

PROJEKTbeschreibung

Kooperationsprojekt:

„Pathfinder - Entwicklung eines Inertial-Tracking-Systems für TV- und Filmkamera zur framesynchronen Integration der Kameraposition in die Metadaten des VFX-Footages“

Teilvorhaben 1:

„Entwicklung eines Marker-freien Matchmoving-Verfahrens für VFX-intensive Filme“

Cine Chromatix KG

Goethestraße 85
10623 Berlin

Projektleitung:

Janosch Benz, Tel.: +49 30 327805-80 , E-Mail: janosch.benz@cene-chromatix.de

Teilvorhaben 2:

„Elektronikentwicklung zur inertialbasierten Verfahrenwegberechnung von TV- und Filmkameras und framesynchronen Metadaten-Übergabe in den VFX-Footage“

Hochschule Darmstadt

Haardtring 100
64295 Darmstadt

Projektleitung:

Prof. Dr. Markus Haid
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
CCASS Competence Center For Applied Sensor Systems
Tel.: +49 170 1670205; E-Mail: Markus.Haid@h-da.de

Zielsetzung, Lösungsweg und Aufwandskalkulation

BEABSICHTIGTE TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG VON PRODUKTEN, VERFAHREN ODER DIENSTLEISTUNGEN

Kurzfassung:

Entwicklung einer am Set anwendbaren Inertial-Tracking Lösung um die Kameraposition während des Drehs aufzuzeichnen.

Diese sollen während des Conforming der Rohdaten automatisch Framesynchron in die Metadaten des VFX-Footages integriert werden, um so den Aufwand von Matchmoving (Kameratracking mit herkömmlichen Systemen) zu eliminieren.

Eines 'Fire and Forget' Systems, welches einfach in ein bestehendes Kamerarig integrierbar ist. Oberste Priorität haben Präzision der berechneten Daten, sowie Unanfälligkeit des Systems für äußere Einflüsse. Die angestrebte Genauigkeit der berechneten Kameraposition sollte innerhalb eines Shots bei 0,5 Subpixeln liegen.

Ausgangslage: Was ist Tracking?

Um eine Vorstellung von dem Job eines Matchmovers zu erhalten, erklären wir hier den Prozess an einem typischen visual effects shot. (*Anm.: als shot bezeichnet man eine Szene im Film*).

Der Regisseur dreht einen Sciencefiction Film und möchte ein „Monster, welches aus einem Fenster auf die Straße bricht und in einer Gasse verschwindet“. Nach Rücksprache mit dem visual effects Team ist klar, dass Monster und Fenster in der Postproduktion erstellt und integriert werden müssen.

Am Drehtag entscheiden sich Regie und Kamera, wie sie die Szene darstellen wollen und an welchem Ort die Kamera ist. An der Stelle des Fensters ist lediglich eine Lücke. Nachdem sie ihre Kamerabewegung ein paar Mal geprobt haben, ist es soweit und die Szene wird gedreht. Die Kamera folgt dem imaginären Monster und die Darsteller spielen, als würden sie vor dem Monster fliehen. Nach dem Dreh und Schnitt wird der Film entwickelt und dem visual effects Team übergeben.

Der zuständige Supervisor entscheidet, dass sich Animatoren mit dem Monster, FX Artists mit dem zerbrechendem Glas und ein Matchmover mit der Kamera befassen sollen. Das Ziel eines jeden visual effect shots ist es, den Zuschauer glauben zu lassen er würde eine Abbildung der Realität sehen. Die Animatoren müssen das Monster so animieren, dass es aussieht als würde es wirklich durch das Fenster brechen und die FX Artists müssen die Scherben glaubhaft auf die Straße fallen lassen.

Um das zu erreichen, ist die Rolle des Matchmovers essentiell. Wenn die virtuellen Objekte und Charaktere nicht genau so abgefilmt werden wie es die echte Kamera getan hätte, fällt jedem Zuschauer sofort auf, dass es sich nur um einen Trick handelt. Das menschliche Auge ist durch unser tägliches Sehen sehr trainiert, Unstimmigkeiten in Perspektiven oder unnatürliche Bewegungen wahrzunehmen. Die Illusion ist in einem solchen Fall unwiederbringlich zerstört.

Idee - Lösungsansatz:

Und genau bei dieser Herausforderung setzt unser „Pathfinder“ an:

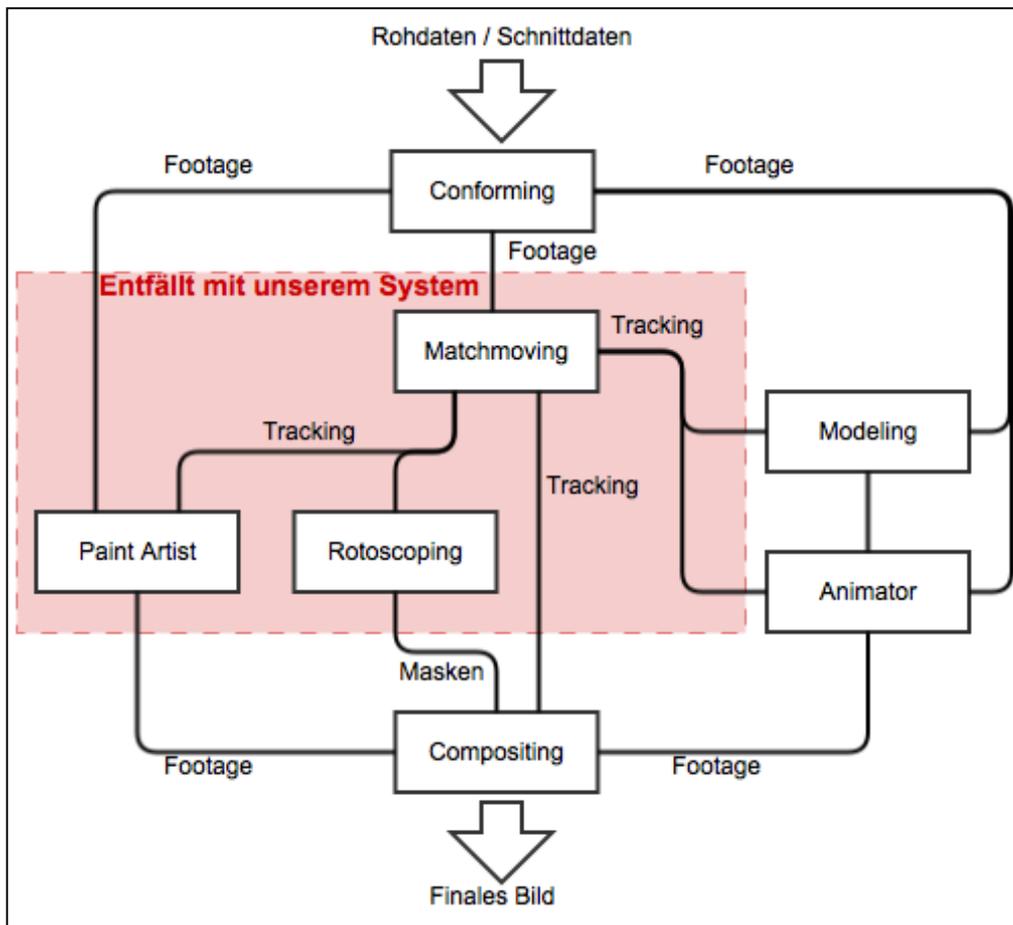


Abb. 1: workflowschema Postproduktion

Wie man sehen kann (rot markiert), nehmen wir den Großteil der Arbeit aus dem Prozess. Das bedeutet für den Kunden eine erhebliche Zeit- und Kostenersparnis und zusätzlich eine Qualitätssteigerung, da menschliche Fehler vermieden werden.

