BACHELORARBEIT

KOSTENGÜNSTIGES MOTION CAPTURE MITTELS DER MICROSOFT KINECT IM BEZUG AUF DIE PRÄVISUALISIERUNG VON FILMSZENEN

MICHÊL MEEH

Matrikelnummer: 20820

Studiengang Audiovisuelle Medien

Hochschule der Medien Stuttgart

Erstprüfer:	Prof. Sven Bergmann
Zweitprüfer:	Prof. Katja Koeppl
Bearbeitungszeitraum:	15. Juni 2012 - 11. November 2012

Eidesstattliche Versicherung

Meeh, Michêl (Matr.-Nr. 20820)

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel

„KOSTENGÜNSTIGES MOTION CAPTURE MITTELS DER MICROSOFT KINECT IM BEZUG AUF DIE PRÄVISUALISIERUNG VON FILMSZENEN“

selbstständig und ohne unzulässige, fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

_____ _____

Ort, Datum Unterschrift

Abstract

This bachelor thesis deals with a cost-effective method of Motion Capturing using the Microsoft Kinect system. It will showcase the way of using this method for the previsualisation of film sequences as well as its common workflow. Furthermore there will be a practical insight about the creation of a previsualisation sequence using this method, which will illustrate possible fields of application. Subsequently a discussion about the practical usage of this method, focused mainly on the medium-sized film industry, will follow. The conclusion will moreover provide an outlook on the future development of the “Microsoft Kinect” system.

Kurzreferat

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit einer kostengünstigen Variante des Motion Captures mittels des Microsoft Kinect Systems. Es soll gezeigt werden, inwiefern sich dieses System zur Prävisualisierung von Filmsequenzen nutzen lässt und einen detailierten Einblick in den Workflow dieses Systems bieten. Das theoretische Konstrukt wird nachfolgend durch ein konkretes Anwendungsbeispiel der Technik, in Form einer prävisualisierten Filmsequenz, in die Praxis übertragen. Die sich daraus ergebende Frage nach einer tatsächlichen Praxisanwendung dieser Methode wird nachfolgend diskutiert, wobei die mittelständische Filmproduktion in den Fokus gestellt wird. Abschließend wird ein Ausblick über die künftige Entwicklung des Mircosoft Kinect Systems gegeben.

Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt dem betreuenden Professor **Sven Bergmann** für die tatkräftige Unterstützung während dieser Arbeit.

Darüber hinaus möchte ich meinem Kommilitonen **Patrick Klose** für die Unterstützung im Bereich der Programmierung danken.

Ein weiterer Dank geht an **Jasper Brekelmans**, der die verwendete Software programmiert hat und auch die von ihm kostenpflichte Brekel Kinect Pro Face Applikation für diese Arbeit kostenlos zur Verfügung gestellt hat.

Zuletzt möchte ich **meiner Freundin, meiner Familie und meinen Freunden** für ihre Unterstützung danken.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Versicherung ..... **II**

Abstract ..... **III**

Kurzreferat ..... **IV**

Danksagung ..... **V**

Inhaltsverzeichnis ..... **VI**

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis ..... **VII**

Glossar ..... **VIII**

1. Einleitung **1**
- **1.1 Motivation** **1**
- **1.2 Gliederung** **2**

2. Vorwissen und Grundlagen **3**
- **2.1 Die Prävisualisierung** **3**
  - 2.1.1 Die Technical Previsualization 4
  - 2.1.2 Die On-set Previsualization 5
  - 2.1.3 Die Postvisualization 6
  - 2.1.4 Die Pitchvis 6
- **2.2 Nutzen der Prävisualisierung** **7**
- **2.3 Motion Capture** **9**
  - 2.3.1 Einleitung zum Thema Motion Capture 9
  - 2.3.2 Motion Capture gegenüber Handanimation 11

3. Die Kinect Tiefenkamera **13**
- **3.1 Einleitung** **13**
- **3.2 Aufbau** **15**
- **3.3 Der Tiefensensor und seine Funktion** **16**

4. Professionelles Equipment und die Kinect im Vergleich **19**

5. Nutzen für mittelständische Produktionshäuser **23**

6. Praktische Arbeit: Vor der Produktion **24**
- **6.1 Die Auswahl der Software** **24**
- **6.2 Die Auswahl der Filmszenen** **26**

7. Praktische Arbeit: Die Produktion **27**
- **7.1 Versuchsaufbau und Hardwarevoraussetzungen** **27**
- **7.2 Der Ablauf der Aufzeichnung** **30**
- **7.3 Die Postproduktion** **33**
- **7.4 Zusatz: Performance Capture** **38**
- **7.5 Eine Fiktive Kostenaufstellung** **43**

8. Fazit und zukünftige Entwicklung **45**
- **8.1 Fazit** **45**
- **8.2 Zukünftige Entwicklung** **46**

9. Anlagenverzeichnis **48**

10. Quellen- und Literaturverzeichnis **49**

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Virtual Production ... 3
Abbildung 2: Prävisualisierung in Maya ... 4
Abbildung 3: Schematische Darstellung der Produktionsglieder ... 7
Abbildung 4: Endresultat (links) und Prävisualisierung (rechts) ... 8
Abbildung 5: Prozess des Motion Captures ... 10
Abbildung 6 : Performance Capture in Planet of the Apes – Prevolution ... 12
Abbildung 7: 3D-Charakter zu Abbildung 6 ... 12
Abbildung 8: Die Microsoft Kinect ... 15
Abbildung 9: Punktemuster des Kinect Projektors ... 16
Abbildung 10: Funktionsweise des Projektors und der astigmatischen Linse ... 17
Abbildung 11: Segmentierung der Körperteile aus Tiefenbildern ... 18
Abbildung 12: Motion Capture Set mit Vicon Kameras ... 19
Abbildung 13: Schnelle Bewegung des Trackingmarkers, niedrige Abtastrate ... 20
Abbildung 14: Schnelle Bewegung des Tracking Markers, hohe Abtastrate ... 20
Abbildung 15: Bis Dato größtes Outdoor Motion Capture Set ... 22
Abbildung 16: Prävisualisierung des größten Outdoor Motion Capture Sets ... 22
Abbildung 17: Boots-Szene aus Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn ... 26
Abbildung 18: Opern-Szene aus Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn ... 26
Abbildung 19: Raum für die Motion Capture Aufnahmen ... 28
Abbildung 20: Motionbuilder Bone Naming ... 30
Abbildung 21: Benutzerinterface des Programms Brekel Kinect Pro Face ... 32
Abbildung 22: (a) T-Pose Mensch, (b) T-Pose Skelett ... 34
Abbildung 23: Charakterisierungseinstellung in Motionbuilder ... 35
Abbildung 24: Blendshapes in Brekel Kinect Pro Face ... 39
Abbildung 25: Brekel Kinect Pro Face Daten auf 3D-Charakter angepasst ... 42
Abbildung 26: Realbild zu Abbildung 25 ... 42
Abbildung 27: Prototyp des Digit Sensors von Microsoft ... 47
Abbildung 28: Reales und produziertes 3D-Bild des Digit Sensors ... 47

Tabelle 1: Kostenaufstellung der Produktion ... 44

Glossar

Animatic	Ein Animatic, auch Story Reel genannt, ist ein gefilmtes Storyboard. Dabei werden die Einzelbilder des Storyboards zusammengeschnitten und gegebenenfalls rudimentäre Dialoge und Soundtrack hinzugefügt.
Animation-Layer	Ein Animation-Layer ist eine Ebene in Motionbuilder, auf der zusätzliche Animationen per Hand erstellt werden können.
CGI	Englisch: Computer generated imagery. Deutsch: Computergenerierte Bilder
Compositing	Das Compositing stellt die Zusammenführung verschiedener Bildelemente dar.
Control-Rig	Das Control-Rig stellt ein Steuerungselement für ein virtuelles Skelett dar.
Cutter	Beruf in der Postptoduktion. Der Cutter fügt fertige Szenen zu einem Film zusammen und bestimmt damit die Montage des Films.
Dreh	Unter dem Begriff Dreh versteht man die Aufnahme von Filmszenen an einem Filmset.
Dolly Track	Schienen auf denen der Kameradolly bewegt wird.
Greenscreen	Stoff oder Wand mit einer bestimmten grünen Farbe. Der Greenscreen ist ein Hilfsmittel für das Ausstanzen der Farbe Grün aus einem Bildsignal. Durch die ausgestanzte Farbe können verschiedene Hintergründe in die Szene eingefügt werden.
In- und Outpunkte	Start- und Endpunkt eines Filmclips.
Jittering	Unerwünschter Wechsel der Signalcharakteristik. Im Fall des Motion Captures: Zittern von Körperteilen.
Lichtdepartment	Das Team, welches beim Dreh eines Filmes für die Ausleuchtung des Drehortes zuständig ist.

Loop	Ein Loop bezeichnet eine Endloschleife.
MEL Script	MEL bedeutet Maya Embeded Language. Dabei handelt es sich um eine Programmiersprache in Autodesk Maya.
Motion Capture Artist	Schauspieler für Motion Capture Aufnahmen.
Motion Capture Suit	Enganliegender Anzug auf dem Reflektoren für Infrarotlicht angebracht sind.
m²	Flächeninhalt in Quadratmetern.
nm	Längenmaßeinheit Nanometer. Entspricht einem Milliardstel Meter.
Plotten	Anderes Wort für übertragen.
Rig	Aufhängung für eine Kamera.
Preproduction	Die Preproduction bezeichnet eine Vorproduktion.
Prop	Kurz für movie property. Begriff bezeichnet alle im Film zu sehenden Gegenstände.
Rendern	Das Rendern beschreibt den Prozess der Berechnung von Bildelementen.
SFX	Special Effects
Shot	Ein Shot beschreibt eine Einstellung im Film.
Smoothing	Unter dem Begriff des Smoothings versteht man in diesem Zusammenhang das Glätten von Animationskurven, um eine Bewegung flüssiger aussehen zu lassen.
T-Pose	Die T-Pose definiert eine Startposition beim Motion Capture. Die meisten 3D-Charaktere werden ebenfalls in einer T-Pose gemodelt. Durch dieses Vorgehen ist die spätere Verknüpfung von Motion Capture Daten und einem 3D-Charakter sehr einfach.
VFX	Visual Effects.

1. Einleitung

1.1 Motivation

Motion Capture Systeme werden in vielen Bereichen wie zum Beispiel im medizinischen oder sportlichen Bereich, aber auch im kreativen Bereich wie der Spieleentwicklung und der Filmproduktion eingesetzt.

Bisher war die Anwendung dieser Technik nur Spezialisten mit entsprechender Ausrüstung vorbehalten.

Nachdem Microsoft mit ihrer Spielekonsole, der Xbox 360, eine neue Gestensteuerung über eine von ihnen entwickelte Tiefenkamera, der **Microsoft Kinect**, einführte, eröffneten sich viele neue Wege.

Durch die sehr kostengünstige Tiefenkamera wurden viele Menschen auf neue Einsatzmöglichkeiten, neben der Anwendung als Spielecontroller, aufmerksam.

Für mich stellte sich daraufhin die Frage, ob man auch mit wenig bis gar keinen 3D-Kenntnissen und dem Einsatz von Motion Capture mittels der Kinect-Kamera, vorzeigbare Animationen erstellen kann und ob diese zur Prävisualisierung von Filmszenen genutzt werden können.

1.2 Gliederung

Diese Arbeit ist in folgende Bereiche aufgeteilt:

Kapitel zwei befasst sich mit den **Grundlagen der Prävisualisierung und des Motion Captures**. Das beinhaltet eine Einleitung in das jeweilige Thema und dazugehörige Beispiele.

Kapitel drei befasst sich mit den **technischen Gegebenheiten und der Funktionsweise der Kinect Kamera**.

Kapitel vier zeigt die Unterschiede der **Kinect Kamera im Vergleich zu professionellem Motion Capture Equipment** auf und beschreibt die daraus resultierenden Grenzen des Kinect Systems.

In Kapitel fünf wird der **Nutzen** des kostengünstigen Motion Captures **für mittelständische Produktionshäuser** untersucht.

Kapitel sechs zeigt die Auswahl der **Filmszenen**, welche im praktischen Teil dieser Arbeit in Form einer Prävisualisierung umgesetzt werden.

Kapitel sieben beschreibt die **Realisierung des Motion Captures** mittels der Kinect Kamera und die darauffolgende **Postproduktion**.

In Kapitel acht wird ein **Fazit** aus den gewonnenen Erkenntnissen gezogen und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten geworfen.

2. Vorwissen und Grundlagen

2.1 Die Prävisualisierung

Die Prävisualisierung ist heutzutage ein fester Bestandteil der Filmproduktion. Sie bezeichnet eine Preproduction, in welcher die geplanten Filmszenen sehr genau in Form einer Visualisierung umgesetzt werden. Die Umsetzung der Visualisierung kann in Form von handgezeichneten Skizzen, animierten Storyboards, einem Video oder einer Animation erfolgen.

Die heutzutage üblichste und flexibelste Art der Prävisualisierung wird in Form einer computergenerierten Animation erstellt. Dabei wird das Hauptaugenmerk nicht unbedingt auf die Optik der Animationen gelegt, sondern mehr auf den organisatorischen Aspekt einer Szene.

Im Einklang mit dem Begriff der Prävisualisierung wird auch oft der des **Virtual Moviemaking** genannt. Eine klare Definition des Begriffs gibt es nicht, es wird jedoch stets von der Integration von Animationen in allen Abläufen der Produktionskette gesprochen. Laut [OZ10] gibt es verschiedene Arten der Prävisualisierung.

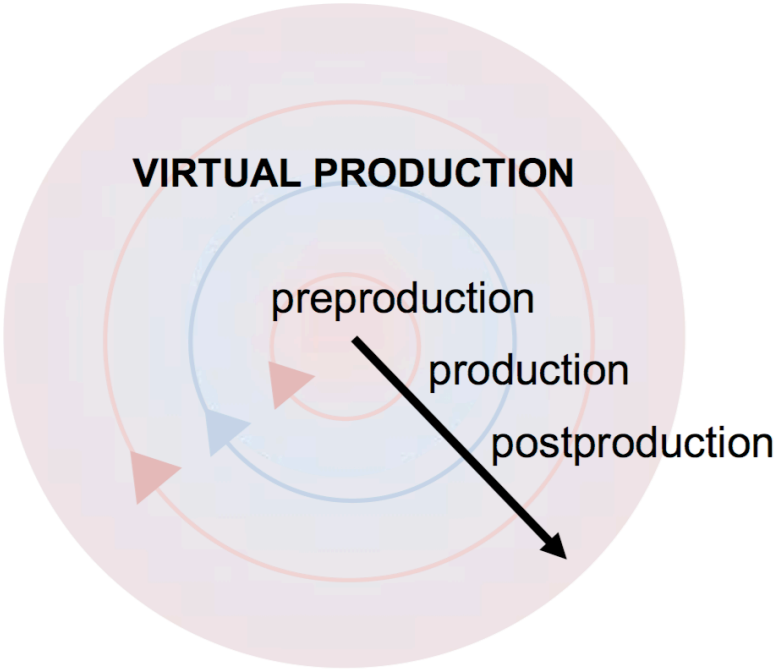

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Virtual Production

2.1.1 Die Technical Previsualization

Die **Technical Previsualization** beinhaltet die organisatorische Planung einer Filmszene. Dabei werden bspw. Laufwege der Schauspieler oder Bewegungsbahnen von Fahrzeugen geplant und zeitlich auf die Bewegung der Kamera abgestimmt. In dieser Form der Prävisualisierung hat der Regisseur die kreativen Möglichkeiten verschiedenste Kamerapositionen, Kamerafahrten, Kamerawinkel und Brennweiten, in der Animation, auszuprobieren und den für ihn besten passenden Aufbau auszuwählen.

