Angle pitch)` und `setZoom(double zoom)` verändert werden. Diese Methoden werden über einen Methodenaufruf für eine, von mir geschriebene Gestenerkennungsmethode in dem oben genannten Thread aufgerufen, wenn eine Aktion erkannt wurde. Im folgenden werden nun die verschiedenen Gesten beschrieben.

4.2 Einhandwischen

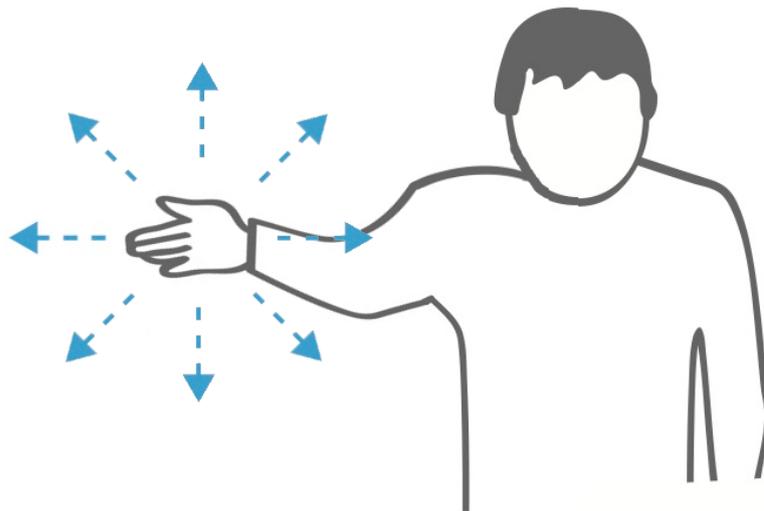


Abbildung 4.2: Die Geste *Einhandwischen*. (eigene Abbildung)

Mit der Geste *Einhandwischen* ist ein Benutzer in der Lage, die Ansicht auf dem virtuellen Globus auf der X und Y Achse zu verändern. Der Benutzer greift sozusagen die

Oberfläche des virtuellen Globus mit der Hand und zieht die Ansicht nach recht, links, oben oder unten. Dies funktioniert analog zum Bewegen einer Karte auf einer Multi-touch Oberfläche.

Wie eingangs erwähnt, werden für die Gestensteuerung nur die Positionen der Hände und Schultern benutzt. Um nun die Ansicht verschieben zu können, werden die Abstände der Hände von den Schultern berechnet. Ist der Abstand einer Hand von seiner zugehörigen Schulter groß genug, wird die Bewegung als valide angesehen und man kann die Ansicht verschieben. Dieser Abstand ist fest und wurde durch Tests mit verschiedenen Personen mit unterschiedlichen Körpergrößen und Armlängen festgelegt. Die Erkennung der anderen Hand wird, während die Ansicht verschoben wird, vorübergehend deaktiviert, und der Benutzer muss den Arm ausgestreckt halten um eine Verschiebung der Ansicht erreichen zu können. Der Abstand zwischen Hand und Schulter ist hier, wie auch für die anderen Gesten, ein Indikator für einen ausgestreckten Arm.

Um die Richtung der ausgeführten Bewegung zu ermitteln, wird in jedem Schleifendurchlauf die aktuelle Handposition mit der Handposition von drei Schleifendurchläufen zuvor verglichen.

4.3 Zweihandschere

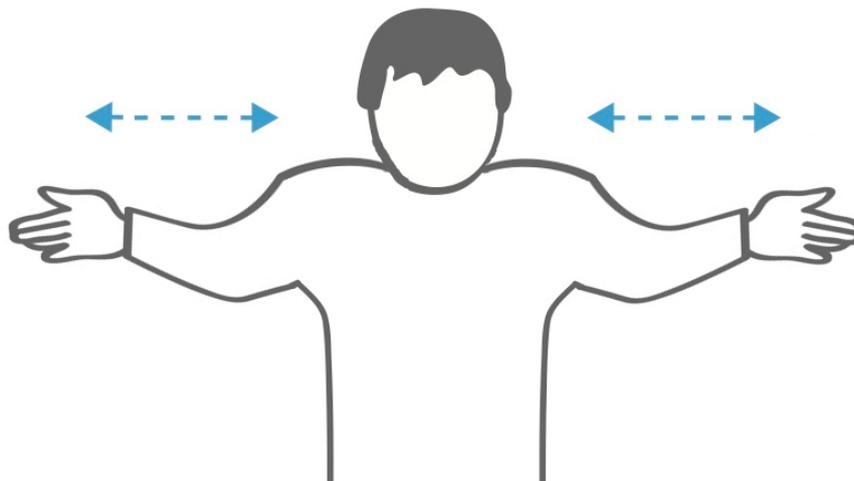


Abbildung 4.3: Die Geste *Zweihandschere*. (eigene Abbildung)

Die Geste *Zweihandschere* dient der Vergrößerung und Verkleinerung des Kartenausschnittes. Der Benutzer kann durch voneinander weg- oder zueinander hin bewegen der

Hände den angezeigten Kartenausschnitt vergrößern und verkleinern. Wie das *Einhandwischen* ist auch die *Zweihandschere* an das Vergrößern und Verkleinern eines Kartenausschnittes auf einer Multi-touch Oberfläche angelehnt.

Der Vergrößerungs- und Verkleinerungsmodus wird aktiviert, sobald der Abstand von beiden Händen zu den jeweiligen Schultern groß genug ist. Danach wird der aktuelle Abstand der Hände voneinander mit einem vorherigen Abstand ($n - 3$) der Hände verglichen. Ist der vorherige Abstand nun größer als der aktuelle Abstand, wird eine Vergrößerung des Kartenausschnittes vorgenommen. Analog dazu funktioniert auch das Verkleinern des Kartenausschnittes.

Sobald der Benutzer eine Hand zurückzieht, wird der Vergrößerungs- und Verkleinerungsmodus verlassen.

4.4 Wischen mit erhobener Hand



Abbildung 4.4: Die Geste *Wischen mit erhobener Hand*. (eigene Abbildung)

Anders als die Gesten *Einhandwischen* und *Zweihandschere* hat die Geste *Wischen mit erhobener Hand* keine verwandte Geste in der multi-touch Welt. Mit ihr lässt sich der zeitliche Rahmen der Daten verändern.

Der Benutzer erhebt eine Hand über den Kopf, so dass die Y-Koordinate der Hand größer als die Y-Koordinate des Kopfes ist und bewegt währenddessen den anderen Arm horizontal vor sich her. Dies ist mit beiden Armen möglich. Während der Benutzer die Hand über dem Kopf hält, kann die Ansicht nicht verschoben, vergrößert oder verkleinert werden.