Schauen wir uns nun die Phasen an, die unser oben angesprochene Visual Effect Shot durchlaufen würde und wie unser „Pathfinder“ diesen Ablauf beeinflussen würde.

Wie ersichtlich wird, sind alle Departements mehr oder weniger vom Matchmover abhängig. Das solven (Anm.: so bezeichnet man die Lösung einer Kamera bzw. die finale 3D Kamera die errechnet wird) eines komplizierten shots kann teilweise Tage oder sogar Wochen in Anspruch nehmen. Des Weiteren ist das Paint Departement mit dem Entfernen der Trackingpunkte belastet, was ebenfalls viel Zeit in Anspruch nehmen kann.

Durch Einsatz unseres „Pathfinder“ lässt sich nicht nur die Produktionszeit erheblich verkürzen sondern auch die Wartezeit vieler Artists um Tage oder sogar Wochen pro shot reduzieren. Es ist also nicht nötig, Trackingpunkte aufwändig zu entfernen und man spart sich Zeit und Geld am Set durch weniger Supervision und Einschränkungen.

Zusätzlich muss man keine späteren Änderungen fürchten. Denn sollte sich im klassischen Workflow an einem späten Zeitpunkt der Produktionsphase ein Fehler im Matchmove herausstellen, so muss dieser behoben werden und nochmal alle Stationen durchlaufen. Das bedeutet mitunter einen erheblichen zeitlichen Mehraufwand, da das Berechnen der finalen Bilder sehr zeitaufwändig sein kann.

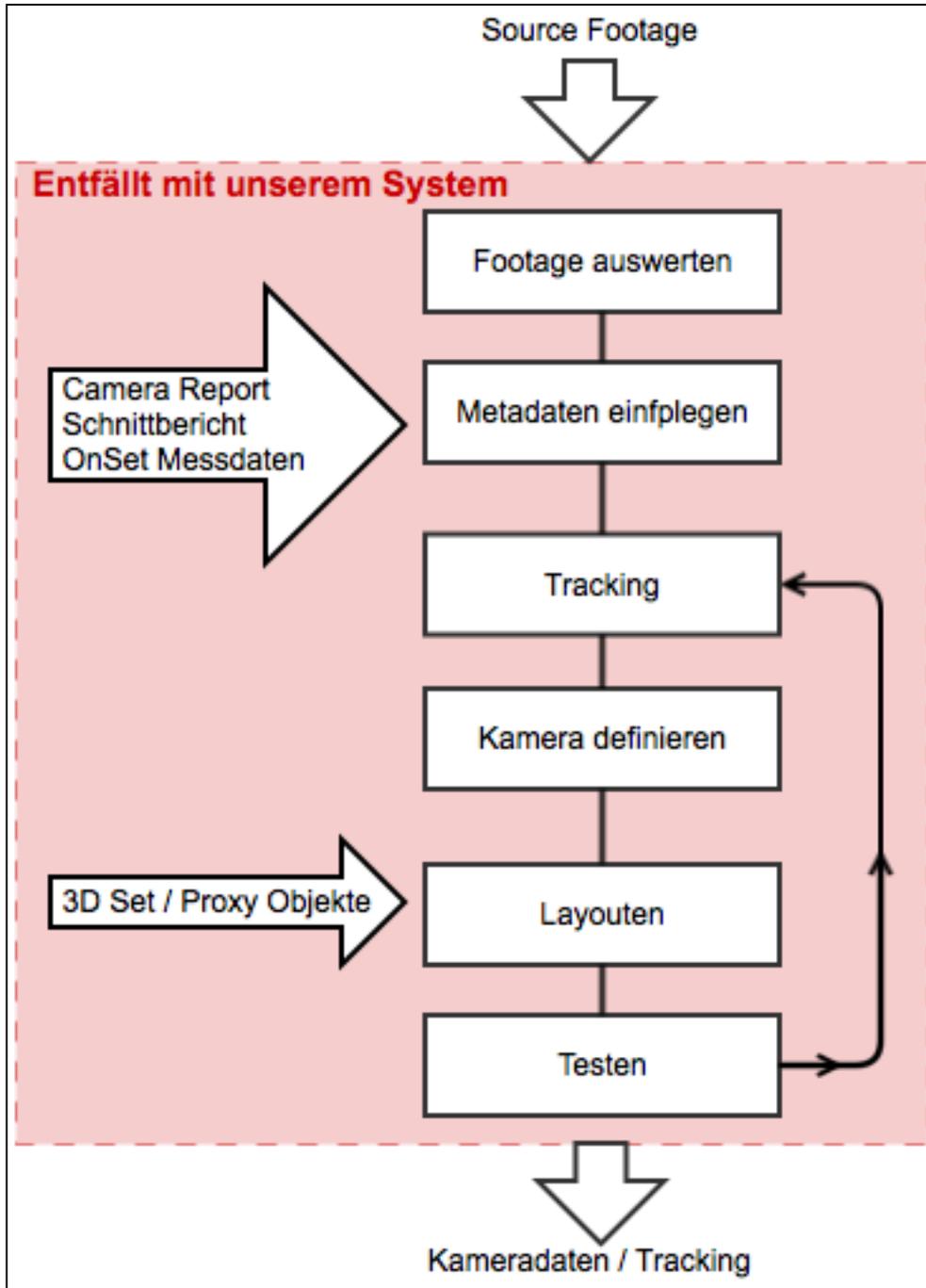


Abb. 2: workflowschema Matchmoving

Vergleich zum Stand der Technik: Klassisches Matchmoven

Um ein besseres Verständnis der Vorteile unseres Systems zu erlangen, hier eine Erklärung des klassischen Matchmoves per Software, wie sie heute gang und gäbe ist.

Eine Kamera, digital oder analog, nimmt ein zwei-dimensionales Bild einer drei-dimensionalen Welt auf. Der Job eines Matchmovers ist das genaue Gegenteil. Am Ende sollte er oder sie eine mathematisch perfekte Rekonstruktion einer drei-dimensionalen Welt in einem zwei-dimensionalen Bild erschaffen.

Um das zu erreichen, benutzt man Software, welche sich einer Technik namens „photogrammetry“ bedient. Diese Software trackt (*Anm.: verfolgen eines Punktes über mehrere Bilder hinweg*) bestimmte markante und kontrastreiche Punkte im Bild.

Oft kleben Supervisor direkt am Set mehrere Markierungen, welche Trackingmarker genannt werden, auf bestimmte Stellen, um diese Punkte klarer hervorzuheben. Die zu trackenden Punkte kann man entweder manuell definieren oder das Programm automatisch wählen lassen. Durch intelligente Algorithmen und Triangulierung, kann die Software anhand dieser verfolgten zwei-dimensionalen Punkte eine drei-dimensionale Kamera errechnen. Zusätzlich erhält man eine grobe Repräsentation eben dieser (getrackten) Punkte im drei-dimensionalen Raum (*Anm.: Pointcloud genannt*).