Die daraus entstehenden Vorteile sind vielfältig. Das Lichtdepartment kann die Ausleuchtung des Sets anhand der Prävisualisierung planen und spart am Set somit wertvolle Produktionszeit. Bei dem Einsatz eines Greenscreens kann die genaue Positionierung und Größe auf den Kamerawinkel und die Brennweite der Optik abgestimmt werden, damit der Hintergrund bildfüllend durch den Greenscreen abgedeckt wird. Der Standort von Kamerakränen und der Dolly Tracks kann so gewählt werden, dass sie außerhalb des Sichtbereiches der aktiven Kamera liegen. Die gesammelten Erkenntnisse können dann zur Planung eines Shots herangezogen werden. Durch diese detaillierten Vorplanungen werden beim eigentlichen Dreh viele Kosten gespart [vgl. OZ10, S.60].

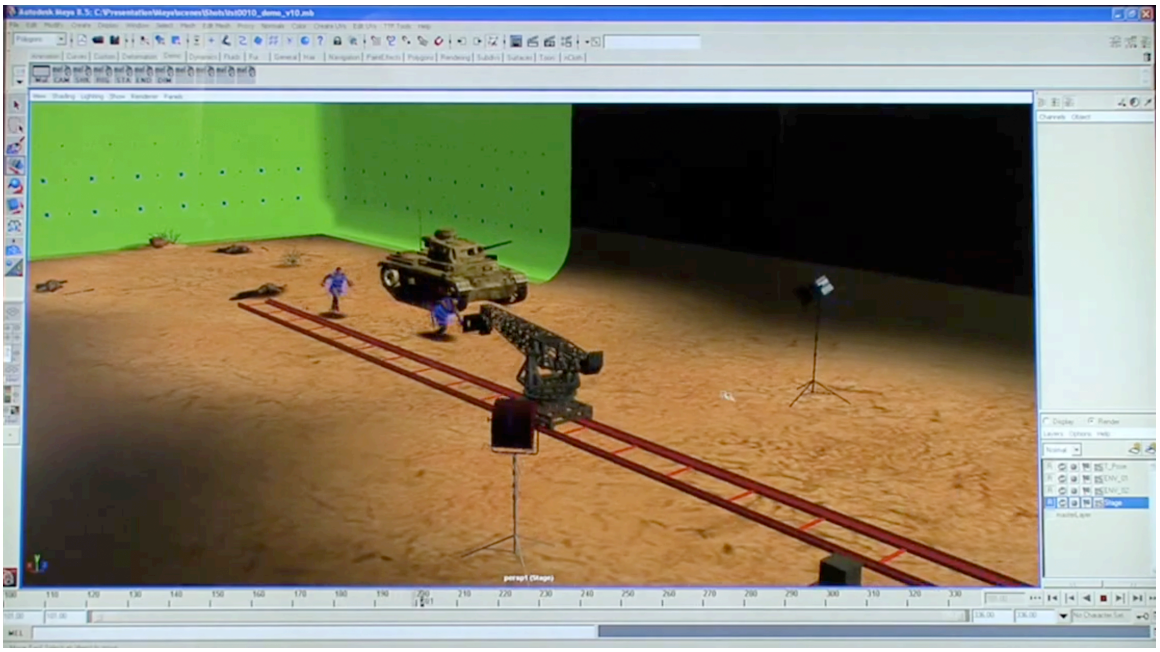

Abbildung 2: Prävisualisierung in Maya

2.1.2 Die On-set Previsualization

In Zeiten als visuelle Effekte hauptsächlich auf Special-Effects beschränkt waren, konnte der Regisseur auf jede Entscheidung am Set direkten Einfluss nehmen. Er konnte seine Schauspieler frei dirigieren und hatte in seinen kreativen Entscheidungen kaum eine Beschränkung. Die größte Einschränkung gab die Technik und die Physik vor. Durch neue Technologien und steigende Rechengeschwindigkeiten konnten computergenerierte Bilder (CGI) erzeugt werden.

Diese wurden in einem Postproduktions-Prozess erstellt und durch das Compositing mit dem Realbild vereint. Dieses Vorgehen hob die physikalischen Beschränkungen auf und Regisseure konnten ihren Vorstellungen freien Lauf lassen. Daraus resultierte allerdings ein neues Problem. Am Set gab es keine Möglichkeit die CGI-Animationen zu sehen oder gar zu dirigieren, da sie erst im Laufe der Postproduktion erstellt wurden. Der Regisseur konnte erst nach dem eigentlichen Dreh eine Entscheidung über das Aussehen von bestimmten Szenen mit integrierten CGI-Animationen treffen.

Dabei gab es aber stets eine Konstante: Die schon abgedrehte Szene. An ihr musste sich die Postproduktion orientieren. Da sich die Anzahl der Visual Effects Shots damals aber noch in einem überschaubaren Rahmen hielt, war dieses Vorgehen eine akzeptable Arbeitsweise. Durch den weiteren technischen Fortschritt wurde die Integration von Animationen im Realbild immer gefragter und auch die Erwartungshaltung des Publikums an die Qualität der Animationen steigerte sich.

Um auch im Zeitalter der Computeranimation die Freiheiten des Regisseurs und dessen Vision zu erhalten, wurde nach einer Möglichkeit gesucht, die Animationen direkt am Set zu sehen und sogar in das Live-Bild der Kamera einzubinden. Dafür wurde die sogenannte On-set Previsualization entwickelt. Sie nutzt die Prävisualisierung nicht mehr ausschließlich als planerisches Mittel, sondern als kreatives Mittel. Prävisualisierte Animationen werden dem Regisseur in Kombination mit dem Realbild auf einem Monitor präsentiert. Dabei kann der Regisseur die Schauspieler und Komparsen, sowie das Licht-, das VFX- und SFX-Team genau anweisen und Realbild mit CGI-Animation perfekt koordinieren [vgl. OZ10, S. 44f].

2.1.3 Die Postvisualization

Neben dem Einsatz in der Vorproduktion, als planerisches Mittel, und der Produktion, als kreatives Koordinationswerkzeug, wird die Prävisualisierung ebenso in der Postproduktion eingesetzt. Der Cutter hat die Möglichkeit auf die prävisualisierten Szenen zurückzugreifen, sofern die endgültigen Animationen noch nicht gerendert sind.

Durch diese Arbeitsweise werden mögliche Anschlussfehler früh erkannt. Außerdem wird im Rohschnitt sehr schnell klar, ob bestimmte Szenen funktionieren wie sie geplant waren, oder ob noch Änderungen an der Animation vorgenommen werden müssen [vgl OZ10, ebda.].

2.1.4 Die Pitchvis

Bei der Pitchvis handelt es sich um eine Prävisualisierung im frühesten Stadium. Sie dient hauptsächlich der Investorensuche. Mit ihr wird eine erste Idee visuell umgesetzt, um potenzielle Geldgeber auf ein Projekt aufmerksam zu machen oder um bei einem Pitch den Zuschlag für ein Projekt zu bekommen [vgl OZ10, ebda.].

2.2 Nutzen der Prävisualisierung

Im Allgemeinen dreht sich die Prävisualisierung also hauptsächlich um die Verbesserung der Kommunikation unter den verschiedenen Departments. Genauso erhält sie die Vorstellung des Regisseurs über den gesamten Produktionsprozess aufrecht. Es müssen keine künstlerischen Kompromisse eingegangen werden, da der Regisseur von Anfang an die Möglichkeit hat CGI und Realbild perfekt zu koordinieren.

Natürlich stellt der Prävisualisierungsprozess einen weiteren Kostenfaktor in der Produktionskette dar, ist aber dank der Einsparung von Zeit während der Produktion und Postproduktion ein lohnenswerter Produktionsschritt. Die eingesparte Zeit in genannten Schritten lässt sich in gespartem Geld aufwiegen und relativiert somit die anfangs entstandenen Kosten.

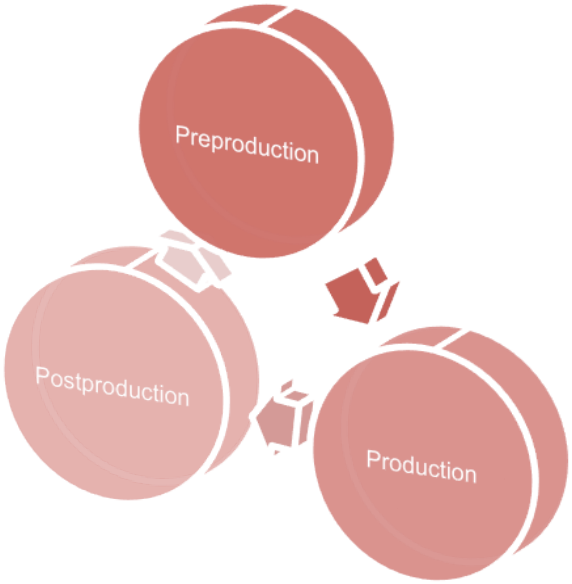

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Produktionsglieder

Folgende Bilder zeigen Beispiele für die Prävisualisierung des Films **Indiana Jones – Im Reich des Kristallschädels.** Im Vergleich der gegenübergestellten Bilder zeigt sich die Ähnlichkeit der Prävisualisierung zur endgültigen Eistellung.

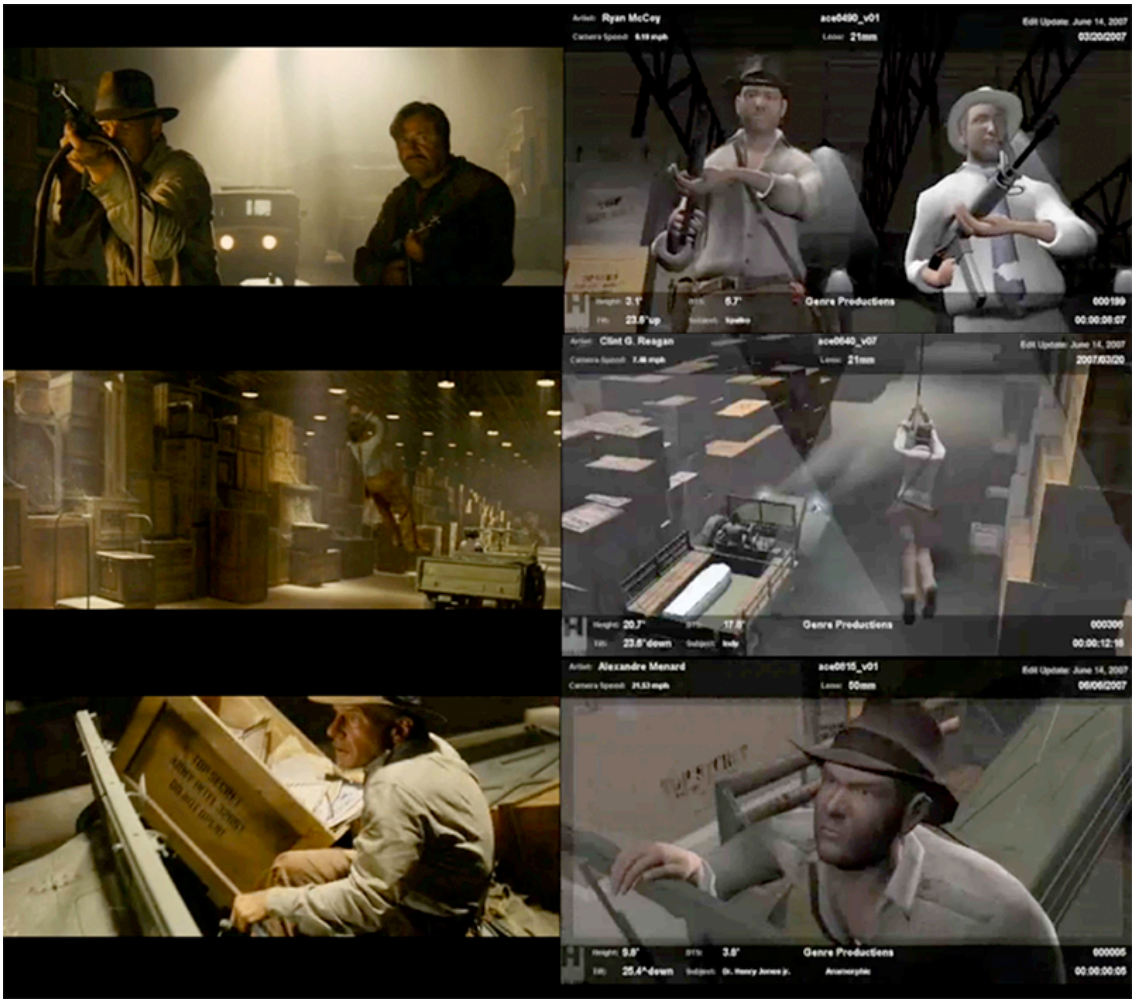

Abbildung 4: Endresultat (links) und Prävisualisierung (rechts)

2.3 Motion Capture

2.3.1 Einleitung zum Thema Motion Capture

Unter dem Begriff des Motion Captures versteht man einen Prozess der reale Bewegungen dreidimensional in die digitale Welt überträgt. Diese Aufnahmen können sowohl von einem Menschen, als auch von einem anderen bewegten Objekt erstellt werden. Es werden dabei allerdings keine Bilder im herkömmlichen Sinne aufgenommen, sondern nur bestimmte Punkte eines Objekts.

Im medizinischen Bereich kann über die Aufnahme von Bewegungsmustern eine Fehlstellung der Knochen festgestellt werden und daraufhin behandelt werden [vgl. AVT]. Im Bereich des Sports wird die Technologie eingesetzt um einen Bewegungsablauf so zu optimieren, dass der Sportler sein volles Potenzial ausschöpft und somit das beste Ergebnis erzielt [vgl. FHI]. Die populärste Form des Motion Captures wird in der Film- und Spieleindustrie angewendet. Hier werden die Motion Capture Daten verwendet, um virtuelle 3D-Charaktere zum Leben zu erwecken.

Viele Technologien fallen unter den Mantel des Begriffes Motion Capture wie z. B. die Piezoelektronische-, Magnetische-, Trägheits- oder Hochfrequenzmethode. Die im Bereich der Computer-Animation wichtigste und auch meist verwendete ist aber die Passiv-Optische-Methode, das **Discrete Point Capture** oder kurz einfach nur die **Optische-Methode** [vgl. OZ10, S. 335].

Die optischen Systeme bieten den Schauspielern volle Bewegungs- und Interaktionsfreiheit. Das ist der Fall, da die Schauspieler, im Gegensatz zu den anderen Systemen meist nur eng anliegende Motion Capture Suits tragen müssen. Diese sind mit aktiven oder passiven Trackingmarkern ausgestattet. Aktive Trackingmarker emittieren Infrarotlicht, während passive Marker das Infrarotlicht nur reflektieren [vgl. OZ10, S.349f]. Das emittierte oder reflektierte Infrarotlicht wird von den Motion Capture Kameras rund um das Set registriert.

Durch den Aufbau der Kameras, rund um den Motion Capture Artist, wird der Marker von unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen. Eine mathematische Berechnung kann den Punkt dann einer Position im dreidimensionalen Raum zuordnen. Diese Tracking-Marker sind überall auf dem Motion Capture Suit verteilt. Durch die Verknüpfung der Punkte lässt sich ein virtuelles Skelett erstellen [vgl. OZ10, S. 350f].