Auch hier muss der Abstand der Hand, die sich horizontal bewegt, groß genug von der Schulter sein um eine Aktion auszulösen. Anders als zum Beispiel bei der Geste *Einhandwischen*, ist die am Bildschirm ausgeführte Aktion nicht kontinuierlich. Solange der Abstand Hand-Schulter groß genug ist, wird die Bewegungsrichtung ermittelt und erst nachdem die Hand zurückgezogen wird, wird die Aktion ausgeführt.

Die Geste ist im „Dreieck der Nachhaltigkeit“ für das Umschalten der Jahre zuständig. Führt der Nutzer eine Wischbewegung von rechts nach links durch, so werden die Daten vom vorherigen Jahr geladen und angezeigt. Führt der Nutzer eine Wischbewegung in der Gegenrichtung aus, werden Daten der nächsten Jahres geladen und angezeigt.

Nimmt der Nutzer die Hand über dem Kopf wieder herunter, ist das Verschieben, Vergrößern und Verkleinern des Kartenausschnittes wieder möglich.

5 Evaluierung

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 4 beschriebenen Gesten der Gestensteuerung durch eine, aus einem Fragebogen bestehende Nutzerstudie evaluiert. Nach einer kurzen Beschreibung der Rahmenbedingungen und Grundlagen für das Fragebogendesign folgt eine deskriptive Auswertung. Abschließend wird auf eigene Beobachtungen des Nutzerverhaltens und auf spontane Nutzerkommentare eingegangen.

5.1 Rahmenbedingungen der Nutzerstudie

Die in dieser Arbeit implementierten Gesten zur Steuerung des virtuellen Globus wurden mit Hilfe einer Nutzerstudie auf ihre Eignung in den Bereichen geistige Anforderung, körperliche Anstrengung, zeitliche Anforderung, Leistung, Anstrengung, Frustration und Passgenauigkeit der Geste hin geprüft. Außerdem wurden allgemeine Details der Teilnehmer wie Alter, Geschlecht, Händigkeit und vorherige Kenntnisse über Gestensteuerungen abgefragt.

Die Nutzerstudie wurde mit den Besuchern des Wettbewerbes „Wissenschaft interaktiv“ in Lübeck durchgeführt. Die Teilnehmer wurden zufällig ausgewählt und gefragt, ob sie am „Dreieck der Nachhaltigkeit“ an der Nutzerstudie teilnehmen würden. Diejenigen, die zugestimmt haben, sollten einen Fragebogen, bestehend aus 28 Fragen ausfüllen. Es nahmen insgesamt 43 Personen teil.

5.2 Fragebogendesign

Der für die Nutzerstudie dieser Arbeit entwickelte Fragebogen wurde an den NASA „Task Load Index“ (TLX) [5] angelehnt. Der TLX wurde von der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA entwickelt, um eine subjektiv erfahrene Belastung bei der Ausführung eines Arbeitsschrittes erfassen zu können. Diese Belastung wird in sechs Kategorien mit einer Skala auf einem Fragebogen erfasst. Diese Kategorien sind geistige Anforderung, körperliche Anforderung, zeitliche Anforderung, Leistung, Anstrengung und Frustration. Dazu wird jeweils eine Frage gestellt (siehe Tabelle 5.1).

Nach der Beantwortung der Fragen werden die einzelnen Kategorien durch die Versuchsperson einzeln nach Wichtigkeit gewertet. Der Gesamtwert wird nun wie folgt berechnet: Jede Kategorie wird mit ihrer Gewichtung multipliziert. Aus den gewichteten Kategorien wird der Mittelwert berechnet. Je höher der Wert, desto höher die erlebte Anstrengung beim Ausführen der Aufgabe [5].

Kategorie	Frage	niedrigster Wert	höchster Wert
Geistige Anforderung	Wie hoch war die geistige Anforderung der Aufgabe?	sehr niedrig	sehr hoch
Körperliche Anforderung	Wie hoch war die körperliche Anforderung der Aufgabe?	sehr niedrig	sehr hoch
Zeitliche Anforderung	Wie hoch war das Tempo der aufeinander folgenden Schritte der Aufgabe?	sehr niedrig	sehr hoch
Leistung	Wie erfolgreich haben Sie die geforderte Aufgabe Ihrer Ansicht nach durchgeführt?	perfekter Erfolg	Mißerfolg
Anstrengung	Wie sehr mussten Sie sich anstrengen, um die Leistung zu erreichen?	sehr wenig	sehr stark
Frustration	Wie verunsichert, entmutigt, gereizt und verärgert waren Sie?	sehr wenig	sehr stark

Tabelle 5.1: Fragen des „Task Load Index“ mit niedrigstem und höchstem Wert der Skalen (Übersetzung nach [33])

Wie weiter oben schon erwähnt, besteht der für die Nutzerstudie der vorliegenden Arbeit eingesetzte Fragebogen aus 28 Fragen. Die Fragen sind in drei Sektionen unterteilt. Er beginnt mit einer Einverständniserklärung, bei dem der Nutzer die wissenschaftliche Nutzung seiner Antworten durch eine Unterschrift bestätigen musste.

Zunächst werden allgemeine Details abgefragt. Dazu gehören Alter, Geschlecht, Händigkeit, sowie vorherige Kenntnisse von Gestensteuerungen wie *Nintendo Wii*, *Sony PlayStation EyeToy*, *Sony PlayStation Move*, *Microsoft Kinect* oder sonstige. („Kannten Sie Bewegungssteuerungen schon bevor Sie das Dreieck der Nachhaltigkeit benutzt haben?“ und „Haben Sie Bewegungssteuerungen vorher schon einmal benutzt? Wenn ja, welche?“)

Darauf folgt für jede der implementierten Gesten ein Block Fragen zu geistiger Anforderung, körperlicher Anstrengung, zeitlicher Anforderung, Leistung, Anstrengung, Frustra-

<i>Kategorie</i>	<i>Frage</i>	<i>niedrigster Wert</i>	<i>höchster Wert</i>
Geistige Anforderung	Wie hoch war die geistige Anforderung der Geste?	sehr niedrig	sehr hoch
Körperliche Anforderung	Wie hoch war die für die Geste benötigte körperliche Anstrengung?	sehr gering	sehr hoch
Zeitliche Anforderung	Wie hoch waren die zeitlichen Anforderungen der Geste?	sehr gering	sehr hoch
Leistung	Wie erfolgreich haben Sie die Geste Ihrer Ansicht nach durchgeführt?	Mißerfolg	perfekter Erfolg
Anstrengung	Wie sehr mussten Sie sich anstrengen, um Ihre Leistung zu erreichen? (z.B. mentale und körperliche Anstrengung)	sehr wenig	sehr stark
Frustration	Wie verunsichert, entmutigt, gereizt und verärgert waren Sie bei der Ausführung der Geste?	sehr wenig	sehr stark
Passgenauigkeit	Wie würden Sie die Passgenauigkeit der Geste zu der auf dem Bildschirm ausgeführten Aktion einschätzen?	passt überhaupt nicht	passt genau

Tabelle 5.2: Fragen der Nutzerstudie zum „Dreieck der Nachhaltigkeit“ mit niedrigstem und höchstem Wert der Skalen.

tion und Passgenauigkeit der jeweiligen Geste. Bei diesen Fragen musste der Teilnehmer jede Geste einzeln auf einer zwanzigteiligen Skala bewerten. Dabei war jeweils der höchste Wert der höchste Aufwand für die geistige und zeitliche Anforderung, sowie die körperlichen Anstrengung, der perfekte Erfolg bei der Leistung, hohe Anstrengung und starke

Verunsicherung. Bei der Passgenauigkeit ist der höchste Wert mit „passt genau“ assoziiert. Die ausgeschriebenen Fragen zu jeder Geste lassen sich in Tabelle 5.2 ablesen.