Problematisch wird es dabei, wenn es zu wenig von diesen markanten oder kontrastreichen Punkten gibt. Denn die Software benötigt in jedem Bild mindestens fünf dieser Punkte, wobei mehr als fünf ein besseres Ergebnis liefern. Dieser Umstand erschwert das Matchmoven vieler shots ungemein und schränkt umgekehrt auch die Handlungsfreiheit der Kameraleute stark ein.

Bilder zur Veranschaulichung des Matschmovens



Abb. 3: Track0: VFX Supervisor am Set. Das Kleben und Vermessen der Marker führt immer wieder zu Verzögerung des Drehs. Ungenaueres Arbeiten führt dazu, dass die Daten in der Postpro ungenutzbar sind, da Sets abgebaut werden und versäumte Aufzeichnungen nicht nachgeholt werden können.

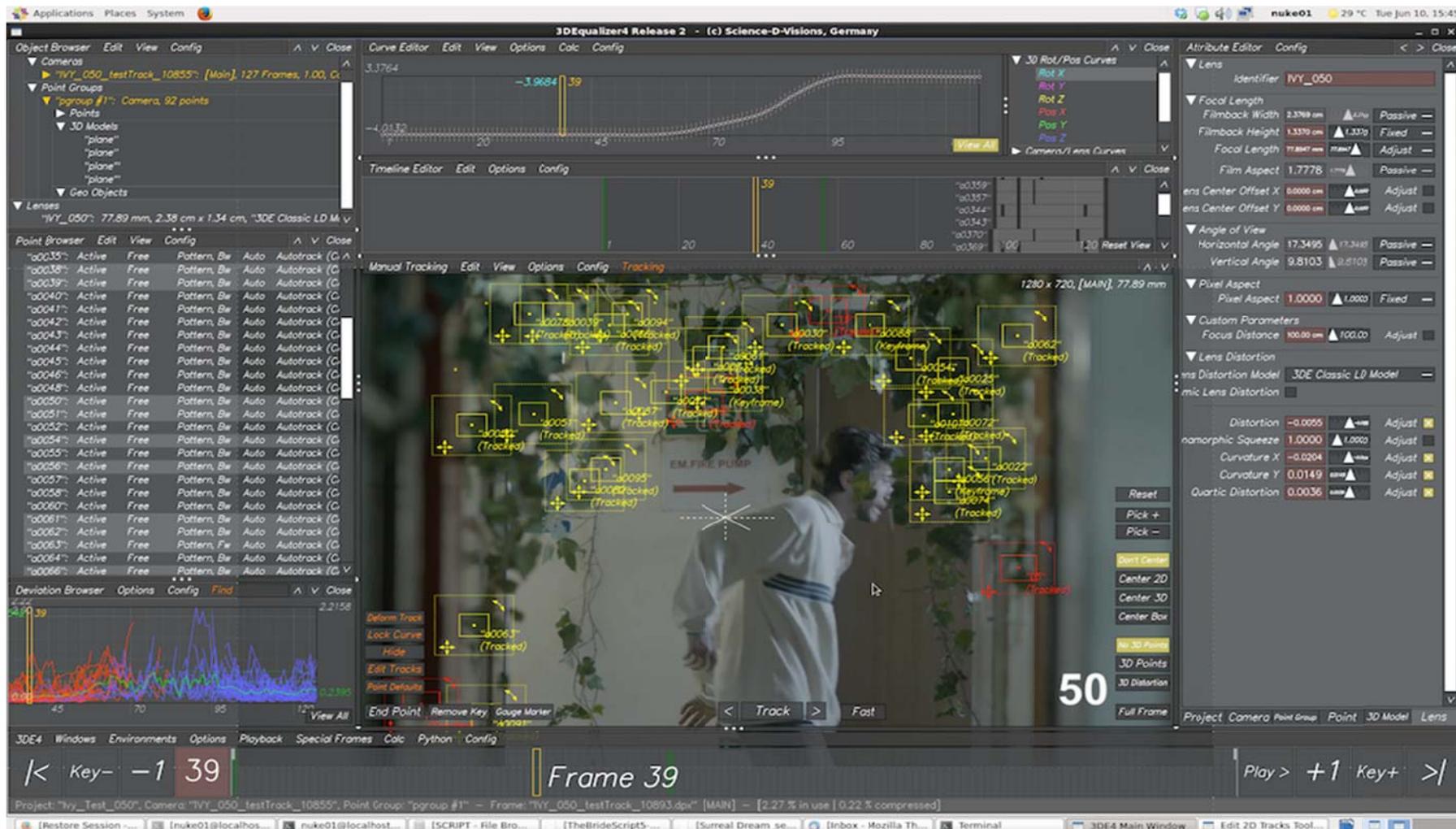


Abb. 4: Track2: Die Tracking Punkte im 2D Bild. Die Rechtecke bestimmen das Suchfenster des Tracks. Der Operator muss Trackmarker setzen und für jeden Track checken, ob der Punkt über den Verlauf des Shows an der gleichen Stelle bleibt ohne Abzuweichen. Die Kurve unten Links gibt die Abweichung an. Alles oberhalb der Grünen Linie (0,5 Pixel Abweichung) ist zu viel.