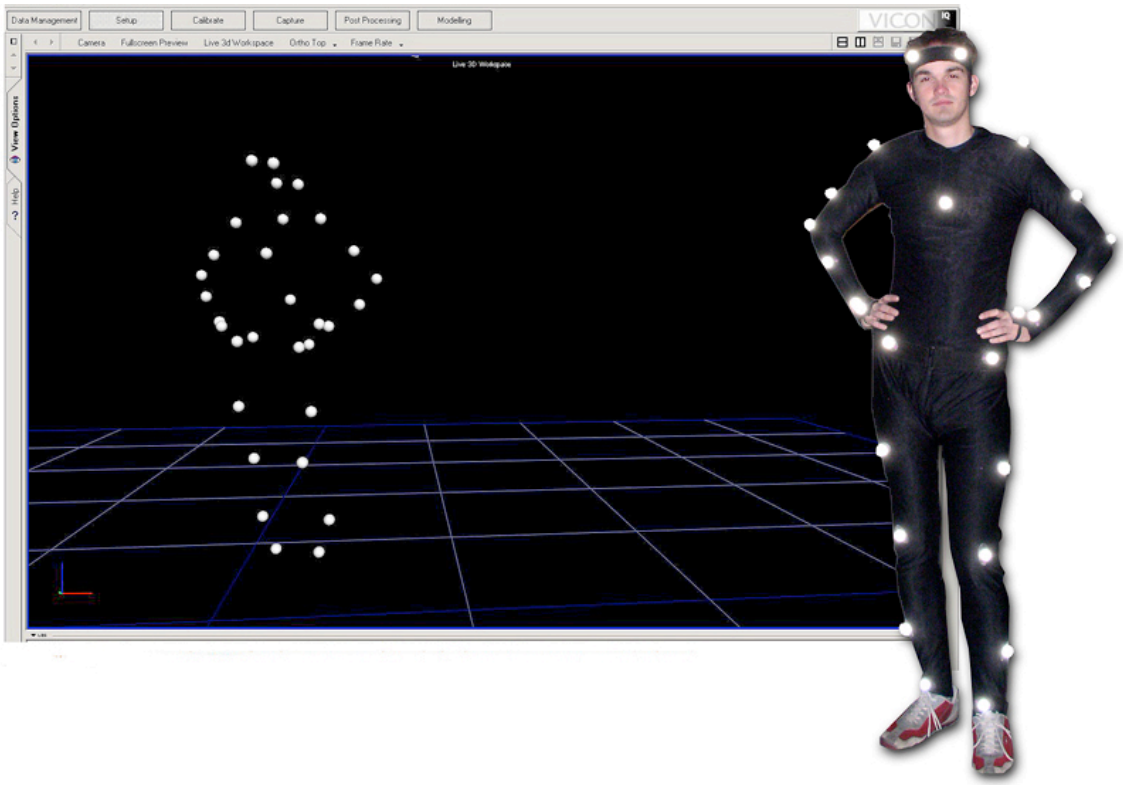

Abbildung 5: Prozess des Motion Captures

2.3.2 Motion Capture gegenüber Handanimation

Der Mensch hat über die ständige Interaktion mit anderen Menschen einen besonderen Sinn dafür entwickelt, was eine natürliche Mimik oder Gestik ist und was unnatürlich wirkt. Kleinste Fehler in einem Bewegungsablauf können schon dazu führen, dass eine Animation einen nicht realen Eindruck hinterlässt. Die Vorteile des Motion Captures liegen daher in der absoluten Natürlichkeit der Bewegungen, da reale Bewegungen auf einen nicht realen, aber menschenähnlichen, 3D-Charakter übertragen werden.

Die Animation per Hand bietet jedoch den Vorteil überzogene Mimik oder Gestik als Stilmittel einzusetzen. Comichafte Animationen bauen auf diesen Fakt und verkehren die Unnatürlichkeit von Gesichtsausdruck oder Bewegung in eine stilistische Komik. Um diese Art der Animation umzusetzen sind aber neben technischer Begabung auch artistische und schauspielerische Fähigkeiten eine Grundvoraussetzung [vgl. KK09, S. xiv].

Animationen von Menschen oder menschenähnlichen Wesen im Real- oder Animationsfilm müssen dagegen meistens natürlichen Mustern folgen und bieten weniger Spielraum für eine Interpretation des Animators. Hier bietet das Motion Capture deutliche Vorteile gegenüber der Handanimation.

Eine Erweiterung des Motion Captures ist das sogenannte Performance oder Facial Capture. Hierbei wird neben den Bewegungen auch die Mimik des Motion Capture Artists aufgezeichnet. Die Technik dafür entspricht weitgehend der normalen Motion Capture Technik. Über ein Rig, welches der Schauspieler auf dem Kopf trägt, ist eine kleine Kamera angebracht. Diese filmt Trackingmarker auf dem Gesicht des Akteurs [vgl. OZ10, S. 371].

Die Trackingmarker werden auf allen für die Mimik wichtigen Stellen angebracht. Der Mund, die Augenlieder, die Augenbrauen und die Backenmuskeln sind für den Ausdruck eines Gesichtes dabei besonders wichtig. Das Performance Capture bietet gegenüber der Handanimation eine sehr große Zeitersparnis, da ansonsten jeder einzelne *Muskel* eines virtuellen 3D-Charakers einzeln animiert werden müsste. Darüber hinaus muss der Animator ein breites Repertoire an Gesichtszügen und Ausdrücken erlernen, um für jede Animation einen für den Menschen sofort erkennbaren Ausdruck zu erzeugen.

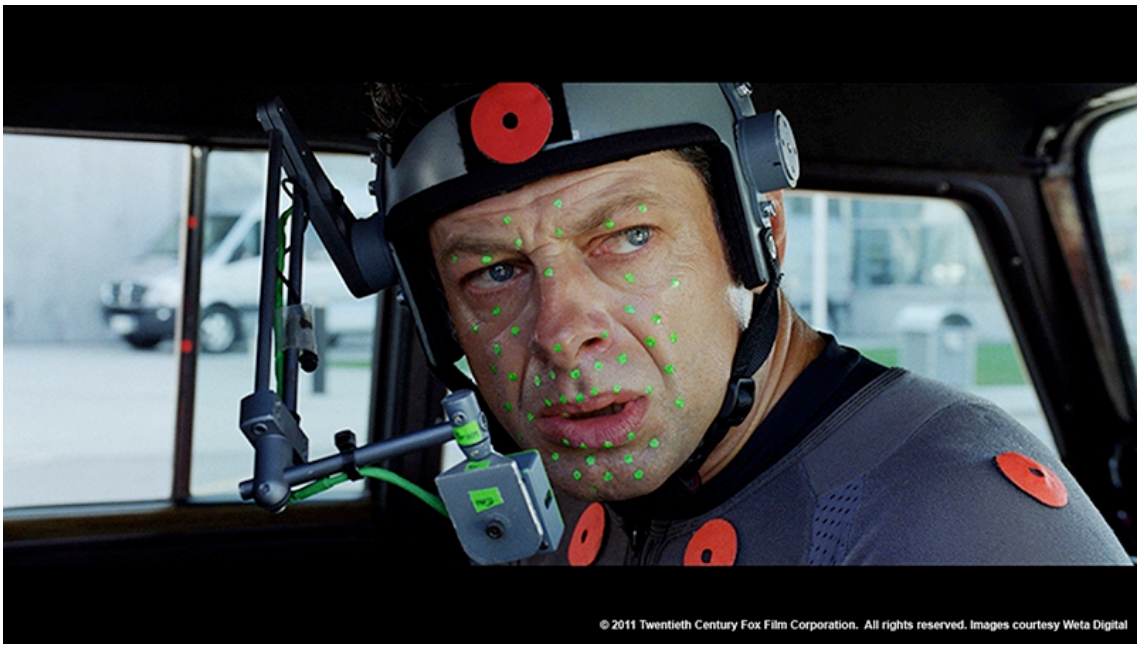

Abbildung 6 : Performance Capture in Planet of the Apes – Prevolution

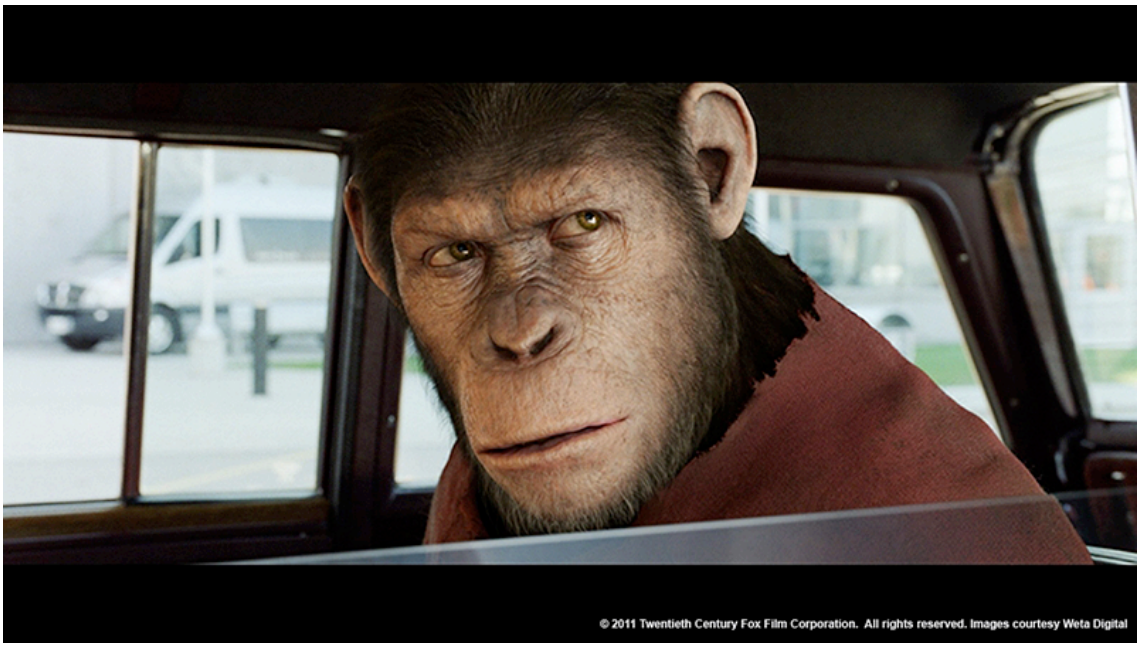

Abbildung 7: 3D-Charakter zu Abbildung 6

3. Die Kinect Tiefenkamera

3.1 Einleitung

Auf der **Tokyo Game Show 2005**, stellte Nintendo die Wii-Konsole vor. Mit ihr führte Nintendo ein revolutionäres Steuerungskonzept, die Wii-Remote ein. Mit diesem Controller können drei Bewegungsachsen und die Orientierungsrichtung erkannt werden. Nach der Veröffentlichung der Wii im Jahr 2006 beschloss Peter Moore, Chef der Microsoft Xbox Abteilung, ein Konkurrenzprodukt zur Wii-Konsole zu konstruieren. Dafür wurden zwei Entwicklerteams ins Leben gerufen [vgl. WA12, S. 3f].

Das erste Team befasste sich mit der Technologie der Firma **PrimeSense**, das zweite mit der Technologie von **3DV**. Ihr Ziel war es im Jahr 2007 auf der Spielemesse **E3** ein neues Produkt vorstellen zu können. Als Peter Moore 2007 zu Electronic Arts wechselte kam die Entwicklung des Wii-Konkurrenten ins stocken. Auf der **D: All Things Digital** Konferenz wurde Bill Gates zum Thema Microsoft-Surface interviewt. Dabei sprach er schon von der visuellen Bewegungserkennung als Nachfolger des Multitouch-Eingabegerätes [vgl. WA12, ebda.].

Interview aus [WA12]:

> **Gates:** *„Software is doing vision. And so, imagine a game machine where you just can pick up the bat and swing it or pick up the tennis racket and swing it.“*
>
> **Interviewer:** *„We have one of those. That's Wii.“*
>
> **Gates:** *„No. No. That's not it. You can't pick up your tennis racket and swing it. You can sit there with your friends and do those natural things. That's a 3-D positional device. This is video recognition. This is a camera seeing what's going on. In a meeting, when you are on a conference, you don't know who is speaking when it's audio only ...the camera will be ubiquitous ... software can do vision, it can do it very, very inexpensively ... and that means this stuff becomes pervasive. You don't just talk about it beeing in a laptop device. You talk about it beeing a part oft he meeting room or the living room ...“*

Bill Gates verriet in diesem interview schon, dass Microsoft die im Xbox-Team entwickelte Technik als mehr ansah als nur einen Spiele-Controller. Nachdem Moore seine neue Arbeitsstelle antrat übernahm Don Matrick die Leitung des Xbox-Teams bei Microsoft [vgl. WA12, ebda.].

Im Jahr 2008 belebte er das geheime Projekt zur Gestensteuerung neu. Dabei wurde nur noch auf die **PrimeSense** Technologie gesetzt. Microsoft kaufte die Hardware-Lizenzen für die Nutzung der Tiefenkamera von der Firma PrimeSense. Daraufhin wurde Alex Kipman, ein langjähriger Manager bei Microsoft, als federführender Chef für das Projekt ernannt. Er war auch für den künftigen Codenamen des Projekts verantwortlich: Das Projekt Natal, genannt nach seiner Heimatstadt in Brasilien [vgl. WA12, ebda.].

Das Projekt Natal wurde dann am 04. November 2010 offiziell unter dem Namen Micorsoft Kinect verkauft. Viele Entwickler stürzten sich auf die sehr erschwingliche Tiefenkamera, die beim Verkaufsstart nur 149 Euro kostete. Dieser geringe Preis sorgte dafür, dass viele Informatiker oder Technikbegeisterte anfingen mit der Kinect eigene Projekte zu realisieren. Dafür war allerdings erst ein offen zugänglicher Treiber für die Kamera notwendig.

Die Firma **Adafruit** erstellte eine Ausschreibung mit einem Preisgeld für denjenigen, der den ersten Open Source Treiber für die Kinect entwickelt. Der Programmierer Hector Martin veröffentlichte kurz darauf einen ersten Open-Source-Treiber für Linux und erhielt damit das Preisgeld in Höhe von 3000 US-Dollar. Microsoft erkannte nach anfänglichem Missmut und Klagedrohungen gegen die Verletzung geistigen Eigentums das Potenzial der Tüftler und gab den OpenNI-Treiber frei. Mit ihm konnten viele Entwickler ihren Ideen nachgehen. Unter anderem der des Motion Captures. Mittlerweile wurde ein komplettes Software Development Kit (SDK) mit diversen Funktionen veröffentlicht [vgl. WA12, ebda.].

3.2 Aufbau

Die Kinect Kamera basiert auf mehreren Sensoren. Darunter ist neben einer RGB Kamera, zur Erfassung eines Farbbildes auch ein Infrarotprojektor und ein monochromer CMOS Sensor installiert. Die Kombination aus Projektor und monochromem CMOS Sensor ergibt den Tiefensensor der Kinect. Neben dem Tiefensensor ist ein Array aus vier Mikrofonen entlang der Unterseite der Kinect angebracht. Dieses Mikrofonarray erlaubt neben der Gestensteuerung auch eine Sprachsteuerung. Außerdem ist die Kinect auf einem schwenkbaren Fuß angebracht, welcher über einen Motor gesteuert werden kann [vgl. MTK11, S.7].

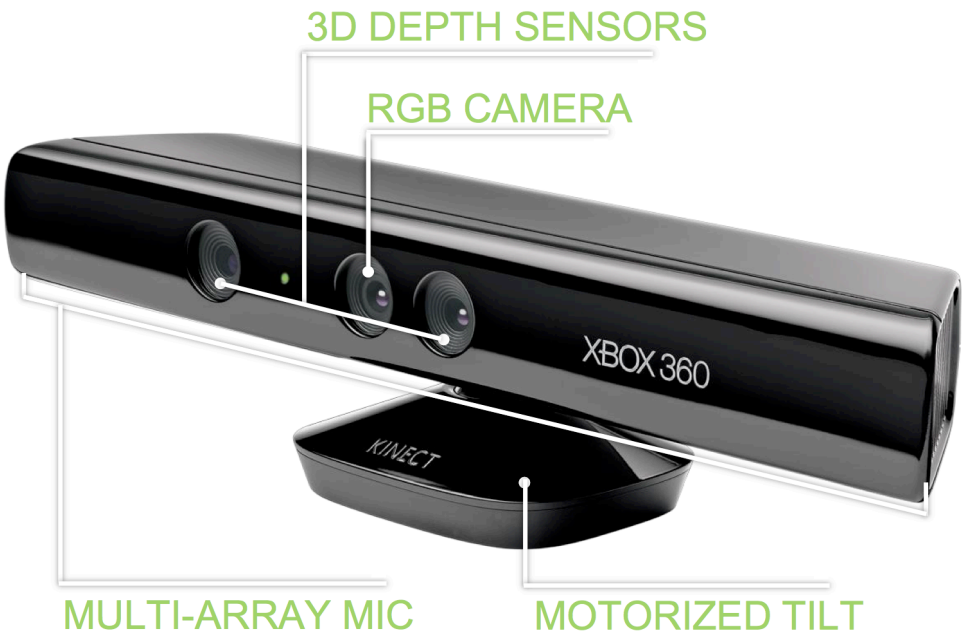

Abbildung 8: Die Microsoft Kinect

3.3 Der Tiefensensor und seine Funktion

Der Infrarotprojektor sendet Licht im Wellenlängenbereich ab 750 nm aus. Damit liegt das ausgesendete Licht im für den Menschen nicht wahrnehmbaren Bereich. Dies ist für das spezielle Anwendungsgebiet der Kinect sehr wichtig, da der Infrarotprojektor ein Muster aus Infrarotpunkten über den ganzen vor ihm befindlichen Raum projiziert.