Nach den drei Blöcken zu den einzelnen Gesten folgen zwei abschließende Fragen. Hier musste der Teilnehmer die drei Gesten in eine Reihenfolge gemäß seines Gesamteindrucks bringen. („Bitte ordnen Sie die Gesten gemäß Ihres Gesamteindrucks von 1. (bevorzugte Geste) über 2. (nächstbeste Geste) bis 3. (am wenigsten bevorzugte Geste).“)

In der abschließenden Frage sollte der Teilnehmer angeben, wie hilfreich oder ablenkend insgesamt die Gestensteuerung zum Aufnehmen und Verstehen der Informationen im „Dreieck der Nachhaltigkeit“ war. Auch in dieser Frage wird die zwanzigteilige Skala der vorherigen Fragen eingesetzt. Die Frage lautet „War die Art der Steuerung insgesamt eher hilfreich oder ablenkend um die Informationen des Dreiecks der Nachhaltigkeit aufzunehmen?“ mit „eher ablenkend“ für den niedrigsten Wert und „eher hilfreich“ für den höchsten Wert.

Der komplette Fragebogen befindet sich im Anhang.

5.3 Auswertung Ergebnisse

Die durchgeführte Nutzerstudie hatte 43 Teilnehmer. Davon waren 28 männlich und 15 weiblich. Das durchschnittliche Alter war $\bar{x} = 21,79$ Jahre mit einer Standardabweichung von $s = 9,87$. Der älteste Teilnehmer war 59, der jüngste 10 Jahre alt. Das Alter der Teilnehmer ist nicht normalverteilt. 95% waren zwischen 18,75 und 24,82 Jahre alt.

36 der Teilnehmer gaben an Rechtshänder zu sein. Sieben gaben Links als präferierte Hand an. Die Frage, ob vorherige Kenntnisse über Gestensteuerungen vorhanden sind, bejahten 19 Teilnehmer. Die anderen 24 Teilnehmer gaben an, über keine Kenntnisse zu verfügen. Auf die Frage hin, welche Systeme die Teilnehmer vorher schon einmal benutzt zu haben, gaben jedoch 11 Teilnehmer, die bei der vorherigen Frage angegeben hatten, keine Gestensteuerungen kennen, an, dass sie die Systeme *Nintendo Wii*, beziehungsweise in jeweils zwei Fällen *Nintendo Wii* sowie *Sony PlayStation EyeToy* und in einem Fall *Microsoft Kinect* und *Nintendo Wii* schon benutzt haben. Bei dieser Frage war es möglich, mehr als eine Antwort zu geben. Insgesamt 23 Teilnehmer gaben an *Nintendo Wii* vor dem „Dreieck der Nachhaltigkeit“ schon benutzt zu haben. Acht benutzten vorher schon *Microsoft Kinect*, sechs *Sony PlayStation EyeToy* und vier *Sony PlayStation Move*. Zwei Teilnehmer gaben an, vorher schon sonstige Systeme benutzt zu haben. Darunter war ein nicht weiter beschriebenes System der Uni Passau und ein eigenentwickeltes System.

Die einzelnen Werte der Nutzerstudie der drei Blöcke für die drei Gesten sind in Tabelle 5.3 aufgeführt und in Diagramm 5.1 grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Ranglisten nach Bevorzugung der Gesten finden sich in Tabelle 5.4.

	<i>Geistige Anforderung</i>	<i>Körperliche Anforderung</i>	<i>Zeitliche Anforderung</i>	<i>Leistung</i>	<i>Anstrengung</i>	<i>Frustration</i>	<i>Passgenauigkeit</i>
<i>Einhandwischen</i>	3,09 (3,51)	2,98 (3,70)	3,79 (3,61)	13,12 (4,15)	3,79 (3,47)	2,37 (3,50)	14,23 (3,57)
<i>Zweihandschere</i>	2,79 (3,19)	3,33 (3,32)	3,26 (3,10)	14,23 (3,70)	3,93 (3,77)	2,33 (2,94)	14,02 (4,14)
<i>Wischen mit erhobener Hand</i>	3,70 (3,64)	4,07 (4,05)	4,47 (4,61)	12,67 (4,54)	3,77 (3,81)	3,60 (4,14)	13,07 (5,08)

Tabelle 5.3: Durchschnittliche Wertungen \bar{x} der Gesten *Einhandwischen*, *Zweihandschere* und *Wischen mit erhobener Hand*. Die eingeklammerten Werte sind errechnete Standardabweichungen s .