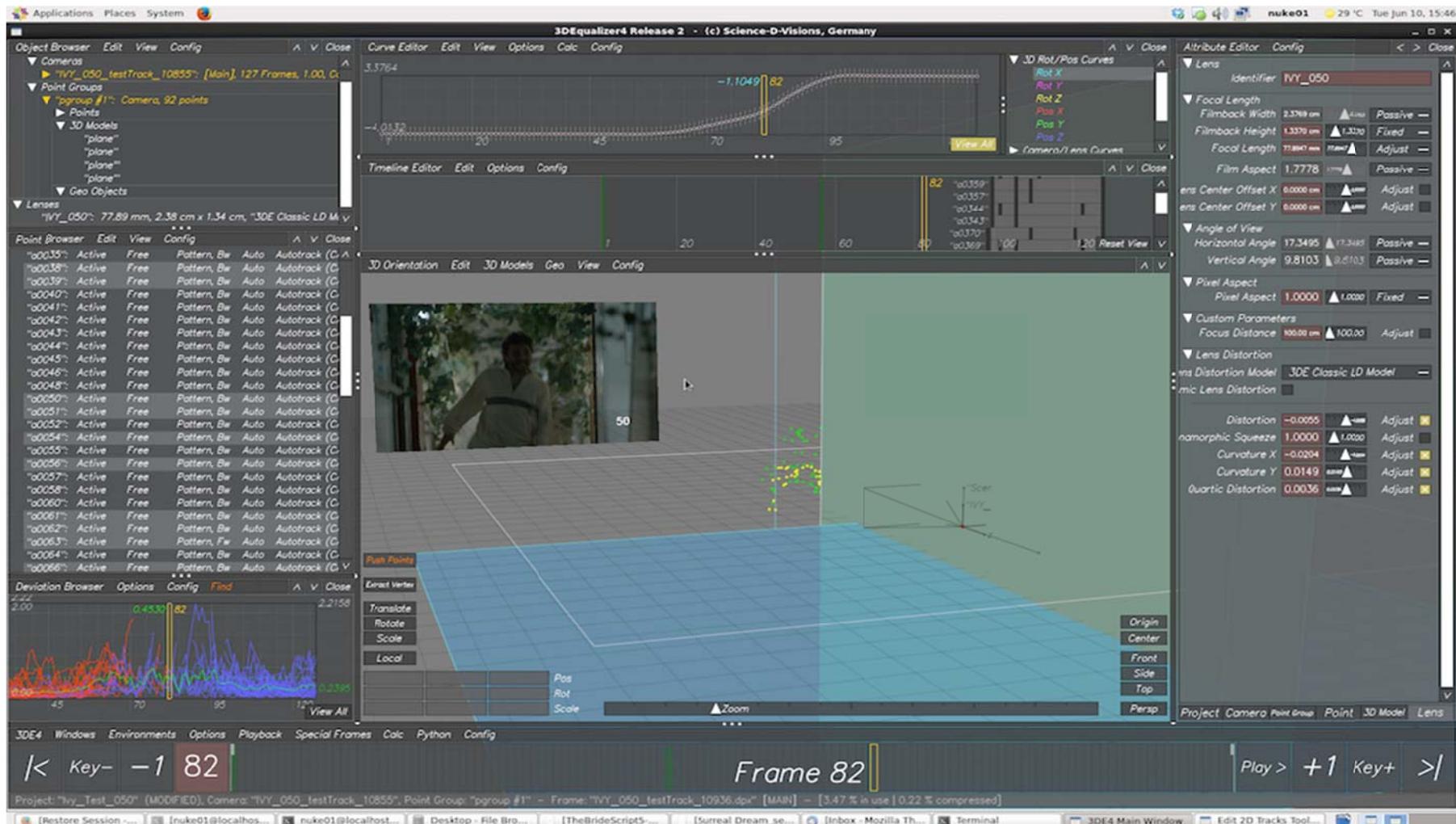


Abb. 5: Track4: Die aus den 2D Punkten berechneten Tracking Punkte im 3D Raum mit Kamerasimulation und projiziertem Kamerabild

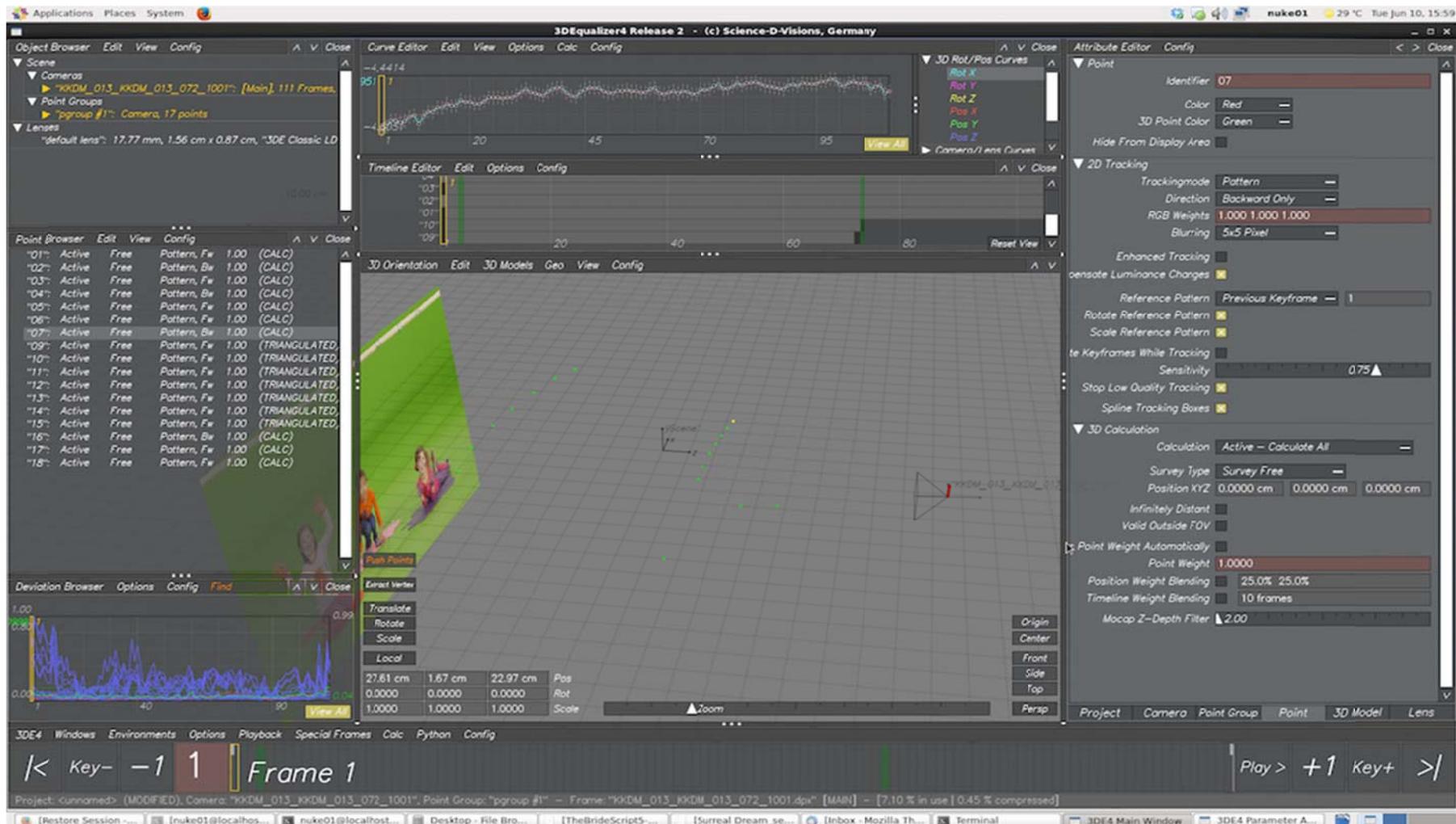


Abb. 6: Track6: Wie Track4, man sieht sehr deutlich den Unterschied bei manuell angebrachten Trackingmarkern.



Abb. 7: Track8: Setzen der 'Groundplane' der Operator wählt Punkte auf dem Fußboden aus, damit das Programm die Position der Kamera im Raum kennt.