> *Anmerkung: Wäre dieses Muster im Wellenlängenbereich des für den Menschen wahrnehmbaren Lichtes, würde der Akteur vor der Kamera enorm geblendet werden. Außerdem könnte das Raumlicht von diversen Lichtquellen, welches sich ebenfalls im Spektrum des für den Menschen sichtbaren Lichtes bewegt, das Lichtpunktemuster der Kinect beeinflussen. In einem dunklen Raum würde die Methode aber auch mit für den Menschen sichtbarem Licht funktionieren*

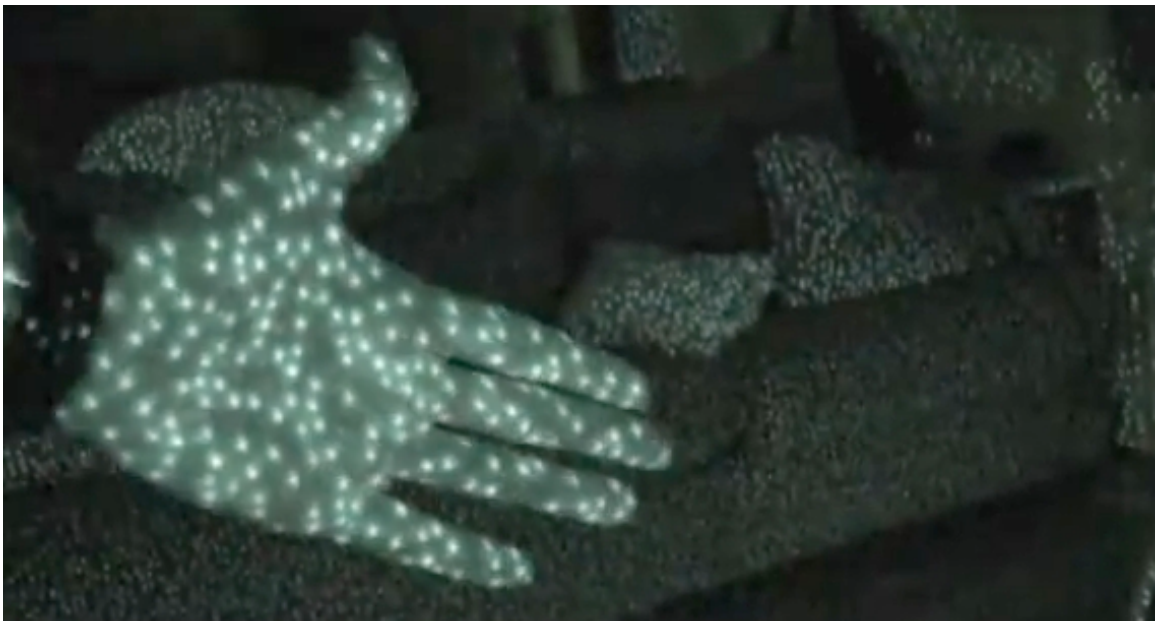

Abbildung 9: Punktemuster des Kinect Projektors

Die emittierten Lichtpunkte sind nach einem für die Software bekannten Muster angeordnet. Durch eine versetzte Anordnung von Infrarotprojektor und monochromem CMOS Sensor wird das Punktemuster am CMOS Sensor durch die veränderte Parallaxe leicht verzerrt wahrgenommen. Die Veränderung des Musters wird dann über eine mathematische Operation, welche den Abstand des Senders (Projektor) und den des Empfängers (monochromer CMOS Sensor) in Betracht zieht, zu einem Tiefenbild errechnet. Diese Art der Tiefenberechnung wird **Struced Light Methode** genannt [vgl. HSL].

Neben dieser Methode der Tiefenerkennung nutzt die Kinect die Methode des **Depth from Focus**. Objekte werden mit steigendem Abstand zur Kamera unschärfer abgebildet. Dieses Prinzip wurde durch die Verwendung einer astigmatischen (brennpunktlosen) Optik verfeinert. Die astigmatische Optik besteht aus zwei Linsen, welche in der x- und y-Achse unterschiedliche Brennweiten besitzen. Runde Kreismuster werden dadurch als Ellipsen projiziert. Die Ausrichtung dieser Ellipsen hängt nun von der Entfernung zur Kamera ab [vgl. JMC].

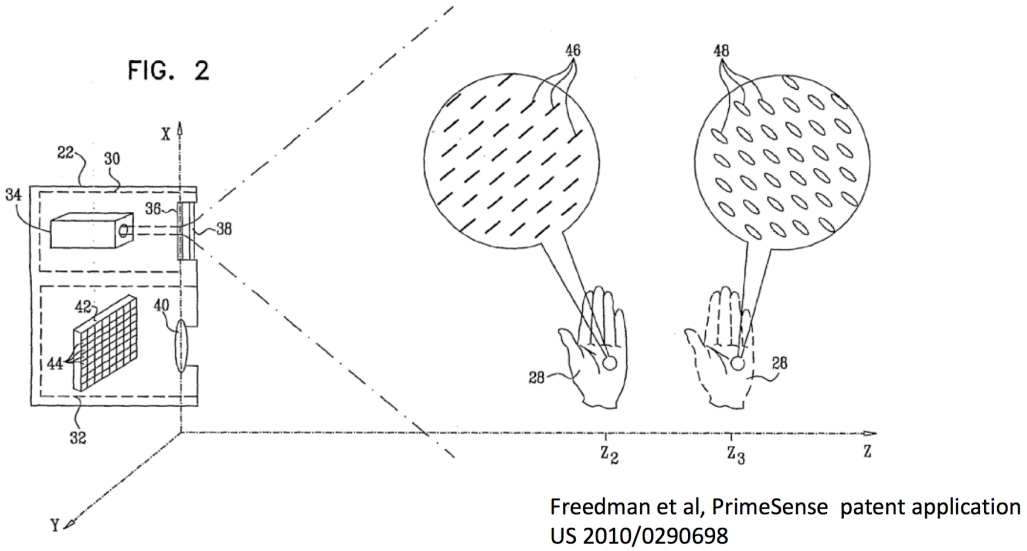

Abbildung 10: Funktionsweise des Projektors und der astigmatischen Linse

Das von der Kinect-Kamera erzeugte Tiefenbild kann dann über die Software analysiert werden. Im Besten Fall ist der Akteur vor der Kamera auf einer nur für ihn bestimmten Tiefenebene ohne sonstige Gegenstände.

Die Segmentierung der Körperteile:

Die Kinect Software folgt bei der Erkennung eines Menschen und seinen einzelnen Körperteilen einem sogenannten **Decision Tree**. Dabei wird auf Daten von bekannten Tiefenbildern und auf ein bekanntes Skelett zurückgegriffen. Die Daten aus den Vergleichsbildern werden dann mit den Daten des Tiefenbildes der Kinect abgeglichen. Über den **Decision Tree**, fällt die Software dann die Entscheidung welcher Teil des Körpers welchem Teil des Skeletts entspricht. Dabei wird eine Vielzahl an Fragen abgearbeitet, welche sich immer auf die vorhandenen Daten im Vergleich zum aktuellen Tiefenbild beziehen [vgl. JMC].

Abbildung 11: Segmentierung der Körperteile aus Tiefenbildern

4. Professionelles Equipment und die Kinect im Vergleich

Die Kinect Kamera arbeitet im Normalbetrieb mit 30 frames per second (fps) und mit einer Auflösung von 640 x 480 Pixeln (0,3 Megapixel). Das entspricht einer Abtastrate von gerade einmal 30 Hertz (Hz) [vgl. PGH]. Die Abtastrate drückt hierbei die Anzahl der Abtastungen eines Tracking-Markers in einer Sekunde aus. Durch diese geringe Abtastrate sind schnelle Bewegungen eines Tracking-Punktes nur sehr ungenau möglich oder werden gar nicht registriert.

Abbildung 12: Motion Capture Set mit Vicon Kameras

Moderne Motion Capture Kameras, wie die der Firma Vicon, erreichen bei einer Auflösung von 16 Megapixeln (4704 x 3456 Pixeln) eine Abtastrate von 120 fps bzw. Hz [vgl. VTS]. Das heißt der getrackte Punkt wird 4 Mal häufiger in einer Sekunde erfasst, als bei der Kinect Kamera. Damit sind auch schnelle Bewegungen des aufzunehmenden Objektes kein Problem.

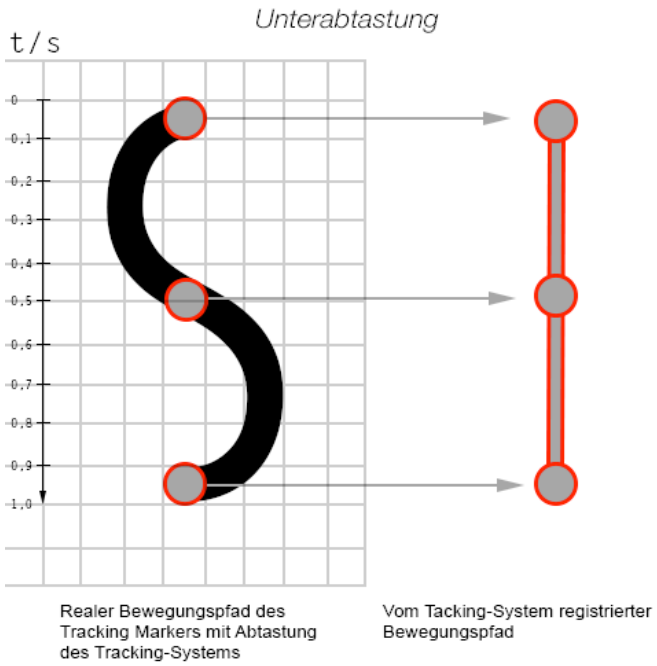

Abbildung 13: Schnelle Bewegung des Trackingmarkers, niedrige Abtastrate

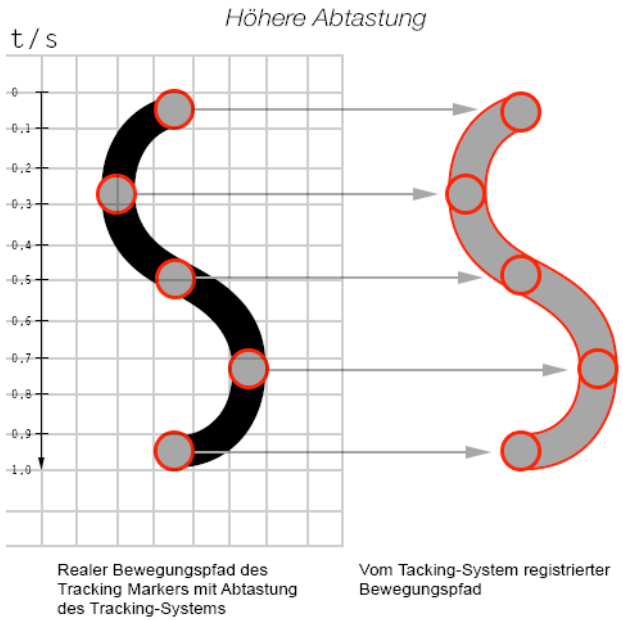

Abbildung 14: Schnelle Bewegung des Tracking Markers, hohe Abtastrate

Die genannte Auflösung der professionellen Motion Capture Kameras ist ein weiterer Grund für die hohe Präzision. Durch diese kann die Kamera Punkte in großer Entfernung auch noch fein aufgelöst ablichten.

Der Kinect ist es aufgrund der geringen Auflösung gar nicht möglich weit entfernte Punkte klar zu identifizieren. Punkte die sich nahe an der Kamera befinden werden auf ein viel gröberes Raster aufgezeichnet und bieten somit nur ein ungenaues Trackingergebnis. Selbst mit einer besseren Auflösung des monochromen CMOS Sensors wäre die Reichweite der Kamera nicht unbedingt erhöht, da der Infrarotprojektor ebenfalls nur eine beschränkte Reichweite besitzt.

Um eine Person komplett im Blickfeld der Kamera abzubilden ist ein Abstand von ca. 1,5 Metern zur Kamera nötig. Der Aktionsradius für einen Schauspieler liegt bei der Kinect also in einem Bereich von 1,5 Metern vor der Kamera bis maximal 4 Metern.

> *Anmerkung: Die neue **Kinect for Windows** benötigt keinen Abstand von 1,5 Metern vor der Kamera. Sie funktioniert im sogenannten **Near Mode** schon ab einem Abstand von 40 cm. Um eine komplette Person abzubilden ist allerdings ein Abstand von ca. 80 cm nötig.*

Durch die Verwendung der Tiefenerfassung für das Motion Capture ergibt sich die nächste Einschränkung der Kinect. Die Tiefenebene auf der sich der Akteur befindet, sollte auch möglichst diesem alleine zur Verfügung stehen. Das bedeutet: Es sollten keine störenden Gegenstände die gleiche Entfernung zu der Kamera haben, die der des Akteur entspricht.

Die Software sucht auf den Tiefenebenen des Tiefenbildes nach einer menschlichen Silhouette, auf welchen dann das virtuelle Skelett gemappet wird. Sind auf gleicher Ebene des Akteurs auch noch andere Gegenstände, kann das zu einer Fehlerkennung der Person führen.