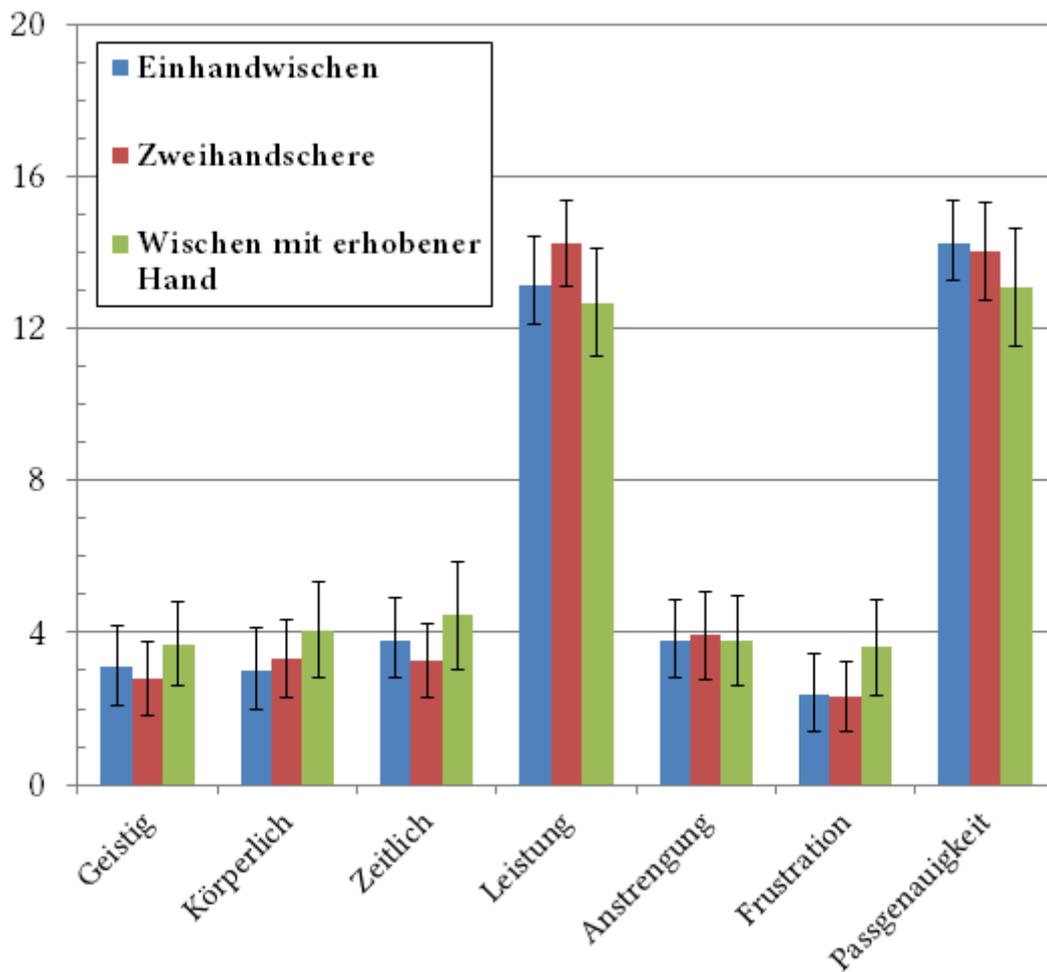


Abbildung 5.1: Die dargestellten Werte zeigen den Mittelwert und die Standardabweichung der Gesten *Einhandwischen*, *Zweihandschere* und *Wischen mit erhobener Hand* mit Indikatoren für Werte, die im 95%igen Konfidenzintervall liegen.

	<i>bevorzugte Geste</i>	<i>nächstbeste Geste</i>	<i>am wenigsten bevorzugte Geste</i>
<i>Einhandwischen</i>	18	16	6
<i>Zweihandschere</i>	21	12	7
<i>Wischen mit erhobener Hand</i>	1	12	27

Tabelle 5.4: Auswertung der Ranglisten nach bevorzugter Geste, nächstbesten Geste und am wenigsten bevorzugten Geste der Teilnehmer.

Insgesamt wurden alle drei Gesten ähnlich bewertet. Bei der geistigen Anforderung wurde *Zweihandschere* am besten, *Wischen mit erhobener Hand* am schlechtesten bewertet. Auch bei der körperlichen Anstrengung schnitt die Geste *Wischen mit erhobener Hand* am schlechtesten ab. Darauf folgt die Geste *Zweihandschere* und *Einhandwischen* als am besten bewertete Geste. Die am besten bewertete Geste in der Kategorie zeitliche Anforderung ist *Zweihandschere*. Auf Platz zwei ist die Geste *Einhandwischen* und auf dem letzten Platz die Geste *Wischen mit erhobener Hand*. Bei der Bewertung der eigenen Leistung bei der erfolgreichen Durchführung der Gesten wurde *Zweihandschere* als am erfolgreichsten bewertet. Darauf folgt *Einhandwischen* und danach *Wischen mit erhobener Hand*. Die höchste Anstrengung empfanden die Teilnehmer der Studie bei der Ausführung der Geste *Zweihandschere*. Die geringste Anstrengung empfanden die Teilnehmer bei der Geste *Wischen mit erhobener Hand*. Am meisten verunsichert waren die Teilnehmer bei der Ausführung der Geste *Wischen mit erhobener Hand*. Darauf folgt die Geste *Einhandwischen* und danach *Wischen mit erhobener Hand*. Bei der Passgenauigkeit der Gesten wurde *Einhandwischen* als am passendsten bewertet. Darauf folgt *Zweihandschere* und als am unpassendsten *Wischen mit erhobener Hand*. Diese Wertungen werden durch die Ranglisten der Teilnehmer weiter unterstützt. Die beliebtesten Gesten waren *Zweihandschere* und *Einhandwischen*. *Wischen mit erhobener Hand* wurde vom Großteil der Teilnehmer auf den letzten Platz als am wenigsten bevorzugte Geste gewählt.

5.4 Eigene Beobachtungen des Nutzerverhaltens und spontane Nutzerkommentare

Während der Ausstellung des „Dreiecks der Nachhaltigkeit“ konnten einige Verhaltensweisen und Muster beobachtet werden.

Die Benutzer des „Dreiecks der Nachhaltigkeit“ lassen sich grob in drei Kategorien einteilen. Als erstes die Benutzer, die aktiv angesprochen wurden, die Gestensteuerung auszuprobieren. Diesen Personen wurden direkt alle Gesten mitsamt der „Calibration pose“

entweder vorgemacht oder am eigenen Beispiel vorgeführt. Die nächste Gruppe waren die Benutzer, welche die Gesten und „Calibration pose“ durch zusehen bei einem anderen Benutzer gelernt und dann eigenständig die Steuerung ausprobiert haben. In der dritten Gruppe waren Benutzer, welche ohne Einweisung oder Beobachten von anderen Nutzern versucht haben, das System zu benutzen.

Personen aus der letzten Gruppe hatten Probleme die „Calibration pose“ zu finden, die vom System vor dem Start der Nutzung zwingend benötigt wird. Dadurch wurde oftmals die Interaktion nach wenigen Sekunden wieder abgebrochen. Wurde jedoch die Pose gefunden, wurde die Interaktion schnell verstanden.

Des Weiteren versuchten viele Besucher andere Gesten über die implementierten Gesten hinaus auszuführen.

Mehrere Besucher nannten die Gesten am Anfang als schwer auszuführen, jedoch bedurfte es ihnen nur einer kurzen Eingewöhnungszeit. Danach führten sie die Gesten ohne Probleme aus. Ein Teilnehmer der Studie bezeichnete die Gestensteuerung anfangs als „[...] eher ablenkend, da man sich sehr auf Bewegungen konzentrieren musste[...]“. Ein anderer Teilnehmer beschrieb die Gestensteuerung insgesamt mit „mehr Rumspielen als Infos aufnehmen“.

Später wurde das System dann auch noch „hilfreich“ genannt, sobald man den Bewegungsablauf der Gesten verinnerlicht hätte.

Ein Teilnehmer merkte an, dass die Geste *Wischen mit erhobener Hand* in falscher Richtung arbeiten würde. Als Beispiel nannte er das Umblättern eines Buches oder Kalenders.