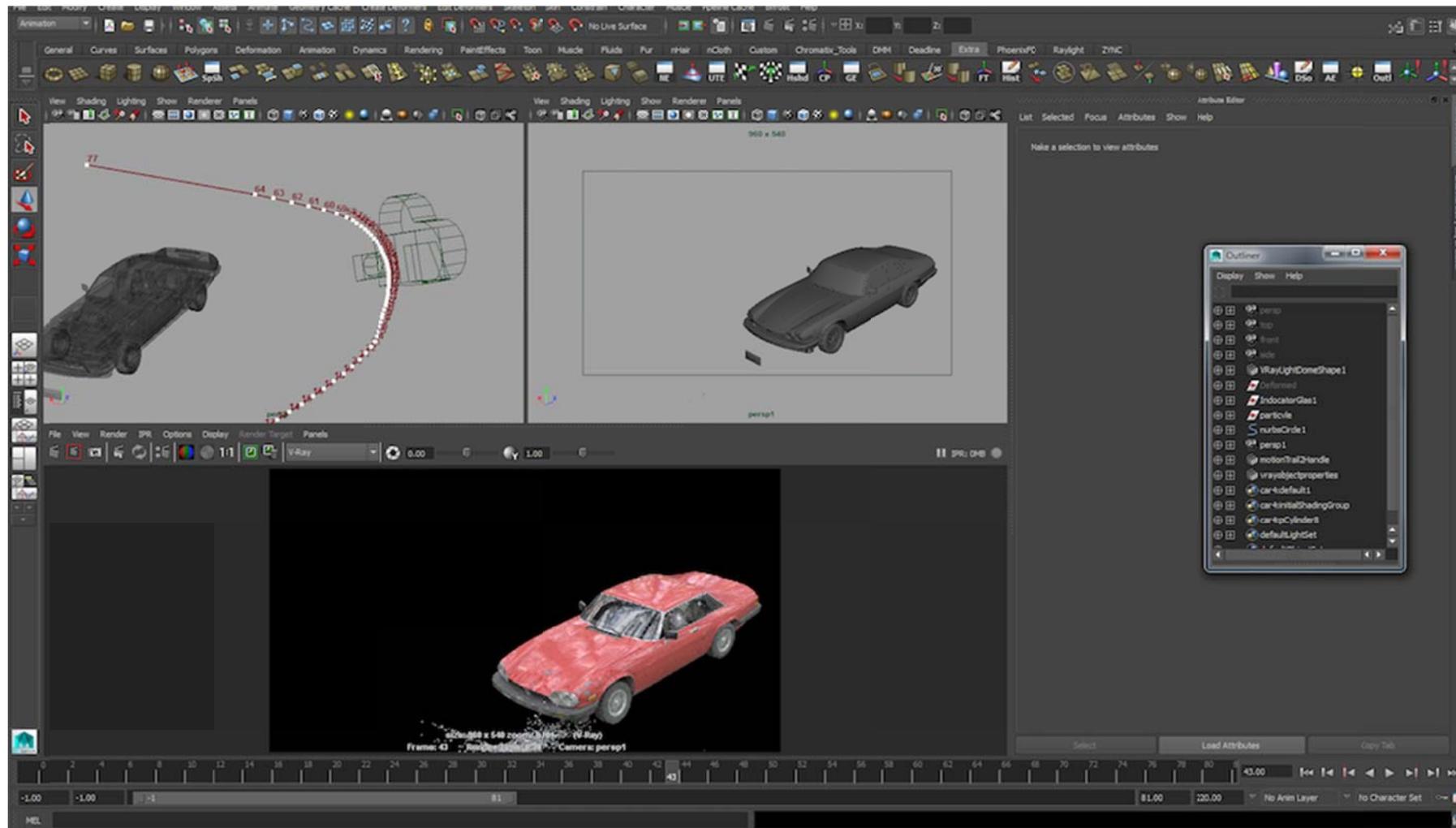


Abb. 8: Track11: Der berechnete Kamerapfad, inklusive der Daten zu Optik und Fokus, wird exportiert und in ein 3D Programm übergeben. Dort werden die Modelle mit der berechneten Kamera 'abgefilmt' und die so entstandenen Bilder später in einem anderen Programm über die Originalbilder gelegt.

Idee der Umsetzung:

Im Indoor-Bereich gibt es verschiedene Gruppen von „kontaktlosen“ Navigationssystemen. Man unterscheidet zwischen funkbasierten, magnetischen, optischen und ultraschallbasierten Systemen. Diese Systeme sind jedoch nicht für alle Anwendungsgebiete geeignet, da sie eine aufwendige Infrastruktur erfordern und meist sehr teuer sind.

Trägheitsnavigationssysteme, auch Inertiale Navigationssysteme (INS) genannt, auf Basis von orthogonal angeordneten Beschleunigungs- und Orientierungssensoren, ermöglichen das Bestimmen von Position und Orientierung eines bewegten Objektes im Raum ohne Signale aus der Umgebung. Sie sind sehr flexibel („frei“) in ihren Anwendungen, da sie die Beschleunigung und Drehgeschwindigkeit eines Körpers erfassen und mathematisch die Position und den Orientierungswinkel berechnen können.

Die Hauptproblematik der Entwicklung spiegelt sich allerdings in dem Widerspruch von klein und preiswert zu exakt wider. Low-cost-Sensoren mit wenigen Millimeter Kantenlänge sind ungenau hinsichtlich ihrer Offsetstabilität. Trotz dieser Hardware-bedingten Messungenauigkeiten, die u. a. auf einen zufälligen Nullpunktfehler (Sensor drift) zurückzuführen sind, sowie externer umweltbedingter Einflüsse wie Temperatur-, Luftdruck- und Magnetfeldänderung, kann man durch applikationsspezifische Estimationsalgorithmen die Messgenauigkeit und die Abweichungen des Trägheitssystems deutlich verbessern und für viele Applikationen nutzbar machen.

Für Applikationen mit höheren Ansprüchen an Genauigkeit kann man sogenannte redundante Systeme erzeugen, welche entweder als Hybridsystem (bestehend aus einer Kombination aus verschiedenen referenzlosen Sensoren, wie zum Beispiel Magnetfeldsensoren oder Kameras) oder als reines Inertialsystem durch Kombination mehrerer Inertialsensoren in gleicher oder leicht verdrehter Bewegungsrichtung aufgebaut sein können.

Grundlagen / Vorarbeiten:

Infrarot-Tracking

Hier gibt es unterschiedliche theoretische Ansätze:

- a) Eine Infrarotkamera wird an der Filmkamera angebracht und erfasst ein mit IR-Markern bestücktes Referenzobjekt. Damit kann die Position des Referenzobjekts relativ zur Kamera erfasst werden – im Rückschluss kann die Kameraposition berechnet werden. Hier wurden Vorversuche u. a. mit Lowcost-Systemen (Wii, Kinect) gemacht: Die Präzision war teilweise vergleichbar mit der eines Mauszeigers grafischer Benutzeroberflächen, für eine professionelle Nachbearbeitung nicht ausreichend.

Ohne eine zusätzliche Distanzmessung kann die absolute Position nicht bestimmt werden.

Für den professionellen Einsatz gibt es bereits entsprechende Produkte als inertialbasierte Markertrackingsystems für 30 - 100 T€ - also sehr teuer. Diese sind sehr genau, allerdings müssen die Marker bzw. Referenzobjekte später digital aus dem aufgenom-

menen Bild entfernt werden. D. h. es entsteht ein hoher Nachbearbeitungsaufwand, der bei unserem System nicht anfallen würde.

- b) Infrarotkameras erfassen die Filmkamera und bestimmen so deren Position, dabei wird die Filmkamera mit Markern versehen.