Da die Kinect Kamera mit Infrarotlicht arbeitet ist der Einsatz im Freien oder in einem durch die Sonne stark erleuchteten Raum nicht möglich. Die vom Projektor ausgesendeten Punktemuster werden durch die zusätzliche Infrarotstrahlung der Sonne nicht mehr als Muster erkannt. Damit ist die Funktion des Tiefensensors beeinträchtigt. Professionelle Motion Capture Sets haben die Hürde des Sonnenlichtes schon überwunden. Bei dem Film **Planet der Affen – Prevolution** wurde das bisher größte Outdoor Motion Capture Set der Welt aufgebaut. [1]

---

[1] Dokumentation über das Motion Capture in Planet der Affen - Prevolution: http://www.youtube.com/watch?v=RQ8sap_L6GU [Zugriff: 05.11.12]

Abbildung 15: Bis Dato größtes Outdoor Motion Capture Set

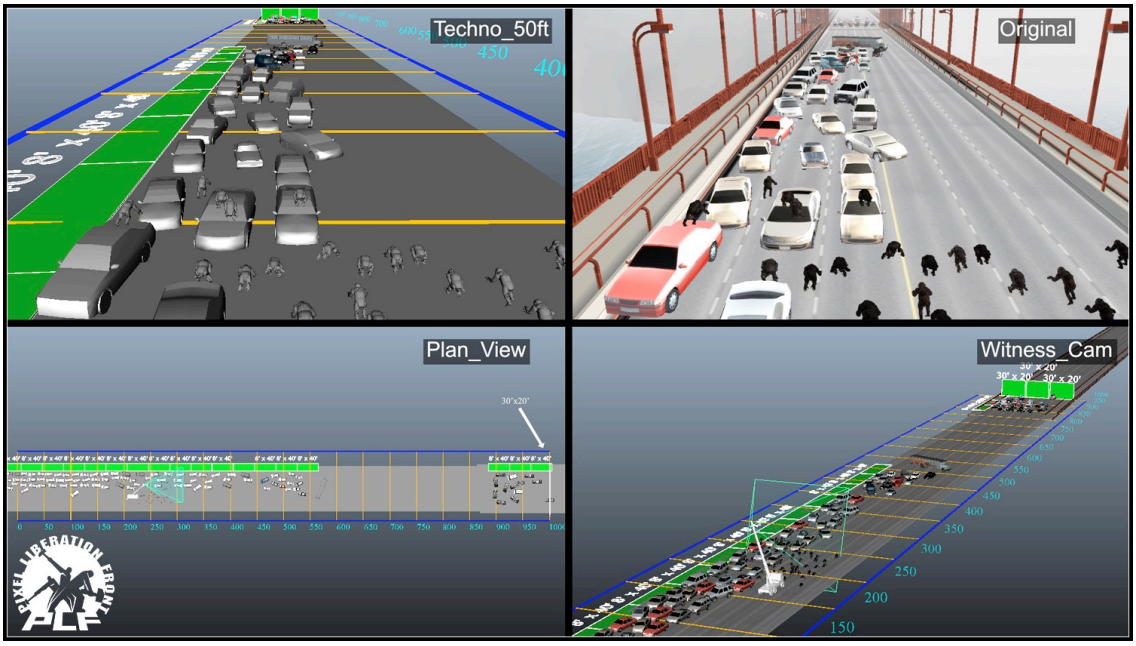

Abbildung 16: Prävisualisierung des größten Outdoor Motion Capture Sets

5. Nutzen für mittelständische Produktionshäuser

Durch den günstigen Preis der Hardware und der Software ergeben sich für mittelständische Produktionshäuser neue Möglichkeiten. Gerade im Bereich der Prävisualisierung könnte sich das kostengünstige Motion Capture erfolgsbringend etablieren. Die Pitchvis spielt dabei eine entscheidende Rolle. Das Procedere für eine Auftragserteilung unterscheidet sich dabei von dem normaler Unternehmen. Arbeitsproben und vorherige Erfahrungen mit dem jeweiligen Produktionshaus spielen zwar eine wichtige Rolle, sind aber nicht das ausschlaggebende Kriterium für die Vergabe eines Auftrags. Der sogenannte Pitch entscheidet oft über die Auftragserteilung [vgl. BAP].

Die Vorgehensweise ist dabei folgende:

- Eine Firma schreibt einen Auftrag aus.
- Produktionshäuser bewerben sich auf diesen Auftrag mit ersten Ideen zum Thema.
- Umsetzung und Präsentation der Ideen als Storyboard oder Animatic.
- Entscheidung des Kunden, ob diese Idee verfolgt werden soll.
- Weitere Pitchrunde mit verbliebenen Produktionshäusern.

Bei größeren Produktionshäusern wird auf einen Pitch ein ganzes Team von Spezialisten angesetzt. Mittelständische Produktionshäuser können sich das aber aufgrund des Kostenaufwands und der Personalknappheit oft nicht erlauben, weshalb meist nur Animatics oder Storyboards erstellt werden. Hierbei greift die Idee des kostengünstigen Motion Captures im Bezug auf die Prävisualisierung von Filmszenen. Mit der Technik der Kinect kann die Vision des Regisseurs viel eindringlicher und visuell attraktiver verkauft werden als es bei einem animierten Storyboard der Fall wäre. Außerdem wird kein komplettes Team benötigt. Die Prävisualisierung kann von ein bis zwei fachkundigen Personen durchgeführt werden. Bei kreativem Input des Kunden kann sehr schnell und flexibel reagiert werden. Kamerafahrten oder Bewegungen des Schauspielers können einfach geändert oder neu aufgezeichnet werden. Im Fall von Storyboards oder Animatics müssen ganze Szenen per Hand neu gezeichnet und animiert werden.

6. Praktische Arbeit: Vor der Produktion

6.1 Die Auswahl der Software

Die Auswahl der Software hat sich an bestimmte Richtlinien gelehnt. Es sollte eine möglichst einfach zu bedienende Software sein, welche sich mit vielen Programmen zur Weiterverarbeitung nutzen lässt.

Um das gewährleisten zu können sollte die Software das für Motion Capture oft verwendete und dadurch sehr verbreitete **bvh** als Ausgabeformat nutzen. Damit können die Motion Capture Daten in allen üblichen 3D-Programmen wie **Autodesk Maya** oder **3ds Max** und sogar in dem weit verbreiteten Freeware 3D-Programm **Blender** verwendet werden. Darüber hinaus sollte es sich in einem überschaubaren Preisrahmen bewegen um die Idee des kostengünstigen Motion Captures auch hier zu verfolgen.

Vorstellung verschiedener Programme:

- **Reallusion IClone**

  Die Software IClone erlaubt es eine 3D-Animation mit der Zuhilfenahme der Kinect Kamera in Echtzeit zu erstellen. Sie beinhaltet eine Vielzahl an 3D-Charakteren und virtuellen Umgebungen. IClone bietet durch die implementierte Physik-Engine die Möglichkeit mit 3D-Gegenständen in Echtzeit zu interagieren. Voranimierte Posen können eingesetzt werden um die eigene Animation zu verfeinern. Außerdem bietet IClone diverse Requisiten, welche dem 3D-Charakter beigefügt werden können. Verschiedene Shader oder das eingebaute Partikelsystem erweitern die Möglichkeiten das Aussehen der Animationen zu beeinflussen.

  Preis zum Zeitpunkt der Programmtests: 169,00 €

- **NI-Mate**

  Ni-Mate bietet die Möglichkeit Motion Capture Daten direkt über ein Plug-in in das kostenlose 3D-Programm Blender zu übertragen. Auch hier ist es möglich einen Charakter in Echtzeit zu steuern.

  Preis zum Zeitpunkt der Programmtests: 196,80 €

- **Brekel Kinect**

  Die Software von Jasper Brekelmans bezieht sich ausschließlich auf die Aufnahme von Motion Capture Daten unter der Verwendung der Kinect Kamera. Durch ein Plug-in für Motionbuilder ist es aber auch hier möglich Echtzeitanimationen zu erstellen.

  Preis zum Zeitpunkt der Programmtests: Kostenlos

Nach Tests mit allen Programmen (Testversionen) fiel die Wahl auf das Programm Brekel Kinect. Es hat den Vorteil, dass es eine sehr benutzerfreundliche Oberfläche aufweist und zudem sehr stabil läuft. Motion Capture Daten können direkt als bvh-Datei abgespeichert werden und sind somit für die Verwendung mit diversen 3D-Programmen einsetzbar.

Ein weiterer Vorteil ist der kostenlose Download und die kostenlose Nutzung des Programmes. Durch eine kleine Community ist auch der Support bei Fragen oder Problemen gegeben.

Ein weiterer Grund der für Brekel Kinect spricht, ist die Software Brekel Kinect Pro Face, ebenfalls von von Jasper Brekelmans. Durch den Ähnlichen Aufbau der zwei Programme ergibt sich eine angenehme Arbeitsweise. Mit diesem kostenpflichten Programm wird die Kinect Kamera neben dem Einsatz als Motion Capture Device auch ein Performance Capture Device. Neben der Gestik kann somit auch die Mimik aufgenommen werden. Der Preis der Kinect Pro Face Applikation beläuft sich dabei lediglich auf 79 Euro.

6.2 Die Auswahl der Filmszenen

Die Prävisualisierung wird üblicherweise vor der Erstellung einer Filmszene durchgeführt. In dieser Arbeit wurde der Prozess umgekehrt, um die Grenzen der Technik aufzuzeigen. Dafür wurden zwei Szenen aus dem Animationsfilm **Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn** ausgewählt und versucht diese in Form einer Technical Previsualization umzusetzen.

Abbildung 17: Boots-Szene aus Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn

Abbildung 18: Opern-Szene aus Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn

7. Praktische Arbeit: Die Produktion

7.1 Versuchsaufbau und Hardwarevoraussetzungen

Die Örtlichkeit für die Motion Capture Aufnahmen muss aufgrund der Kinect spezifischen Eigenschaften genau gewählt werden, da sich durch den Tiefensensor gewisse Einschränkungen ergeben.

Überlegungen vor der Auswahl des Aufnahmeortes:

- **Die Größe des Raumes**:

  Die Größe des Raumes muss mindestens den Platz von 4m vor der Kamera und idealerweise auch 4m in der Breite aufweisen, um genügend Aktionsraum für den Motion Capture Artist zur Verfügung stellen zu können und einen ausreichenden Abstand zu der Tiefenkamera zu gewährleisten. Dazu kommt der Platz, von welchem die Software bedient wird, was einen weiteren Raumbedarf von 2m in der Länge bedeutet. Die optimale Raumgröße beträgt also ungefähr $24m^2$ in Anlehnung an die genannten Maße.

- **Die Beschaffenheit des Raumes**:

  Der Raum sollte idealerweise frei von Infrarotlichtquellen sein, um das Infrarotmuster des Projektors nicht zu stören. Der Raum sollte möglichst leer sein um die Erkennung eines Menschen für die Software zu vereinfachen.

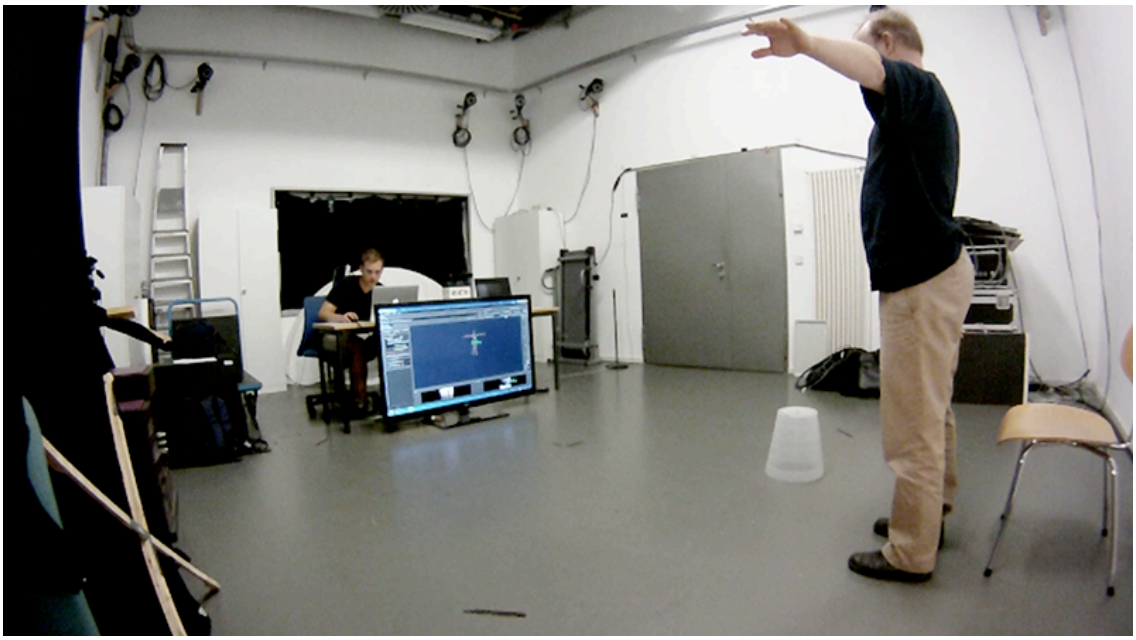

Abbildung 19: Raum für die Motion Capture Aufnahmen

Neben der Kinect Kamera wurde ein Laptop mit der Motion Capture Software Brekel Kinect aufgebaut. Dieser Computer verwertet die von der Kinect übertragenen Daten. Zusätzlich wurde ein Playback Computer verwendet, um dem Motion Capture Artist eine Referenz für sein Handeln vorzugeben.

Ein weiterer Monitor zeigte dem Motion Capture Artist das gespiegelte Bild des Aufnahmerechners. Der Motion Capture Artist konnte damit das virtuelle Skelett sehen und somit die Aufzeichnung der Bewegungen in Echtzeit verfolgen. Der Vorteil aus dieser Arbeitsweise ist, dass der Motion Capture Artist sieht, inwiefern die Software seine Bewegungen interpoliert oder welche Reichweite bestimmte Armbewegungen haben, so kann er direkt reagieren und Bewegungen gezielter ausführen.

Für die Motion Capture Aufnahmen wurde folgende Hardware benutzt:

- **Macbook Pro Retina**:

  Prozessor 2,3 GHz Intel Core i7

  Speicher: 8 GB 1600 MHz DDR

  Grafikkarte: Intel HD Graphics 4000, NVIDIA Geforce GT 650M

  Festplatte: APPLE SSD SM256E

- **Microsoft Kinect Xbox mit Y-Kabel**

Der Apple Rechner lief über eine Bootcamp Partition mit dem Betriebssystem Microsoft Windows 7. Das war nötig, da die Software Brekel Kinect nur auf dieser Plattform verfügbar war. Die Kinect für Xbox musste bei der Verwendung mit einem Computer durch ein Y-Stromkabel betrieben werden, da die USB-Schnittstelle des Computers alleine nicht ausgereicht hätte.

7.2 Der Ablauf der Aufzeichnung

Der Motion Capture Artist wird von der Kinect Kamera erkannt und seinen Körperteilen wird durch das Segmentierungsverfahren ein virtuelles Skelett zugeordnet. Dieses Skelett teilt sich in 15 Knochen oder Bones auf. Die erste wichtige Option die vor dem Motion Capture bedacht werden muss, ist die sogenannte **Naming Convention**.

Jedes 3D-Programm nutzt eine andere Art der Bezeichnung für die jeweiligen Bones. Es gibt zwar Automatismen, welche versuchen die importierten Motion Capture Daten in die für das Programm vorgesehene Naming Convention zu konvertieren, das führt jedoch nicht selten zu Fehlern oder zu einer unzureichenden Zuordnung der Namen. Brekel Kinect bietet deshalb die Einstellung für verschiedene Naming Conventions wie bspw. die **HumanIK Naming Convention**, welche unter anderem für das Programm Motionbuilder angepasst ist. Dabei werden die Bones nach folgener Struktur benannt:

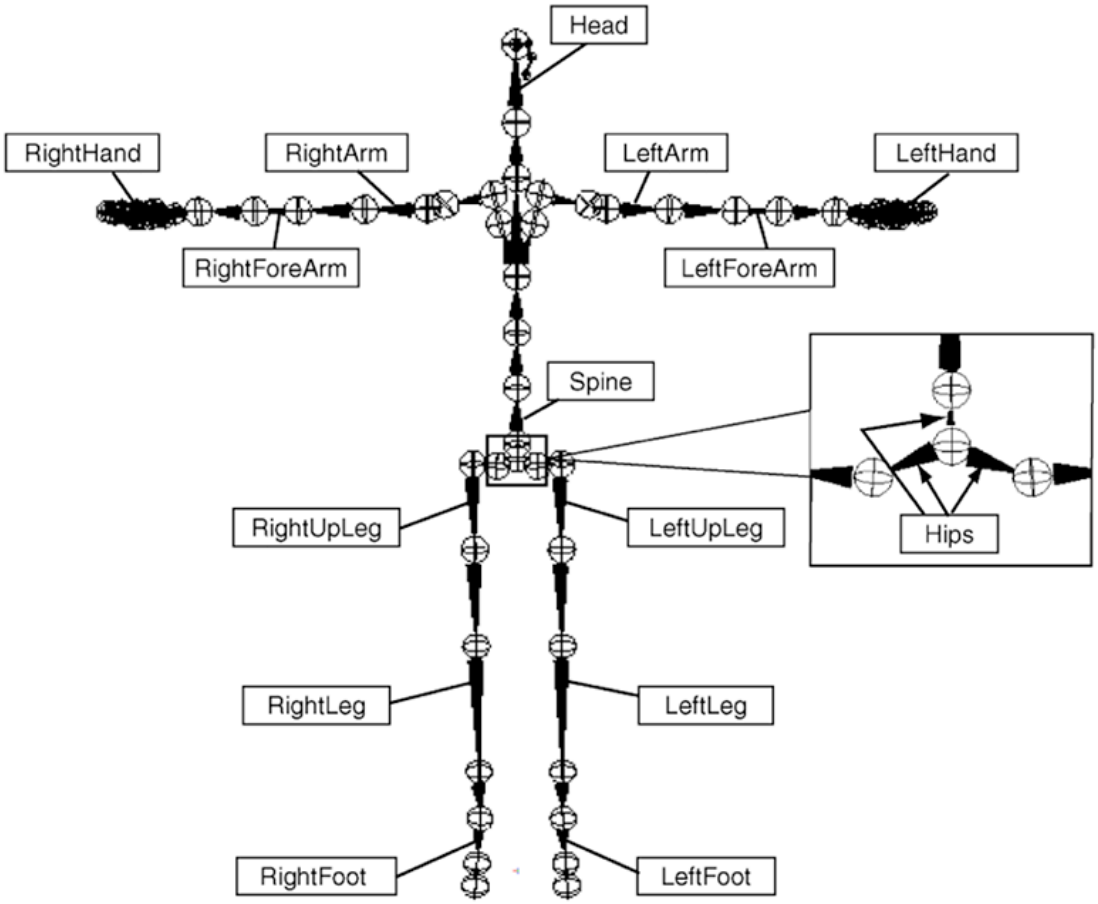

Abbildung 20: Motionbuilder Bone Naming

Diese Zuordnung ist für die Weiterverarbeitung der Motion Capture Daten sehr wichtig, da man sich eine manuelle Zuordnung von Hand im Folgeprozess erspart.