Die Teilnehmer der Studie benutzten das System ungefähr zwischen einer und fünf Minuten. Keiner der Teilnehmer sprach mögliche Ermüdungserscheinungen bei der Ausführung der Gesten an. Vorherige Tests während der Implementierung zeigten jedoch dass, die Gesten über lange Zeit (mehr als 30 Minuten) eher anstrengend waren, da die Arme oft über lange Perioden ausgestreckt gehalten werden mussten.

Abseits der Studie wurde sichtbar, dass alle Altersklassen das „Dreieck der Nachhaltigkeit“ benutzten. So war der jüngste Benutzer etwa fünf, der älteste über 80 Jahre alt. Die jüngeren Benutzer hatten eher wenig Interesse an den dargestellten Daten. Bei ihnen war die Steuerung die „Hauptattraktion“. Ältere Benutzer nahmen sich jedoch nach der Meistertung der Steuerung die Zeit und sahen sich die Daten genauer an.

6 Diskussion und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Nutzerstudie diskutiert. Außerdem wird auf Probleme während der Implementierung und Ausführung der Nutzerstudie eingegangen. Abschließend wird die Arbeit kurz zusammengefasst.

6.1 Interpretation der Ergebnisse

Aufgrund der Ergebnisse der Nutzerstudie kann man die implementierten Gesten als geeignet ansehen, einen virtuellen Globus mit räumlich-zeitlichen Daten zu steuern. Die Gesten *Einhandwischen* und *Zweihandschere* erreichen durchweg gute Wertungen in allen Kategorien der Studie. Insgesamt scheint die Geste *Zweihandschere* den Teilnehmern am besten zu gefallen. Dies zeigt sich nicht nur durch die Platzierung der Geste als bevorzugte Geste, sondern auch durch die Platzierung in den Kategorien. Die Geste erfordert die geringste geistige Anforderung, die geringste zeitliche Anforderung und wird als am erfolgreichsten ausgeführt empfunden und erzeugt die wenigste Frustration.

Darauf folgt die Geste *Einhandwischen*. Sie ist in den Platzierungen bei über 40% der Teilnehmer als bevorzugte Geste genannt worden. Auch in den Kategorien körperliche Anstrengung, gesamte Anstrengung um die Geste auszuführen und Passgenauigkeit wird *Einhandwischen* als beste Geste bewertet. Die geringere Anstrengung lässt sich dadurch erklären, dass nur ein Arm benutzt werden muss.

Die am schlechtesten bewertete Geste ist *Wischen mit erhobener Hand*. Sie wird nur von einem Teilnehmer als bevorzugte Geste genannt und sonst überwiegend am wenigsten bevorzugt. Dies wird auch von den Wertungen in den Kategorien unterstützt. Die Abneigung gegenüber dieser Geste lässt sich durch fehlende Gemeinsamkeiten mit bekannten Gesten oder Posen erklären. Mögliche Alternativen wären hier zum Beispiel das Nachahmen einer Uhr mit den Armen als Zeiger in verschiedene Richtungen oder das Verstellen der Zeiger einer Uhr in einer Kreisbewegung.

Insgesamt wird die Gestensteuerung allerdings als positiv beim Aufnehmen von Informationen auf einem virtuellen Globus gesehen.

6.2 Probleme und mögliche Weiterentwicklung

Nach der Durchführung der Nutzerstudie und Entwicklung der Gesten wurden einige Probleme sichtbar. So ist das System sehr stark von der Armlänge des Benutzers abhängig. Dies führte besonders bei Kindern zu Problemen die Gesten *Zweihandschere* und *Wischen mit erhobener Hand* auszuführen. Aber auch Erwachsene mit kurzen Armen hatten diese Probleme. Eine weitere Optimierung durch Veränderung des festen Wertes der Armlänge hätte dies jedoch höchstwahrscheinlich nicht ändern können, da sonst das System für Gesten von durchschnittlichen Personen überempfindlich gewesen wäre. Eine Möglichkeit wäre es, die Armlänge abhängig vom Benutzer dynamisch zu berechnen.

Weiterhin hat das System eine Überempfindlichkeit beim stationären Halten des Armes im Erkennungsbereich. Hält der Benutzer den Arm so von sich entfernt, dass der Bewegungsmodus aktiviert wird, er den Arm jedoch nicht bewegt, „zittert“ die Anzeige durch Ungenauigkeiten beim Abfragen der Handposition durch OpenNI. Dies hätte sich durch Filterung der Position auf kleine und hochfrequente Änderungen auch verhindern lassen können.

Wie schon in Kapitel 4.1 und 5.4 erwähnt, benötigt das System eine Kalibrierungspose, die der Nutzer einnehmen muss, bevor er durch das System erkannt wird. Der Einsatz von *OpenNI* machte dies nötig. Dies führte teilweise zu Verunsicherung, sodass potentielle Benutzer abgeschreckt wurden. Zusätzlich hat das System bei zunehmender Anzahl an Personen im Sichtfeld der *Kinect* Probleme bei der Erkennung der Kalibrierungspose. Die einzige Möglichkeit dieses Problem zu umgehen, ist es, sich nur einzeln in das Sichtfeld zu stellen und die Kalibrierungspose einzunehmen. Sobald jedoch eine Person erkannt ist, sind mehrere Personen im Sichtfeld überhaupt kein Problem.

Bei der Nutzerstudie zeigte sich, dass die Fragen teilweise missverständlich gestellt worden sind. So gaben mehrere Teilnehmer an, *Nintendo Wii* oder *Microsoft Kinect* vorher schon einmal benutzt zu haben, obwohl sie in einer vorherigen Frage geantwortet haben keine Kenntnisse über Gestensteuerungen zu haben.

Weiterhin ist im hier verwendeten Fragebogen die Kategorie zur Bewertung der eigenen Leistung gegenüber dem originalen NASA TLX invers. So ist der perfekte Erfolg am oberen Ende der Skala, während beim TLX der perfekte Erfolg am unteren Ende der Skala zu finden ist. (vergleiche Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2)

Für zukünftige Iterationen des Systems könnten mehr Gesten implementiert werden. Zum Beispiel für Neigen oder Drehen der Ansicht. Auch könnte die Erkennung der Kalibrierungspose verbessert werden, sowie die Kompatibilität für Kinder erhöht werden. Es würde sich außerdem anbieten, das System gezielter mit einzelnen Altersgruppen zu evaluieren.

Weiterhin würde es sich anbieten, statische Gesten oder Gesten mit Stellung von Fingern oder Händen zu implementieren.

Die Übertragung auf andere Hardware, wie *Leap*¹ oder das Benutzen des offiziellen *Microsoft Kinect SDK* wären weitere Möglichkeiten.

6.3 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde eine Gestensteuerung für einen virtuellen Globus entwickelt. Ein Benutzer ist in der Lage, den angezeigten Kartenausschnitt und den zeitlichen Rahmen der angezeigten Daten mit Hilfe von Armgesten zu verändern. Das System basiert auf *NASA World Wind* und *Microsoft Kinect*.