Abstandsbestimmung mittels IR-Sensorleiste



Abb. 9: Kinect Sensor von Microsoft (Quelle: Xbox 360)

Der Kinect Sensor von Microsoft bietet eine Tiefenwahrnehmungsfunktionalität. Diese wird durch einen Infrarotprojektor sowie eine Infrarotkamera realisiert. Der Projektor erzeugt ein Infrarot-Punktgitter, welches von der Kamera aufgenommen und durch einen Umrechnungsalgorithmus als ein Bild mit Tiefenmuster dargestellt wird.

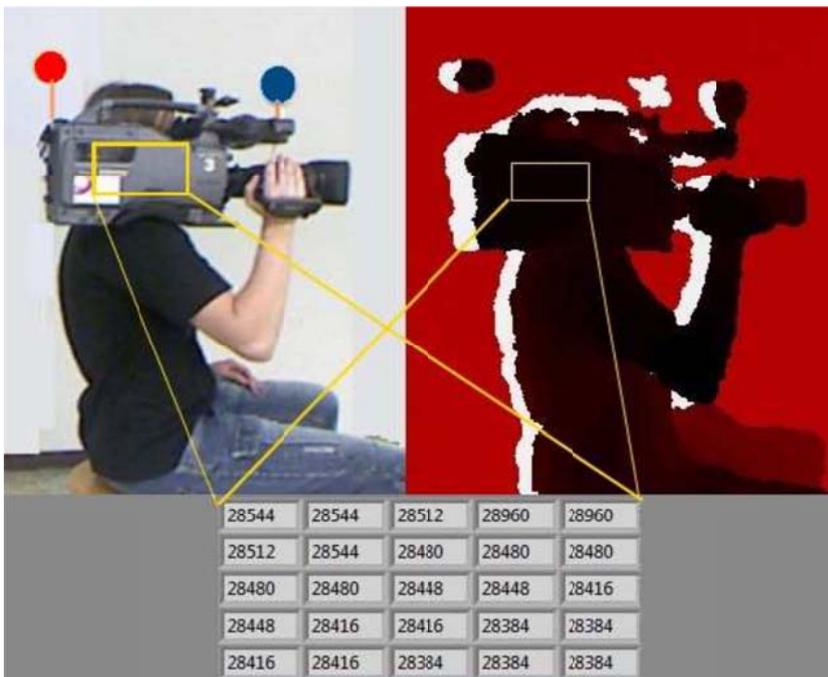


Abb. 10: Farbbild (links), Tiefenbild (rechts) und Ausschnitt aus der Tiefenmatrix (unten)

Mit Standardtreibern sind Abstände von 0,8 bis 4 m nutzbar, mit speziellen Treibern sind diese auf bis zu 10 m erweiterbar. Im für das vorliegende Vorhaben interessanten Bereich von 5 bis 10 m liegt die Genauigkeit der Ergebnisse eines KinectSensor-basierten Trackings bei +/- 3-5 ° und +/- 4-6 cm, d. h. nicht ausreichend. Hinzukommt, dass der Kinect-Sensor eine „freie Sicht“ auf das zu verfolgende Objekt benötigt.

Wii

Um die Distanz zwischen der Filmkamera und dem zu filmenden Objekt zu messen, kann als weitere Sensoralternative der Infrarotsensor des Wii-Controllers und die dazugehörige Sensorleiste als Empfängermodul benutzt werden.



*Abb. 11: Wii-Sensorleiste (oben)
Infrarotaufnahme der Wii-Sensorleiste. Die Infrarotleuchtdioden an den Enden sind deutlich sichtbar*

Die Sensorleiste besitzt insgesamt zehn Infrarot-LED's, davon sind fünf auf der linken und fünf auf der rechten Seite verbaut.

Die Infrarotkamera der Wii Fernbedienung bildet die Infrarotquellen der Sensorleiste als Punkte auf einem 1024x768 Pixel großen Bildschirm ab und liefert zu maximal vier Quellen jeweils die x- und y- Koordinaten. Daraus lässt sich mittels Triangulation der Abstand zwischen den Punkten berechnen. Aus dem Abstand zwischen den Punkten lässt sich die Entfernung der Kamera zum Objekt berechnen.

Die Abstandsmessung mit der Infrarotkamera der Wii Fernbedienung funktioniert nur in einem eingeschränkten Bereich, da die Sensorleiste unbeweglich am aufzunehmenden Objekt fixiert und der Abstand zur Kamera relativ gering ist. Die Infrarotkamera wird außerdem durch fremde Lichtquellen gestört. Der maximale Messabstand beträgt bei diesem Low-Cost-System 10 m.

Webcam

Eine (mehrere) webcams verfolgen die Filmkamera. Mittels Bildauswertung kann deren Position berechnet werden. Die Bildverarbeitung ist an der Stelle sehr aufwendig und ungenau.

Inertiales Navigationssystem INS

INS ist eine Kombination aus Drehraten- und Beschleunigungssensoren, die es ermöglicht Bewegungen referenzlos aufzunehmen. Dazu wird pro Achse jeweils ein Drehratensensor sowie ein Beschleunigungssensor verwendet. Das System besteht somit aus 6 Sensoren, die alle 6 Freiheitsgrade erfassen können.

Über Integration der Drehrate lässt sich der Winkel und über zweifache Integration der Beschleunigung der zurückgelegte Weg ermitteln. Mit Hilfe der Gravitation lässt sich außerdem die Neigung durch die Beschleunigungssensoren feststellen.

Die berechneten Werte geben lediglich die Änderung zur Startposition und -ausrichtung wieder, weshalb ein INS alleine zum Kameratracking nicht ausreicht.

Allerdings hat er durch den Sensordrift einen relativ hohen Messfehler, der sich im Laufe der Messung aufsummiert.

Wesentliche Herausforderungen an die Konstruktion eines INS sind

- die immer erforderliche doppelte Integration der Beschleunigungs-Messwerte und einfache Integration der Winkelgeschwindigkeits-Messwerte,
- die vor allem bei sehr einfachen Sensoren stark vorhandene Sensordrift und
- die mathematisch bedingte Kreuzkopplung der orthogonalen Sensorachsen, deren Fehlereinfluss sich im Laufe einer Messung kumulativ auswirkt.

Sehr populäre Anwendungen sind auch die Neigungsmessung in Smartphones und Tablet-PCs (z. B. iPhone oder iPad), als Eingabegerät in Spielekonsolen (Nintendo Wii).

Datenerfassung

Die Datenübertragung der einzelnen Sensorkomponenten erfolgt wahlweise über eine USB- oder Bluetooth-Schnittstelle.

Die eigentliche Datenauswertung des Systems erfolgt auf dem Rechner. Dies beinhaltet sowohl die Datenerfassung als auch die dreidimensionale Positionsbestimmung durch entsprechende Algorithmen.

Die gelieferten Daten der IMU werden in Echtzeit aufgenommen und mithilfe einer Auswertungsapplikation verarbeitet. Zusätzlich werden auf einer gemeinsamen Zeitbasis die aufgezeichneten Höhendaten der Filmkamera durch den Ultraschallsensor und die Videoaufnahmen (Tiefeninformation) der Kinect-Kameras aufgenommen.