Ein oft auftretendes Problem bei Motion Capture Aufnahmen ist das **Jittering**. Selbst bei professionellen Aufnahmen kann dieses leichte hin und her springen von Trackingmarkern auftreten. Die Applikation Brekel Kinect hat deshalb einen Filter, das **NITE Skeleton Smoothing**, welches für die Reduzierung des Jitterings genutzt werden kann.

Die Smoothing-Werte liegen in einem Bereich von 0 bis 1 und sind stufenlos einstellbar. Dabei entspricht der Wert 0 keiner Jitterreduzierung, der Wert 1 der maximalen Jitterreduzierung. Dabei muss jedoch darauf geachtet werden, dass Bewegungen dabei enorm verändert werden und nicht mehr unbedingt die ursprüngliche Bewegung wiedergeben. Ohne ein Skeleton Smoothing sind die Motion Capture Daten allerdings fast unbrauchbar. Deshalb ist ein Wert von mindestens 0,40 unabdingbar.

Während der Aufnahme gab es immer wieder Probleme mit der **Floor Detection**. Die Floor Detection sorgt dafür, dass die Kontaktfläche zwischen Boden und dem darauf stehenden Motion Capture Artist korrekt erkannt wird. Ist das nicht der Fall kann es sein, dass das Segmentierungsverfahren bei der Erkennung der Füße, die in Kontakt mit dem Boden sind, Probleme hat und es daraufhin zu stärkerem Jittering und Floating der Beine führt. Das Floating beschreibt ein rutschen des virtuellen Skeletts auf der virtuellen Bodenfläche, obwohl der Motion Capture Artist still steht.

Der Grund für dieses Problem war in diesem Fall die Beschaffenheit des Bodens. Der ausgesuchte Raum hatte eine nicht reflektierende Bodenfläche. Damit konnten die vom Infrarotprojektor ausgesendeten Muster im Bodenbereich nicht mehr erkannt werden und die Floor Detection war nicht möglich. Das Problem konnte durch einen Stoffbelag auf dem Boden gelöst werden. Für weitere Tests wurde das Motion Capture Set in den Flur verlagert. Hier fand sich ein spiegelnder Boden (polierte Steinplatten) vor. Glücklicherweise war der Flur in einem von direkter Sonneneinstrahlung geschütztem Bereich und bot genug Platz für weitere Aufnahmen.

Das Programm bietet die Einstellungsmöglichkeit mit oder ohne **Wrist Rotation** zu tracken. Durch die Aktivierung dieser Option wird auch die Rotation und Bewegung der Hand aufgezeichnet. Momentan ist diese Option aber noch in einer Entwicklungsphase Bei mehreren Aufnahmen mit aktiver Wrist Rotation stellte sich heraus, dass die gesamte Motion Capture Aufnahme dadurch stark beeinflusst wurde. Aus diesem Grund wurde die Wrist Rotation bei den folgenden Aufnahmen nicht mehr verwendet.

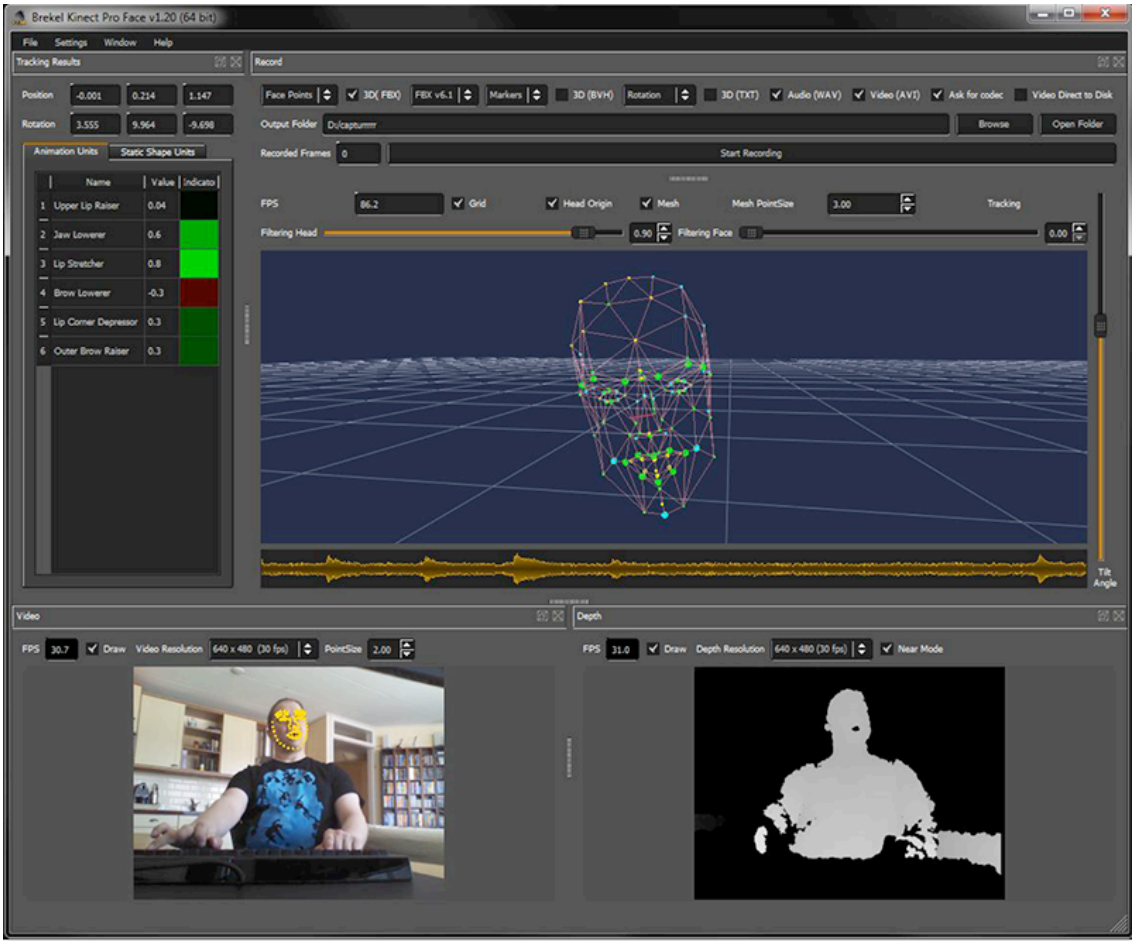

Abbildung 21: Benutzerinterface des Programms Brekel Kinect Pro Face

7.3 Die Postproduktion

Die Motion Capture Daten liegen nach der Aufnahme im Format **bvh** vor. Das **bvh** steht hierbei für **bounding volume hierachy**. In diesem Dateiformat werden die Positionsdaten von den getrackten Körperteilen in einer Art Textdatei mit Koordinaten gespeichert.

Beispiel einer bvh-Datei:

```
HIERARCHY
ROOT Hips
{
OFFSET 15.990000 -19.691000 -183.878006
CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
JOINT LeftUpLeg
{       OFFSET 10.248000 -0.000000 0.000000
        CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
        JOINT LeftLeg
        { OFFSET -0.000000 -45.022999 0.000000
        CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
        JOINT LeftFoot
        { OFFSET -0.000000 -28.063000 0.000000
        CHANNELS 6 Xposition Yposition Zposition Zrotation Xrotation Yrotation
                                End Site
                                { OFFSET -0.000000 0.000000 15.111000
                                }
                        }
                }
        }
}
MOTION
Frames: 2822
Frame Time: 0.033333
-2.906489 89.821083 30.160995 0.000000 0.000000 0.000000 10.582900 -0.000031
```

Mit dem Programm **bvhacker** können erste Korrekturen an den Motion Capture Daten vorgenommen werden. Man spricht dabei von dem **Cleaning** der Daten. Dabei können In- und Out-Punkte für die Animationen gesetzt, Loops erstellt oder eine T-Pose am Anfang der Sequenz definiert werden, falls diese bei der Aufnahme nicht bedacht wurde. Außerdem kann eine erneute Positionierung des Skeletts vorgenommen werden. Diese Schritte helfen in der weiteren Bearbeitung der Daten.

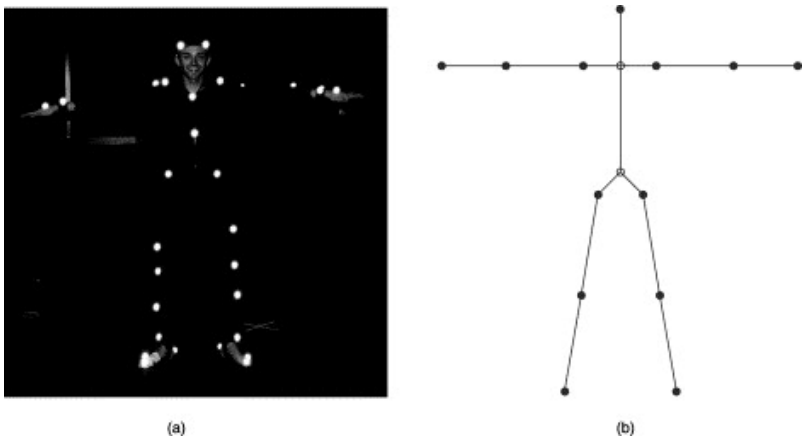

Abbildung 22: (a) T-Pose Mensch, (b) T-Pose Skelett

Ein erstes Cleaning der Daten ist damit abgeschlossen. Im nächsten Schritt werden die Daten zur Weiterverarbeitung an Autodesk Motionbuilder übergeben. Nach dem Import der Daten wird das Skelett charakterisiert. Das Charakterisieren beschreibt den Prozess der Zuordnung von Bones auf ein in Motionbuilder existierendes Control-Rig.

In diesem Schritt zeigt sich der Grund für die vorher bedachte Naming Convention. Die HumanIK Naming Convention bezieht sich auf die in Motionbuilder definierte Richtlinie für die Benennung der Körperteile. Somit kann einfach die Charakterisierungsschablone auf das Skelett gezogen werden. Dadurch werden die Namen der Bones den passenden Positionen des Control-Rigs zugeordnet.

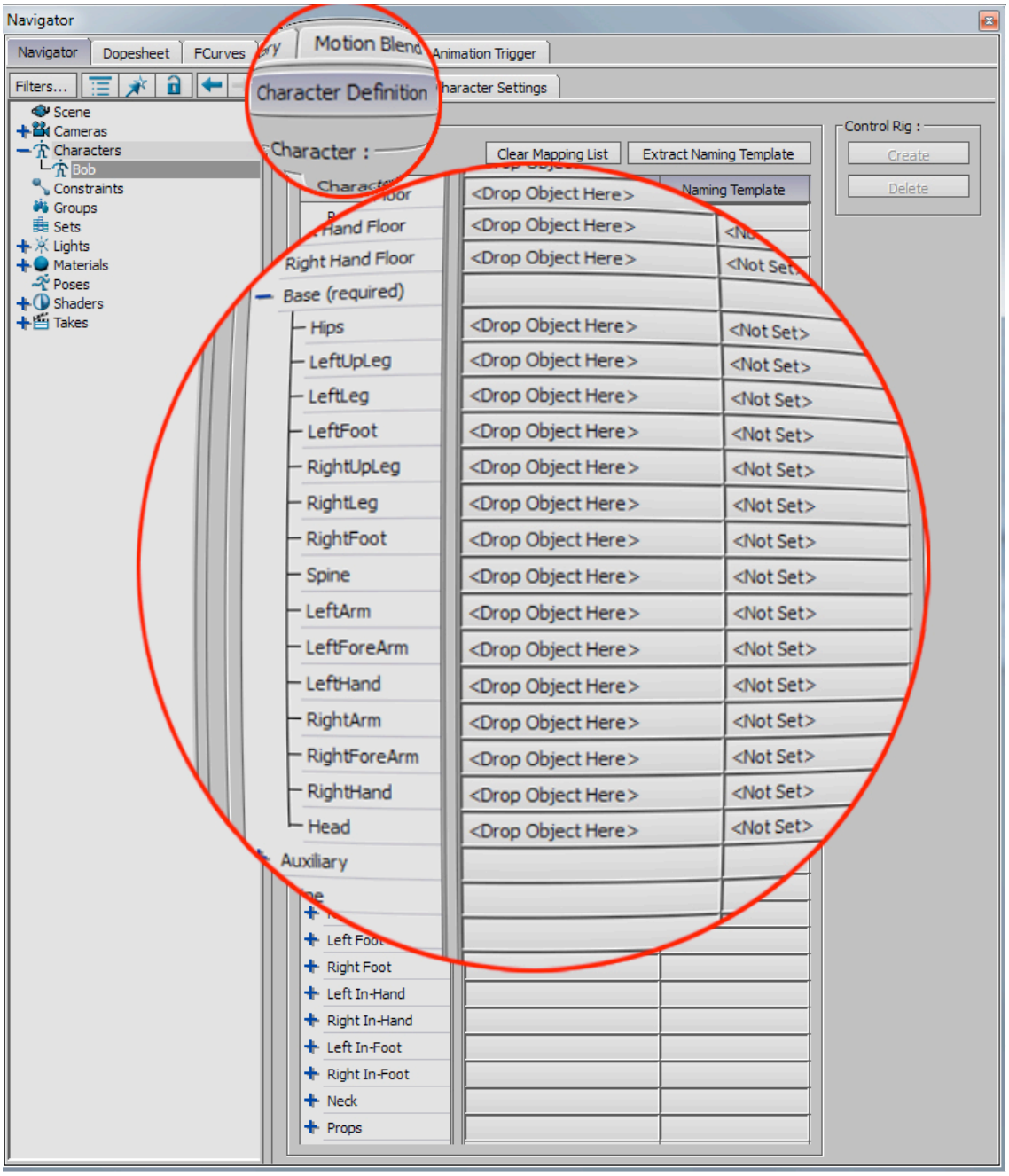

Abbildung 23: Charakterisierungseinstellung in Motionbuilder

Im Anschluss muss die Animation der Motion Capture Daten auf das Control-Rig geplottet werden. Das entstandene Control-Rig ist jetzt die Grundlage für die Bewegung des 3D-Charakters. Das Control-Rig und der Charakter werden in der T-Pose auf eine einheitliche Größe skaliert, um die Bewegungen so exakt wie möglich auf den Charakter übertragen zu können.

Das Control-Rig des 3D-Charakters ist zum jetzigen Zeitpunkt ohne Bewegung. Um das zu ändern wird das Control-Rig des Motion Captures als Quelle für die Bewegung des 3D-Charakters angegeben. Dadurch vollzieht der 3D-Charakter die Bewegung des Motion Capture Artists.