Das implementierte System wurde anschließend mit einer Nutzerstudie mit 43 Teilnehmern evaluiert. Die Auswertung hat gezeigt, dass sich, bis auf die Geste für das Manipulieren des zeitlichen Rahmens, die Gesten zur Steuerung eines virtuellen Globus eignen.

¹<http://leapmotion.com/>

Literaturverzeichnis

- [1] TUTTLE, B. T. ; ANDERSON, S. ; HUFF, R.: Virtual Globes: An Overview of Their History, Uses, and Future Challenges. In: *Geography Compass* 2 (2008), Nr. 5, 1478–1505. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00131.x>. – DOI 10.1111/j.1749-8198.2008.00131.x. – ISSN 1749–8198
- [2] STANNUS, S ; ROLF, D. ; LUCIEER, A. ; CHINTHAMMIT, W.: Gestural navigation in Google Earth. In: *Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference*. New York, NY, USA : ACM, 2011 (OzCHI '11). – ISBN 978-1-4503-1090-1, 269–272
- [3] BOULOS, M. K. N. ; BLANCHARD, B. ; WALKER, C. ; MONTERO, J. ; TRIPATHY, A. ; GUTIERREZ-OSUNA, R.: Web GIS in practice X: a Microsoft Kinect natural user interface for Google Earth navigation. In: *International Journal of Health Geographics* 10 (2011), Nr. 1, 45. <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-10-45>. – DOI 10.1186/1476-072X-10-45. – ISSN 1476–072X
- [4] FRANCESE, R. ; PASSERO, I. ; TORTORA, G.: Wiimote and Kinect: gestural user interfaces add a natural third dimension to HCI. In: *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*. New York, NY, USA : ACM, 2012 (AVI '12). – ISBN 978-1-4503-1287-5, 116–123
- [5] HART, S. G. ; STAVENLAND, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. Version: 1988. <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/downloads/NASA-TLXChapter.pdf>. In: *Human Mental Workload*. Elsevier, 1988, Kapitel 7, 139–183
- [6] BAUDEL, T. ; BEAUDOUIN-LAFON, M.: Charade: remote control of objects using free-hand gestures. In: *Commun. ACM* 36 (1993), Juli, Nr. 7, 28–35. <http://dx.doi.org/10.1145/159544.159562>. – DOI 10.1145/159544.159562. – ISSN 0001–0782
- [7] ZIMMERMAN, T. G. ; LANIER, J. ; BLANCHARD, C. ; BRYSON, S. ; HARVILL, Y.: A hand gesture interface device. In: *Proceedings of the SIGCHI/GI conference on Human factors in computing systems and graphics interface*. New York, NY, USA : ACM, 1987 (CHI '87). – ISBN 0-89791-213-6, 189–192

- [8] FREEMAN, W.T. ; WEISSMAN, C.: Television control by hand gestures. In: *Proc. of Intl. Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1995, S. 179–183
- [9] KAR, A.: Skeletal Tracking using Microsoft Kinect The Microsoft Kinect sensor. In: *Methodology* (2010), 1–11. <http://home.iitk.ac.in/~akar/cs397/Skeletal%20Tracking%20Using%20Microsoft%20Kinect.pdf>
- [10] DAIBER, F. ; SCHÖNING, J. ; KRÜGER, A.: Whole Body Interaction with Geospatial Data. In: *Proc. of Smart Graphics 2009* Bd. 5531/2009, Springer, 2009, 81-92
- [11] COHEN, C. J. ; BEACH, G. ; FOULK, G.: A basic hand gesture control system for PC applications. In: *Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, AIPR 2001 30th*, 2001, S. 74 –79
- [12] WOBROCK, J. O. ; MORRIS, M. R. ; WILSON, A. D.: User-defined gestures for surface computing. In: *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2009 (CHI '09). – ISBN 978–1–60558–246–7, 1083–1092
- [13] JOKISCH, M. ; BARTOSCHEK, T. ; SCHWERING, A.: Usability testing of the interaction of novices with a multi-touch table in semi public space. In: *Proc. of HCI'11*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2011. – ISBN 978–3–642–21604–6, 71–80
- [14] HAN, J. Y.: Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection. In: *Proc. of UIST '05*. New York, NY, USA : ACM, 2005. – ISBN 1–59593–271–2, 115–118
- [15] BHUIYAN, M. ; PICKING, R.: Gesture-controlled user interfaces, what have we done and what's next? / Centre for Applied Internet Research (CAIR). Version: 2009. http://www.glyndwr.ac.uk/Computing/Research/pubs/SEIN_BP.pdf. Wrexham, UK, 2009. – Forschungsbericht
- [16] WACHS, J. P. ; KÖLSCH, M. ; STERN, H. ; EDAN, Y.: Vision-based hand-gesture applications. In: *Commun. ACM* 54 (2011), Februar, Nr. 2, 60–71. <http://dx.doi.org/10.1145/1897816.1897838>. – DOI 10.1145/1897816.1897838. – ISSN 0001–0782
- [17] RAUSCHERT, I. ; AGRAWAL, P. ; SHARMA, R. ; FUHRMANN, S. ; BREWER, I. ; MACÉACHREN, A.: Designing a human-centered, multimodal GIS interface to support emergency management. In: *Proc. of GIS '02*. New York, NY, USA : ACM, 2002. – ISBN 1–58113–591–2, 119–124

- [18] LINDERHOLM, O.: *Kinect Introduced at E3*. http://blogs.technet.com/b/microsoft_blog/archive/2010/06/14/kinect-introduced-at-e3.aspx, . – abgerufen am 19.06.2012
- [19] MICROSOFT NEWS CENTER: *PrimeSense Supplies 3-D-Sensing Technology to 'Project Natal' for Xbox 360*. <http://www.microsoft.com/en-us/news/press/2010/mar10/03-31PrimeSensePR.aspx>, . – abgerufen am 11.07.2012
- [20] MICROSOFT SOFTWARE DEVELOPER NETWORK: *Kinect for Windows Sensor Components and Specifications*. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>, . – abgerufen am 11.07.2012
- [21] ADAFRUIT INDUSTRIES: *The Open Kinect project - THE OK PRIZE - get 3,000 bounty for Kinect for Xbox 360 open source drivers*. <http://www.adafruit.com/blog/2010/11/04/the-open-kinect-project-the-ok-prize-get-1000-bounty-for-kinect-for-xbox-360-open-source-drivers/>, . – abgerufen am 19.06.2012
- [22] ADAFRUIT INDUSTRIES: *WE HAVE A WINNER - Open Kinect driver(s) released - Winner will use 3k for more hacking - PLUS an additional 2k goes to the EFF!* <http://www.adafruit.com/blog/2010/11/10/we-have-a-winner-open-kinect-drivers-released-winner-will-use-3k-for-more-hacking-plus-an-additional-2k-goes-to-the-eff/>, . – abgerufen am 03.07.2012
- [23] OPENKINECT: *Welcome to the OpenKinect project*. http://openkinect.org/wiki/Main_Page, . – abgerufen am 03.07.2012
- [24] CODE LABORATORIES: *CL NUI Platform - Kinect Preview*. <http://codelaboratories.com/nui/>, . – abgerufen am 03.07.2012
- [25] MICROSOFT CORPORATION: *Develop for Kinect | Microsoft Kinect for Windows*. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, . – abgerufen am 03.07.2012
- [26] THE OPENNI ORGANIZATION: *OpenNI Home*. <http://www.openni.org/>, . – abgerufen am 19.06.2012
- [27] THE OPENNI ORGANIZATION: *OpenNI Reference Introduction*. <http://openni.org/Documentation/Reference/introduction.html>, . – abgerufen am 03.07.2012
- [28] THE OPENNI ORGANIZATION: *OpenNI Programmer Guide*. <http://openni.org/Documentation/ProgrammerGuide.html>, . – abgerufen am 04.07.2012