Anschließend findet eine Zusammenführung der gesamten Messdaten statt. Dadurch kann auf der gemeinsamen Zeitbasis mit dem Filmrohmaterial zu jedem Zeitpunkt die Orientierung und Position der Filmkamera durch die messtechnisch (Beschleunigung, Pitch, Yaw) als auch visuell (Kinect-Aufnahmen) erfassten Daten rekonstruiert werden.

Vorversuche:

Im Rahmen von Vorversuchen wurden folgende Varianten betrachtet:

1. (ein/mehrere) **Kinect**
2. (ein/mehrere) **Wii** (Wii-Controller und Sensorleiste)
3. mehrere **Webcams** (z. B. im Dreieck aufgestellt)
4. **INS, Distanzerfassung** mittels Wii Fernbedienung (bzw. Kinect)
5. **INS, mehrere**, (z. B. in Form eines Dreiecks aufgestellte) 3D-**Kinect**-Kameras
6. **INS**, eine (bzw. mehrere) 3D-**Kinect**-Kameras und ein **Ultraschallsensor**
7. **ausschließlich INS**

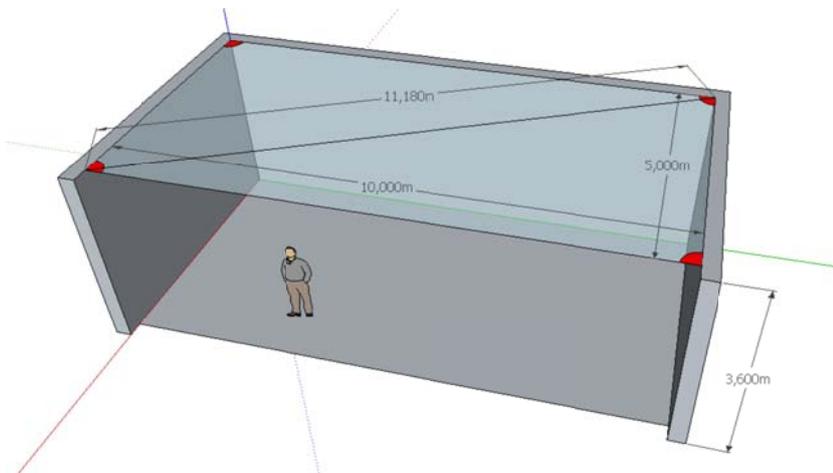


Abb. 12a: Positionierungen der Kinects (Variante 5)

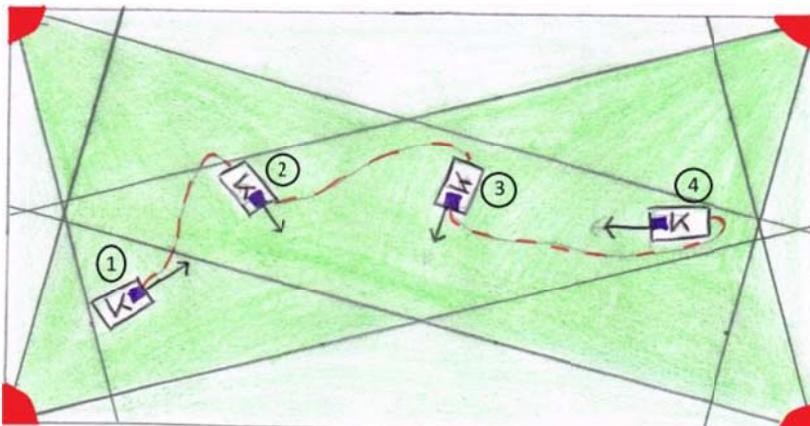


Abb. 12b: An den Ecken des Raumes sind die Kinect (rot) platziert, die Sensoren des INS nehmen die Beschleunigungswerte auf

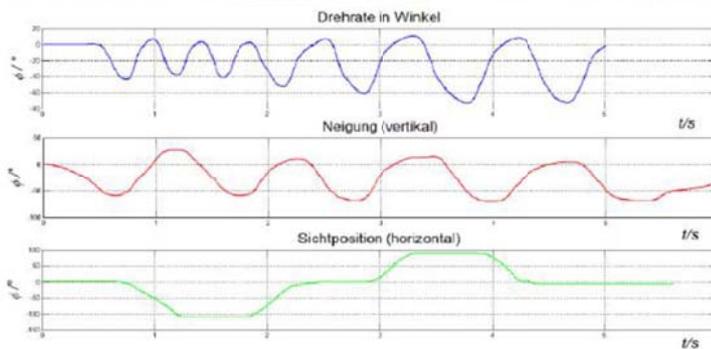


Abb. 12c: Die Bewegungsdiagramme (x, y, z) zeigen verschiedene Bewegungen des INS

Nachdem der Kinectsensor (bzw. Wii) und das INS die Messdaten erfasst haben, wurden diese mit Hilfe von LabVIEW verarbeitet. Diese Daten wurden wiederum mit MATLAB weiterverarbeitet, um die Messergebnisse zu visualisieren.

Ergebnis:

- a) Das Tracking ausschließlich mit einem System (Wii oder Kinect) (Varianten 1 und 2) ist nur sehr, sehr eingeschränkt möglich: maximale Distanzen im Wohnzimmermaßstab (3-5 m), aufgrund der geringen Auslösung nur unzureichende Präzision. Es besteht ein großes Risiko aufgrund von Verdeckung, Abschattung oder Kontrastverlust etc.
- b) Die einheitliche Kombination mehrerer Systeme (Wii oder Kinect) erhöht die Reichweite und die Messgenauigkeit. Mittels dieser lowcost-Systeme können professionelle Lösungen (noch) nicht ersetzt werden. Der Installationsaufwand nimmt „exponentiell“ zu.
- c) Das Tracking mittels Webcams (Variante 3) unterliegt den gleichen Problemen wie unter a) und b) beschrieben: unpräzise und mit Anzahl der webcams zunehmender Installations- und Auswertungsaufwand.
- d) Die Kombination eines Systems (Wii oder Kinect) mit einer inertialbasierten Messeinheit (Variante 4) schließt zwar einige Lücken. Der Wohnzimmermaßstab kann aber nicht wesentlich erweitert werden, die Präzision bleibt zu gering und ein hoher Berechnungs- und Nachbearbeitungsaufwand bleibt bestehen.
- e) Die Kombination mehrerer Systeme (Wii oder Kinect) (Variante 5) mit einer inertialbasierten Messeinheit schließt weitere Lücken. Die Einschränkung des trackbaren Raums (max. 10 m) bleibt als Hinderungsgrund bestehen. Mit zunehmender Anzahl von Sensorsystemen (Wii oder Kinect) vergrößert sich der investive Aufwand und die Auswertung wird komplexer. Mit der zunehmenden Informationsmenge wird die Positionsberechnung nicht zwingend genauer: widersprüchliche Messwerte können die Datenauswertung behindern.
- f) Zusätzliche Sensoren (Ultraschall) verbessern prinzipiell die Datenqualität aufgrund zusätzlicher unabhängiger Informationen – insofern diese nicht widersprüchlich sind.

Der technische Aufwand zur Installation und die komplexere Auswertung (s.o.) sprechen aber gegen zusätzliche Sensorsysteme.