Über Animation-Layers kann die Bewegung nachträglich mit Keyframes animiert werden. Der Grund für eine nachträgliche Animation der Motion Capture Daten ist häufig, dass die auf den 3D-Charakter übertragenen Daten ungenau aufgezeichnet wurden oder die Proportionen des 3D-Charakters nicht mit den Proportionen des Motion Capture Skeletts übereinstimmen. Dadurch kann es zu Interferenzen zwischen Körperteilen kommen.

Das Jittering kann im Folgeprozess durch das Smoothen von Animationskurven auch nachträglich in Motionbuilder noch korrigiert werden.

Bisherige Postproduktionsschritte zusammengefasst:

- Motion Capture Aufnahmen in Motionbuilder importiert und auf ein Control-Rig geplottet.
- 3D-Charakter in Motionbuilder, Bewegungsquelle ist das Control-Rig der Motion Capture Aufnahmen.
- Zusätzliche Animationen zur Feinanpassung der Bewegungen über Animation-Layers.
- Jitter-Reduzierung der Bewegung.

Nach dem überwiegend technischen Teil der Postproduktion kann der kreative Teil beginnen. Motionbuilder erlaubt den Import von 3D-Inhalten. Das bedeutet in die Szene können nun Props platziert werden. Neben den Props kann auch das Experimentieren mit der Kamera beginnen.

Sind Kamerafahrten oder Schnitte gesetzt, kann die Animation als fertiger Shot gerendert werden oder an andere 3D-Programme zur weiteren Verarbeitung übergeben werden. In diesem konkreten Projekt wurden die Shots als Film ausgespielt und zur weiteren Verarbeitung an Adobe After Effects übergeben. Hier wurde das finale Compositing erstellt.

7.4 Zusatz: Performance Capture

Das Performance Capture geht über die Anwendung der Prävisualisierung hinaus. Im Normalfall enthält die Prävisualisierung keine bis sehr einfach animierte Mimik. Man erkennt prinzipiell nur die Grundstimmung eines 3D-Charakters. Nichtsdestotrotz ist das Performance Capture mittels der Microsoft Kinect eine interessante Möglichkeit die Mimik eines echten Menschen auf die eines 3D-Charakters zu übertragen und wird deshalb als Zusatz in dieser Arbeit angesprochen. Hierfür wird die Software Brekel Kinect Pro Face genutzt. Anders als Brekel Kinect wird dabei nicht der OpenNI Treiber, sondern das von Microsoft entwickelte SDK verwendet. In diesem sind die Grundlagen für die Erkennung eines Gesichtes implementiert.

Das Programm Brekel Kinect Pro Face erkennt dabei neben den Augenbrauen und der Position des Kopfes auch die Lippenform. Anders als bei der Anwendung des Motion Captures funktioniert dieses nur in einem hellen Raum, da das Bild der RGB-Kamera und nicht das des Tiefensensors ausgewertet wird.

Um die weiteren Schritte zu verstehen folgt eine Definition des Begriffs **Blendshapes**:

Blendshapes *definieren einen Übergang zwischen verschieden Zuständen einer Animation. Sie werden häufig bei der Animation von Gesichtern genutzt. Man stelle sich eine Fläche vor. Diese Fläche kann z. B. eben, nach innen oder nach außen gewölbt sein. In einer Blendshape sind diese drei Zustände definiert und über einen Zahlenwert verknüpft und steuerbar. Dabei ist der ebenen Fläche bspw. der Wert 0 zugeordnet, der nach innen gewölbten der Wert -1 und der nach außen gewölbten der Wert +1. Der Wert -0,5 würde dann dem Zustand einer nur halb so stark nach innen gewölbten Fläche im Bezug auf den Wert -1 entsprechen. Das gleiche Prinzip wird auf Gesichtszüge angewandt [vgl. SMB].*

Ein Beispiel: *Für ein lachendes Gesicht werden die äußeren Punkte der Lippe nach oben gezogen und die Augen zusammengekniffen. Diese Koordinaten der Gesichtspunkte werden dann gespeichert. Das gleiche Prinzip wird auf einen neutralen Gesichtsausdruck angewendet. Die Verknüpfung dieser zwei Zustände über einen Zahlenwert ergibt die Blendshape. Je nach Zahlenwert interpoliert das 3D-Programm zwischen den Gesichtsausdrücken. Somit kann die Intensität des Lachens gesteuert werden.*

Das Programm Brekel Kinect Pro Face erstellt mehrere Punkte rund um die getrackten Gesichtspartien. Diese Punkte werden an definierte Blenshapes übergeben. Bewegt man seinen Mund während der Aufnahme sieht man die sich verändernden Werte der zugehörigen Blendshape. Die Übertragung dieser Werte auf einen 3D-Charakter wird dabei aber zu einem Problem. Jeder 3D-Charakter ist mit einem anderen System zur Steuerung des Gesichtes ausgestattet.

Die Grundvoraussetzung ist also ein schon Vorhandensein von definierten Blendshapes beim 3D-Chrakter. Das nächste auftretende Problem zeigt sich in der Veranschlagung der Steuerwerte von den jeweiligen Blendshapes. Während Brekel Kinect Pro Face für einen komplett offenen Mund bspw. den Wert 10 definiert hat, kann es beim 3D-Charakter der Wert 5 sein.

Um dieses Problem zu lösen, muss eine Art Adapter zwischen den Blendshapes des 3D-Charakters und den Blendshapes des Performance Captures geschaltet werden. Eine andere Lösung wäre den 3D-Charakter direkt so zu modellieren, dass er den Blendshape-Vorgaben des Performance Capture Programms entspricht.

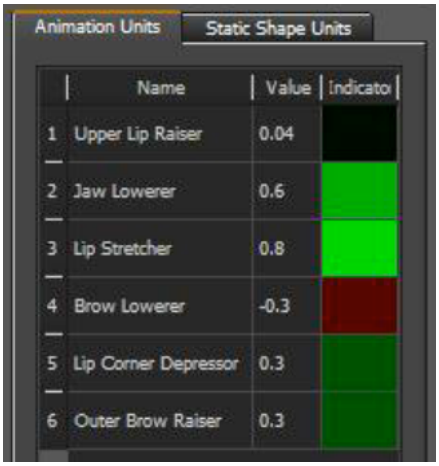

Abbildung 24: Blendshapes in Brekel Kinect Pro Face

Die Defintionen der in Brekel Kinect Pro Face verwendeten Blendshapes können der Dokumentation [BKPF] entnommen werden.

In diesem Zusatzteil wurde der Weg der Adapterprogrammierung gewählt. Hierbei werden die Werte von Brekel Kinect Pro Face über eine Programmierung in MEL-Script an die Werte des 3D-Charakters angepasst.

```
float $mult = null1.face_rig_mult;                    /// Multiplikator für die Stärke des Ausdrucks.

float $brow_in_up = Head.Brows_Inner_Up;              /// Brekel Kinect Pro Face Blendshape (Braue, innen, oben) wird ein Speicherplatz zugewiesen.

float $brow_in_down = Head.Brows_Inner_Down;          /// Brekel Kinect Pro Face Blendshape (Braue, innen, unten) wird ein Speicherplatz zugewiesen.

float $brow_in =

($brow_in_up + ($brow_in_down * (-1)))*$mult;         /// Blendshape (Braue, innen, unten) wird in positiven Wertebereich konvertiert (Multiplikation mit -1) und mit dem Wert der Blendshape (Braue, innen, oben) addiert um in den Wertebereich der Blendshape des 3D-Charakters zu kommen. Mit dem Multiplikator kann Einfluss auf die Stärke des Ausdrucks genommen werden.

ctrlFace_Lf_Brow.BrowInner_UD = $brow_in;

ctrlFace_Rt_Brow.BrowInner_UD = $brow_in;             /// Der linken inneren Braue und der rechten inneren Braue werden jeweils die Werte der vorherigen Operation übergeben ( links und rechts bewegen sich simultan).

float $brow_out_up = Head.Brows_Outer_Up;

float $brow_out_down = Head.Brows_Outer_Down;

float $brow_out =

($brow_out_up + ($brow_out_down * (-1)))*$mult;

ctrlFace_Lf_Brow.BrowOuter_UD = $brow_out;

ctrlFace_Rt_Brow.BrowOuter_UD = $brow_out;            /// Gleiches Verfahren wie oben für die äußeren Brauen.

float $jaw_open = Head.Jaw_Open;

ctrlFace_Cn_Jaw.rotateX = ($jaw_open) * 30;           /// Rotation des Kiefers mit dem Multiplikator 30 (nach Augenmaß auf natürliches Aussehen angepasst).

float $lip_stretch = Head.Lip_Stretch*(-1);           /// Werte der Blendshape Lip_Stretch (Brekel Kinect Pro Face) werden in den positiven Bereich konvertiert und in die Speichervariable lip_stretch geschrieben.

ctrlFace_Lf_Lips.Crnr_IO = ($lip_stretch)*$mult;
```

```
ctrlFace_Rt_Lips.Crnr_IO = ($lip_stretch)*$mult;
```

/// In den positiven Bereich konvertierte Werte werden mit einem Multiplikator an die entsprechenden Blendshapes des 3D-Charakters übergeben.

```
float $lip_kiss = (Head.Lip_Kiss)*(-1);

ctrlFace_Cn_Lips.UpLip_CurlIO = $lip_kiss*$mult;

ctrlFace_Cn_Lips.DnLip_CurlIO = $lip_kiss*$mult;
```

/// Gleiches Verfahren wie oben mit der Blendshape lip.kiss.

```
float $lip_corn_up = Head.Lip_Corners_Up;

float $lip_corn_down = Head.Lip_Corners_Down;

float $lip_corn =

($lip_corn_up + ($lip_corn_down *(1)))*($mult*0.4);

ctrlFace_Lf_Lips.Crnr_UD = $lip_corn;

ctrlFace_Rt_Lips.Crnr_UD = $lip_corn;


float $lip_mid_up = Head.Upper_Lip_Up;

float $lip_mid_down = Head.Upper_Lip_Down;

float $lip_mid =

($lip_mid_up + ($lip_mid_down * (1)))*($mult*0.2);

ctrlFace_Cn_Lips.UpLip_UD = $lip_mid;
```

/// Gleiches Verfahren wie Anfangs des Codes mit der Blendshape Lip.Corners_Up und Lip_Corners_Down. Ebenso mit Upper_Lip_Up und Upper_Lip_Down.

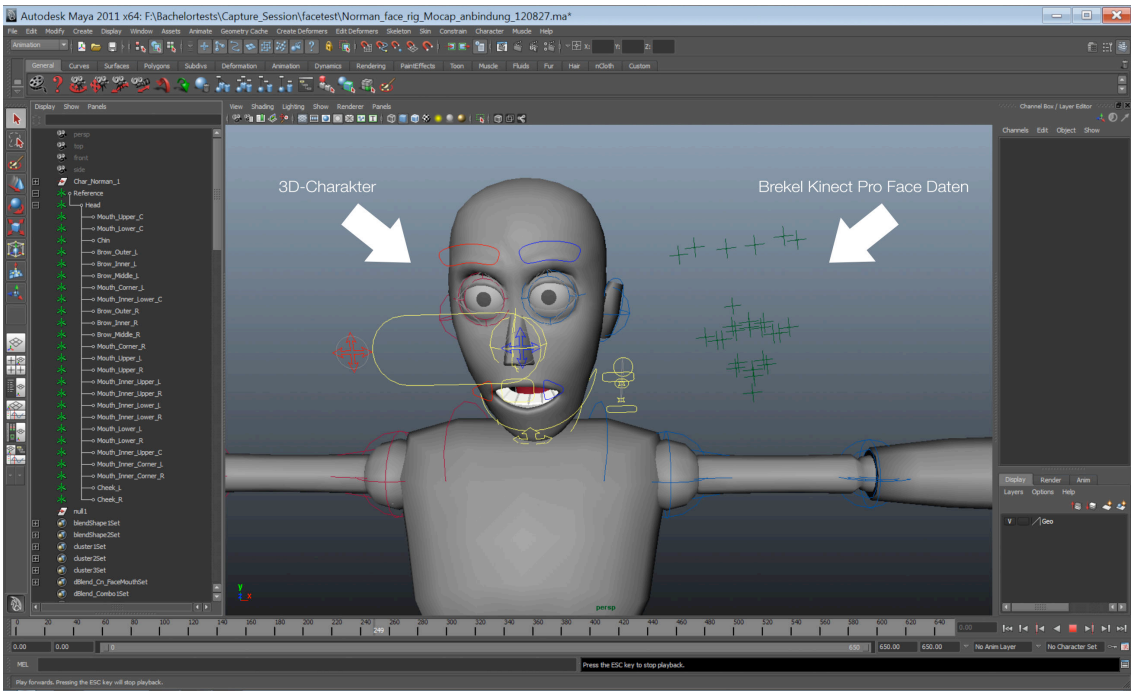

Abbildung 25: Brekel Kinect Pro Face Daten auf 3D-Charakter angepasst

Abbildung 26: Realbild zu Abbildung 25

7.5 Eine Fiktive Kostenaufstellung

Die Frage nach der Anwendbarkeit des kostengünstigen Motion Captures zielt natürlich nicht nur auf die Ergebnisse sondern auch auf die Kosten ab. Nachdem die Anschaffungskosten der Hardware und Software schon zur Sprache gekommen sind, stellt sich die Frage wie viel Mannstunden aufgewendet werden müssen um eine Prävisualisierung mit dieser Technik zu realisieren. Der Umfang der Postproduktion und der Aufnahmen richtet sich dabei nach dem gestalterischen Aufwand und der Länge der zu produzierenden Prävisualisierung.

Annahmen für ein Szenario zur Abschätzung der Produktionskosten:

- Prävisualisierung eines 20 Sekunden langen TV Spots.
- Der Regisseur stellt ein grobes Storyboard zur Verfügung.
- Performance Capture wird gewünscht.
- 3D-Charaktere werden extra für die Prävisualisierung von einem Online-Portal gekauft.
- Die Adapterprogrammierung, für die Verwendung von nicht an die Software Brekel Kinect Pro Face angepassten 3D-Charaktere, wurde in einem vorherigen Projekt schon erstellt und das Grundwissen zur erneuten Programmierung ist vorhanden.
- Die Software und Hardware ist bereits vorhanden.
- Es wird kein ausgebildeter Schauspieler, sondern ein Kollege als Motion Capture Artist eingesetzt.
- Inhalt des Werbespots: Der Spot umfasst einen einzigen durch Motion Capture bewegten 3D-Charakter (zb. einen Affen) und eine einfach aufgebaute Szene. Der 3D-Charakter wandert auf einer Insel und preist die Vorzüge dieses Landes an.

Tabelle 1: Kostenaufstellung der Produktion

Art der Tätigkeit	**Zeitaufwand in Stunden**	**Geldaufwand In Euro**
Aufbau des Motion Capture Sets	0,3	24
Aufnahmen der Motion Capture Daten	1	80
Erstes Cleaning der Daten	0,5	40
Anpassung der Motion Capture Daten auf den 3D-Charakter (Control-Rig, Charakterisieren, Skalierung)	1	80
Nachträgliche Bewegungsverfeinerung über Animation Layers	2	160
Performance Capture Aufnahme	1	80
Umprogrammieren des Adapters zwischen Motion Capture Daten und 3D-Chrakter	1	80
Zusammenführen von Motion Capture und Performance Capture	1	80
Compositing mit Props, Hintergründen und Kamerafahrten	2	160
Rendering	2	160
Suchaufwand für passenden 3D-Charakter	2	160

Die Summe der Mannstunden ergibt einen Betrag von 1104 Euro. Inklusive der Mehrwertsteuer von 209,76 Euro kann also mit einem Aufwand von 1313,76 Euro gerechnet werden.

Zusätzlich fällt der Preis für den Kauf des 3D-Charakters an. Dieser wird mit Brutto 150 Euro veranschlagt. Dabei beläuft sich die Summe für die Produktionskosten der Prävisualisierung auf einen Betrag von **1463,76 Euro**.