-
- [29] GITHUB BENUTZER AVIN2: *avin2 / SensorKinect*. <https://github.com/avin2/SensorKinect/>, . – abgerufen am 02.07.2012
- [30] THE OPENNI ORGANIZATION: *OpenNI Documentation*. <http://openni.org/Documentation/>, . – abgerufen am 02.07.2012
- [31] PRIMESENSE: *Nite - the Natural Interaction Middleware from PrimeSense*. <http://www.primesense.com/Nite/>, . – abgerufen am 03.07.2012
- [32] DAVISON, A.: *Kinect Open Source Programming Secrets: Hacking the Kinect with OpenNI, Nite, and Java*. McGraw-Hill, 2012. – ISBN 9780071783187
- [33] PFENDLER, C.: Vergleichende Bewertung der NASA-TLX-Skala bei der Erfassung von Lernprozessen. In: *Forschungsinstitut für Anthropotechnik, Wachtberg, Bericht (1991), Nr. 2*

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Gedanklich, inhaltlich oder wörtlich übernommenes habe ich durch Angabe von Herkunft und Text oder Anmerkung belegt bzw. kenntlich gemacht. Dies gilt in gleicher Weise für Bilder, die nicht von mir selbst erstellt wurden.

Alle, außer die verwendeten Software-Bibliotheken *OpenNI*, *NITE* und *World Wind*, auf der CD beigefügten Programmteile sind von mir selbst programmiert worden.

15. August 2012

Gerald Pape

Anhang

Nutzerbefragung Dreieck der Nachhaltigkeit

Mit dem Ausfüllen dieses Fragebogens oder der Beantwortung der Fragen durch Befragung willige ich der wissenschaftlichen Nutzung meiner Antworten unter Einhaltung von Datenschutz ein.

Unterschrift

Ort, Datum

Allgemeiner Teil

Zutreffendes bitte ankreuzen:

Alter: _____

Geschlecht: männlich weiblich

Händigkeit: Linkshänder Rechtshänder

Kannten Sie Bewegungssteuerungen schon bevor Sie das Dreieck der Nachhaltigkeit benutzt haben?

Ja Nein

Haben Sie Bewegungssteuerungen vorher schon einmal benutzt? Wenn ja welche?

Kinect Wii Playstation Move Playstation EyeToy sonstige: _____

Geste zum Bewegen des Kartenausschnittes („Einhand-Wischen“)

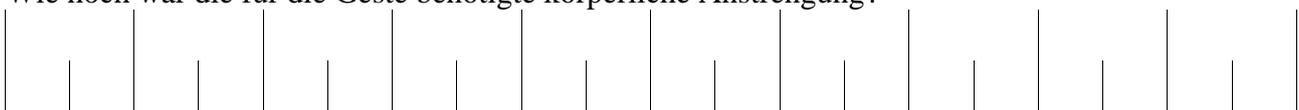
Wie hoch waren die geistigen Anforderungen der Geste?



sehr niedrig

sehr hoch

Wie hoch war die für die Geste benötigte körperliche Anstrengung?



sehr gering

sehr hoch

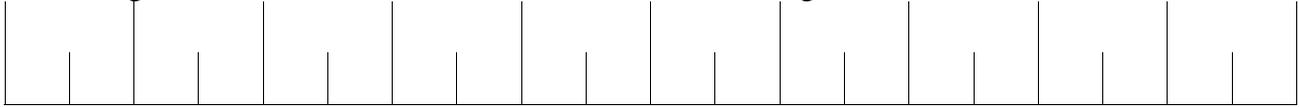
Wie hoch waren die zeitlichen Anforderungen der Geste?



sehr gering

sehr hoch

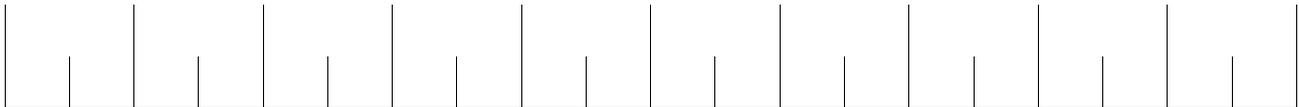
Wie erfolgreich haben Sie die Geste Ihrer Ansicht nach durchgeführt?



Mißerfolg

perfekter Erfolg

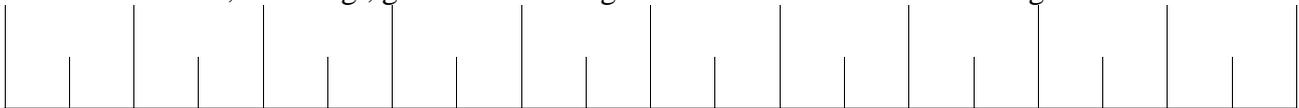
Wie sehr mussten Sie sich anstrengen, um Ihre Leistung zu erreichen? (z.B. mentale und körperliche Anstrengung)



sehr wenig

sehr stark

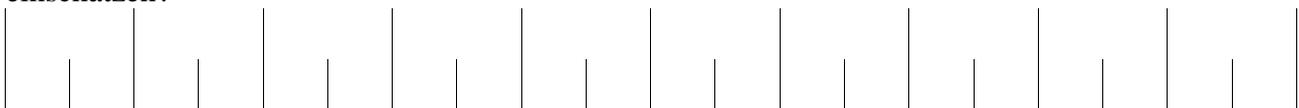
Wie verunsichert, entmutigt, gereizt und verärgert waren Sie bei der Ausführung der Geste?



sehr wenig

sehr stark

Wie würden Sie die Passgenauigkeit der Geste zu der auf dem Bildschirm ausgeführten Aktion einschätzen?

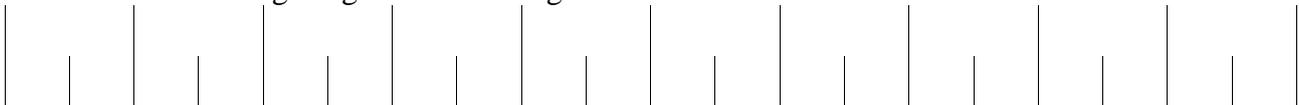


passt überhaupt nicht

passt genau

Geste zum Vergrößern/Verkleinern des Kartenausschnittes („Zweihandschere“)

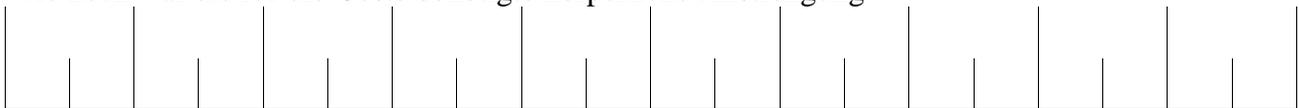
Wie hoch waren die geistigen Anforderungen der Geste?



sehr niedrig

sehr hoch

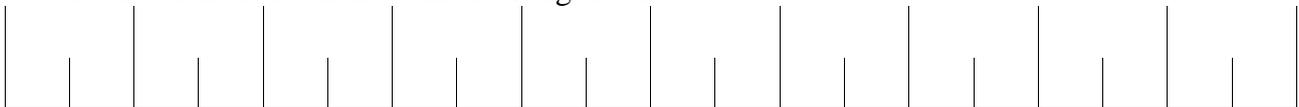
Wie hoch war die für die Geste benötigte körperliche Anstrengung?



sehr gering

sehr hoch

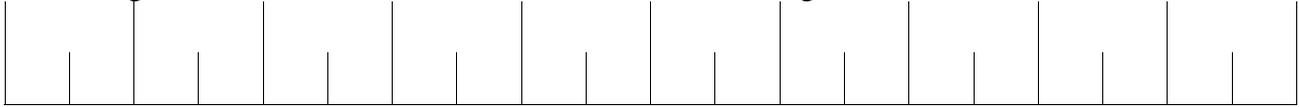
Wie hoch waren die zeitlichen Anforderungen der Geste?



sehr gering

sehr hoch

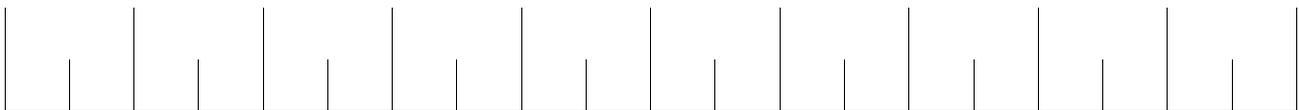
Wie erfolgreich haben Sie die Geste Ihrer Ansicht nach durchgeführt?



Mißerfolg

perfekter Erfolg

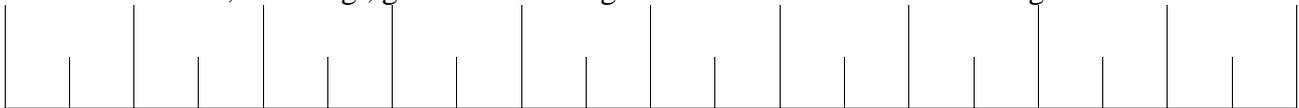
Wie sehr mussten Sie sich anstrengen, um Ihre Leistung zu erreichen? (z.B. mentale und körperliche Anstrengung)



sehr wenig

sehr stark

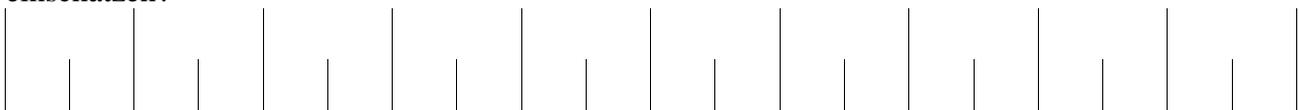
Wie verunsichert, entmutigt, gereizt und verärgert waren Sie bei der Ausführung der Geste?



sehr wenig

sehr stark

Wie würden Sie die Passgenauigkeit der Geste zu der auf dem Bildschirm ausgeführten Aktion einschätzen?

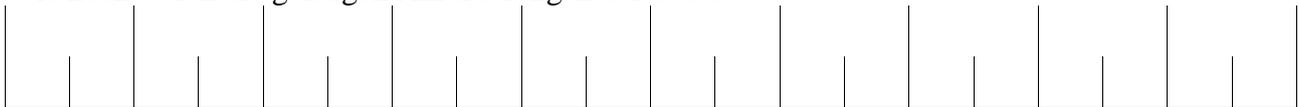


passt überhaupt nicht

passt genau

Geste zum Ändern des angezeigten Jahres („Wischen mit erhobener Hand“)

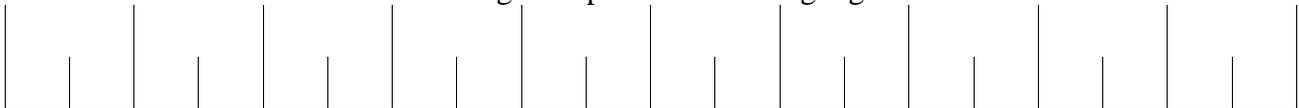
Wie hoch waren die geistigen Anforderungen der Geste?



sehr niedrig

sehr hoch

Wie hoch war die für die Geste benötigte körperliche Anstrengung?



sehr gering

sehr hoch

Wie hoch waren die zeitlichen Anforderungen der Geste?



sehr gering

sehr hoch

Wie erfolgreich haben Sie die Geste Ihrer Ansicht nach durchgeführt?

Mißerfolg

perfekter Erfolg

Wie sehr mussten Sie sich anstrengen, um Ihre Leistung zu erreichen? (z.B. mentale und körperliche Anstrengung)

sehr wenig

sehr stark

Wie verunsichert, entmutigt, gereizt und verärgert waren Sie bei der Ausführung der Geste?

sehr wenig

sehr stark

Wie würden Sie die Passgenauigkeit der Geste zu der auf dem Bildschirm ausgeführten Aktion einschätzen?

passt überhaupt nicht

passt genau

Abschließende Fragen

Bitte ordnen Sie die Gesten gemäß Ihres Gesamteindrucks von 1. (bevorzugte Geste) über 2. (nächstbeste Geste) bis 3. (am wenigsten bevorzugte Geste).

1. _____
2. _____
3. _____

War die Art der Steuerung insgesamt eher hilfreich oder ablenkend um die Informationen des Dreiecks der Nachhaltigkeit aufzunehmen?

eher ablenkend

eher hilfreich

Vielen Dank!