Im Hinblick auf die Einnahmen für einen derartigen Auftrag, die sich je nach gestalterischem Aufwand im Bereich zwischen **10.000 und 25.000 Euro** bewegen, ist die Prävisualisierung auch im Bezug auf die Kosten ein lohnenswerter Prozess.

8. Fazit und zukünftige Entwicklung

8.1 Fazit

Die eigenen Erfahrungen durch dieses Projekt haben mir gezeigt, dass die kostengünstige Prävisualisierung von Filmszenen mittels Motion Capture und der Kinect Kamera mit der jetzigen Hardware und Software zwar funktioniert, man allerdings mit Einschränkungen rechnen muss. Meiner Meinung nach fehlen entscheidende Dinge um das Motion Capture mittels der Kinect wirklich als Werkzeug für professionelle Anwendungsgebiete wie der kommerziellen Filmproduktion nutzen zu können.

Einer der Faktoren, die dabei besonders ins Gewicht fallen ist der beschränkte Bewegungsumfang. Arme können nicht verschränkt werden, man kann sich nicht zur Seite drehen und eine Interaktion mit dem Boden oder Wänden ist überhaupt nicht möglich. Die Entwicklung muss darauf abzielen diese Probleme zu lösen, um wirklich ein Technik zu schaffen, die sich als semi-professionelle Motion Capture Lösung verwenden lässt.

Die Ansätze dieser Arbeit zeigen jedoch, dass selbst mit den beschränkten Möglichkeiten der jetzt vorhandenen Hardware und Software eine vorzeigbare Animation zur Prävisualisierung erstellt werden kann und diese auch in der Planung und Umsetzung einer Szene hilfreich ist. Eine wichtige Rolle bei der Weiterentwicklung spielt der Workflow.

Programme wie Reallusion IClone bieten ein Komplettpaket, da sie die Motion Capture Aufnahmen, die nachträgliche Animation und das Compositing in einem Programm zusammenfassen. Durch diesen Workflow entsteht eine große Zeitersparnis was im Umkehrschluss eine Geldersparnis darstellt. Dieses Programmkonzept gepaart mit Hardwareverbesserungen der Kinect wird das kostengünstige Motion Capture und die Prävisualisierung von Filmszenen für mittelständische Unternehmen sehr interessant machen.

Das Performance Capture zeigt schon jetzt vielversprechende Ergebnisse und wird den Ansprüchen von qualitativ hochwertigen Animationen gerecht.

8.2 Zukünftige Entwicklung

Viele Ideen und Studien zeigen schon erste Ansätze um das Motion Capture der Kinect zu verbessern. Das Hauptproblem für eine zuverlässige Arbeitsweise ist momentan, dass die Kinect nur frontale Bewegungsabläufe in die Kalkulation des virtuellen Skeletts einbezieht. Sobald eine Verdeckung von Körperteilen eintritt, verliert die Software die Segmentierung dieser.

Die Bewegungsfreiheit ist dadurch enorm eingeschränkt. Durch die Kopplung von mehreren Kinect Kameras könnte ein 360 Grad Abbild eines Menschen erfasst werden und Verdeckungen von Körperteilen aus bspw. der frontalen Sicht würden aufgrund der weiteren Perspektiven nicht mehr zu einem Verlust der Segmentierung führen. Das daraus resultierende Problem ist die Zusammenführung der verschiedenen Datenströme und die Synchronisation der Kameras. Ein weiteres Hindernis stellt das Infrarotpunktemuster dar. Die ausgesendeten Punktmuster überdecken sich bei einer Anordnung der Kameras rund um ein Objekt. Dadurch ist die gesamte Funktionsweise der Kinect beeinträchtigt. Lösungsansätze für das Problem bietet der Technical Report Multible Kinect Studies von Y. Schröder et al. [SSBRG11].

Des Weiteren würde eine verbesserte Auflösung zu einem besseren Trackingergebnis führen. Technisch spielen diese Aspekte aber eher eine untergeordnete Rolle. Es wird auf die softwareseitige Entwicklung ankommen.

Die Kinect wird für Microsoft vermutlich lediglich eine Steuereinheit für diverse multimediale Geräte bleiben. Bei der Weiterentwicklung des Motion Captures mit mehreren Kinect Kameras wird es auf die Kreativität und den Einsatz von Softwarefirmen oder Hobbyprogrammierern ankommen. Eine schon jetzt im Ansatz erkennbare Verbesserung stellt die in Brekel Kinect vorhandene Wrist Rotation dar. Die Handbewegungen und die Fingerbewegungen zu erfassen würde das kostengünstige Motion Capture einen großen Schritt voran bringen.

Wie erst vor kurzem bekannt wurde, ist Microsoft mit der Entwicklung eines neuen Sensores beschäftigt. Der **Digits Sensor**. Dieser ist momentan noch deutlich größer als eine Armbanduhr und soll die Handbewegungen inklusive den Fingerbewegungen erfassen können. Die Entwicklung zielt auf ein armbanduhrengroßes Endprodukt ab, welches dadurch zur flexiblen und unauffälligen Steuereinheit werden könnte. Mit Sicherheit würde das auch einen Fortschritt im Bereich des kostengünstigen Motion Captures darstellen [vgl. NSD].

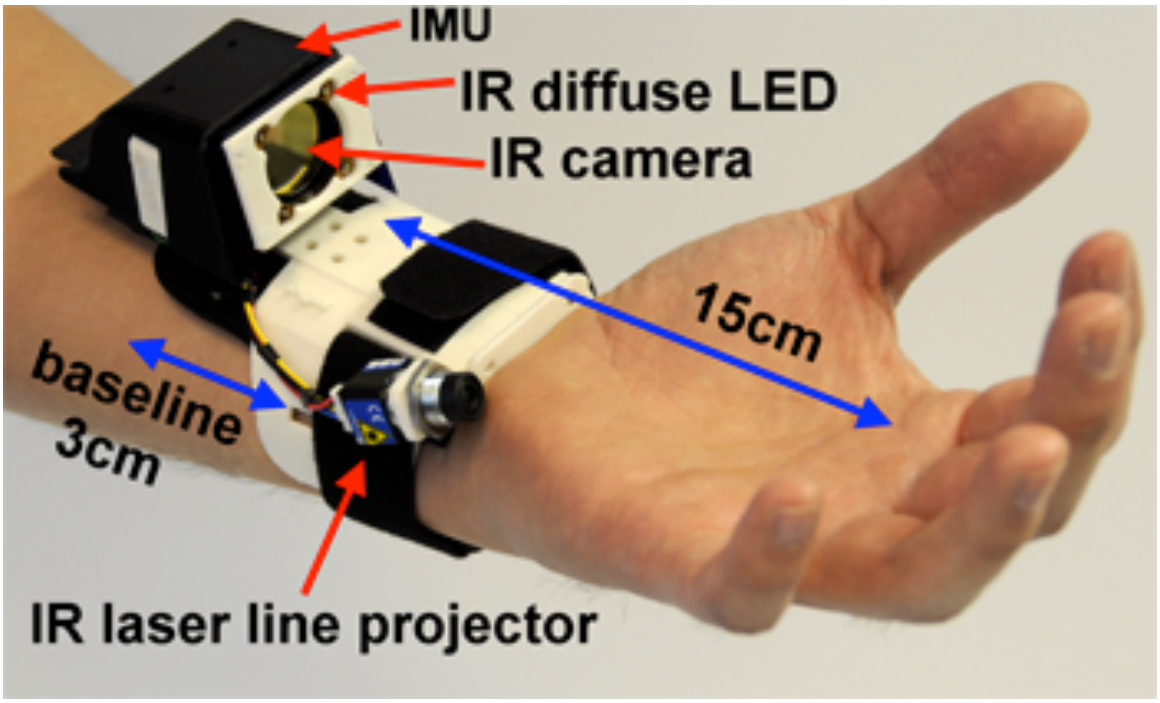

Abbildung 27: Prototyp des Digit Sensors von Microsoft

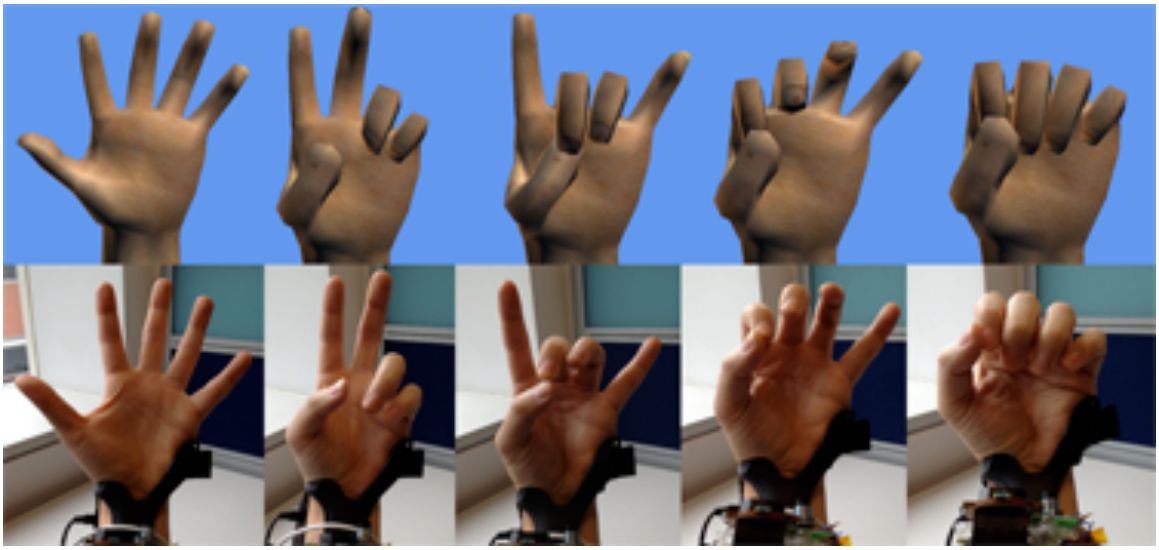

Abbildung 28: Reales und produziertes 3D-Bild des Digit Sensors

9. Anlagenverzeichnis

Daten-DVD:

Kostengünstiges Motion Capture mittels der Microsoft Kinect im Bezug auf die Prävisualisierung von Filmszenen (PDF).

Autodesk Whitepaper, The new Art of virtual moviemaking (PDF).

Brekel Kinect Pro Face Documentation (PDF).

Prävisualisierte Szenen (MOV).

Dokumentation (MOV).

10. Quellen- und Literaturverzeichnis

Bücher:

[AW09] Autodesk Whitepaper, The new art of virtual moviemaking, Autodesk 2009

[BKPF] J. Brekelmans, Brekel Kinect Pro Face Documentation, 2012

[KK09] J. Kundert-Gibbs, K. Kundert-Gibbs, Action Acting Lessons for CG Animators, Wiley Publishing Inc. 2009

[MTK11] P. Perry, J. Hall S. Kean, Meet the Kinect: An Introduction to Programming Natural User Interfaces, Springer 2011

[OZ10] J. A. Okun,, S. Zwerman, The VES Handbook of Visual Effects, Taylor & Francis Ltd. 10.09.2010

[SSBRGM11] Y. Schröder, A. Scholz, K. Berger, K. Ruhl, S. Guthe, M. Magnor, Multible Kinect Studies, Technical Report Nr. 15, TU-Braunschweig. 2011.

[WA12] J. Webb, J. Ashley, Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK, Springer-Verlag Februar 2012

Internetseiten:

[AVT] http://www.alliedvisiontec.com/de/produkte/applikationen/case-studies/article/motion-capture-with-avt-cameras-makes-orthopedic-diagnosis-easier.html [Zugriff: 05.11.2012]

[BAP] http://www.buchakademie.de/seminare/corporate_publishing/pitch.php [Zugriff: 05.11.2012]

[FHI] http://www.igd.fraunhofer.de/Institut/Abteilungen/Virtuelle-und-Erweiterte-Realität/Projekte/HNF-ComputerSport-Markerless-Motion-

[Zugriff: 05.11.2012]

[HSL] http://www.hackengineer.com/structured-light-vs-microsoft-kinect/

[Zugriff: 05.11.2012]

[JMC] J. MacCormick, How does the Kinect work http://users.dickinson.edu/~jmac/selected-talks/kinect.pdf [Zugriff: 05.11.2012]

[NSD] http://www.new-scientist.de/inhalt/computertechnik-den-pc-per-gesten-steuern-a-862217.html [Zugriff: 05.11.2012]

[PGH] http://www.pcgameshardware.de/Kinect-Konsolen-232538/News/Microsoft-Kinect-Technische-Details-preis-gegeben-763013/ [Zugriff: 05.11.2012]

[SMB] http://www.maxschoenherr.de/animation/Maya/MayaPit/blendMeAShape/blendMeAShape.html [Zugriff: 05.11.2012]

[VTS] http://www.vicon.com/products/tseries.html [Zugriff: 05.11.2012]

Abbildungen:

Abbildung 1:

Autodesk Whitepaper, The new art of virtual moviemaking, 2009

Abbildung 2:

Youtube, http://www.youtube.com/watch?v=WgJexAC0-0k, 2009

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 3:

Michêl Meeh, selbst erstellt, 2012

Abbildung 4:

Youtube, http://www.youtube.com/watch?v=UI_AjjarVp4, 2008

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 5:

Internet,

http://www-personal.umich.edu/~hamms/portfolio/motioncapture/images/compo_01.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 6:

Internet, http://www.artofvfx.com/APES/APES_WETA_VFX_02A.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 7:

Internet, http://www.artofvfx.com/APES/APES_WETA_VFX_2C.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 8:

Internet Video,

http://channel9.msdn.com/Series/KinectSDKQuickstarts/Understanding-Kinect-Hardware

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 9:

Internet, http://www.thereviewcrew.com/wp-content/uploads/2010/11/kinect_the_dots.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 10:

Freedman et al, Primesense patent application, Seite 2, 2010

http://www.google.com/patents?id=h0GvAAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&hl=de#v=onepage&q&f=false

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 11:

Internet, http://vision.ia.ac.cn/senimar/reports/Real-Time%20Human%20Pose%20Recognition%20in%20Parts%20from%20Single.pdf

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 12:

Internet, http://images.digitalmedianet.com/2009/Week_5/7qix5ws6/story/vicon_uc%20merced.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 13:

Michêl Meeh, selbst erstellt, 2012

Abbildung 14:

Michêl Meeh, selbst erstellt, 2012

Abbildung 15:

http://www.ign.com/videos/2011/12/06/rise-of-the-planet-of-the-apes-breaking-motion-capture-boundaries

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 16:

Internet, http://relics.5d6d.com/d7/43/cgsoft/attachments/day_111026/

11102623082bcb0ecca347a7a7.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 17:

Sony Pictures Home Entertainment Bluray, Die Abendteuer von Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn, 2012

Abbildung 18:

Sony Pictures Home Entertainment Bluray, Die Abendteuer von Tim und Struppi - Das Geheimnis der Einhorn, 2012

Abbildung 19:

Michêl Meeh, selbst erstellt, 2012

Abbildung 20:

Internet, http://download.autodesk.com/global/docs/motionbuilder2013/en-us/images/GUID-37A76398-76EB-4F2A-858A-B051BF7E63FC-low.png

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 21:

Screenshot, Michêl Meeh, Brekel Kinect Pro Face, 2012

Abbildung 22:

Internet, http://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0262885603001380-gr2.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 23:

Internet, http://mocappys.com/wp-content/uploads/2010/05/Character_Derfinitions.jpg

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 24:

Screenshot, Michêl Meeh, Brekel Kinect Pro Face, 2012

Abbildung 25:

Screenshot, Michêl Meeh, Autodesk Maya, 2012

Abbildung 26:

Michêl Meeh, selbst erstellt, 2012

Abbildung 27:

Internet, http://research.microsoft.com/en-us/news/features/uist2012-100812.aspx

[Zugriff: 05.11.2012]

Abbildung 28:

Internet, http://research.microsoft.com/en-us/news/features/uist2012-100812.aspx

[Zugriff: 05.11.2012]