- g) Der ausschließliche Einsatz von inertialbasierten Messeinheiten (INS/IMU) wurde am CCASS bereits geprüft und bereits in mehreren Projekten umgesetzt. Nullpunktdrift, Messungenauigkeiten von Sensoren sowie die Fehleraufsummierung durch doppelte Integration lassen prinzipiell eine Genauigkeit von einigen Zentimetern über einen Zeitraum von einer Minute erwarten. Trotz der unzureichenden Genauigkeit, die sich mit Hilfe einer automatischen Nachbearbeitung verbessern lässt, hat ein autarkes System (INS) für die Trackingaufgabe unschlagbare Vorteile, da sowohl Installationsaufwand für Referenzsysteme als auch Nachbearbeitungsaufwand (Matchmoving) entfallen.
- h) Motion Tracking Systeme: Allein durch die Information, die sich in einem Bild befindet, wird eine Kamerabewegung aus einer Bildersequenz extrahiert. Dafür werden prägnante Bildelemente oder mit Markern besetzte Objekte als Referenzmuster genommen und von Bild zu Bild miteinander verglichen. Später werden diese Marker aus dem Film wieder digital entfernt. Motion Tracking Systeme sind beim Projektpartner Cine Chromatix im Einsatz, der Projektpartner Hochschule Darmstadt hat diese Systeme im Vorfeld noch nicht eingehender betrachtet.

Technologischer Lösungsansatz:

Prinzipiell soll sowohl auf das klassische Motion Tracking als auch auf aufwändige professionelle externe Trackingsysteme verzichtet werden.

Den Kernpunkt des neuen Systems soll dabei ein INS bilden.

Bei der Lösung des Problems in der Kamerapfadberechnung werden zwei Hauptvarianten verfolgt:

1. Die Verwendung einer inertialbasierten Messeinheit (INS) mit intelligenter, algorithmischer Auswertung
2. Der Einsatz von Hybridsystemen – INS mit weiteren externen Sensoren

Der Einsatz eines INS soll mit intelligenten Algorithmen, Filtern, etc. unterstützt werden, um den Anforderungen an die Genauigkeit zu genügen.

Bei dem Einsatz von Hybridsensoren werden zusätzlich zur inertialbasierten Messeinheit noch weitere externe Sensoren (wie Magnetfeldsensoren) eingesetzt, um zusätzliche Informationen zu erhalten. Auch auf die Auswertung von Kamerabildern kann unterstützend zurückgegriffen werden

Durch die ausgewerteten Informationen des INS sollte ein Kameratracking vollständig und autark möglich sein. Durch zusätzliche Informationen könnten Position und Orientierung, die aus den Beschleunigungs- und Drehratensensoren evtl. nur unzureichend ermittelt wurden, abgeglichen und kalibriert werden.

Im Rahmen des Projektes soll ein elektronisches System, basierend auf marktüblichen MEMS-Bewegungssensoren entwickelt werden, welches die berechneten Bewegungsdaten der Kamera online (framesynchron) an diese weitergibt.

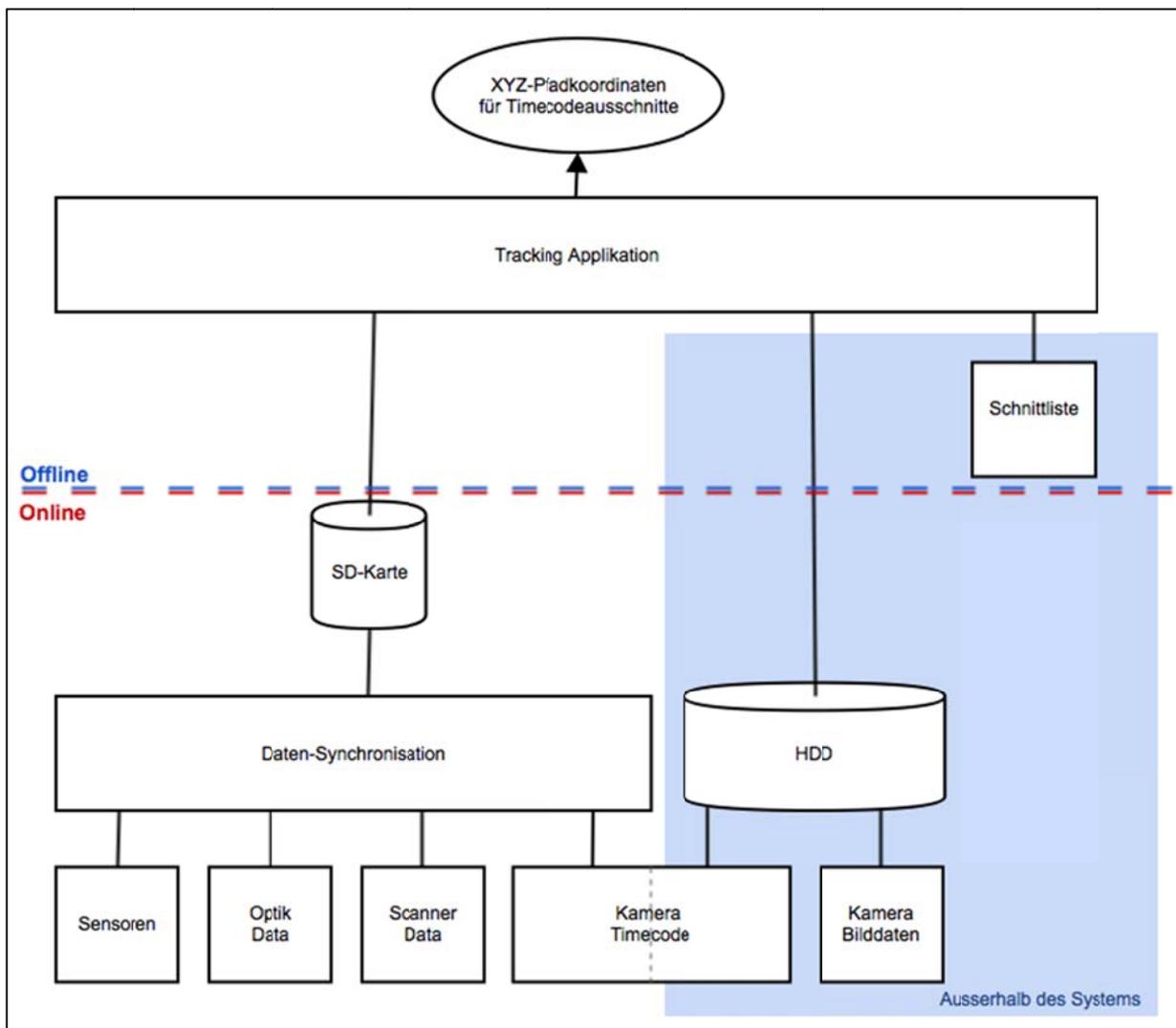


Abb. 13: Blockdiagramm zur Veranschaulichung der Positionsdatenerfassung und -Verarbeitung

Die Verbesserung der Biasinstabilität marktüblicher MEMS-Bewegungssensoren kann durch eine stochastische Rauschanalyse und -modellierung erfolgen. Dafür sind folgende Schritte erforderlich:

- Ermittlung der Drift- und Rauschprozesse von marktüblichen MEMS-Sensoren
- Optimierung des Sensorverhaltens vor der Sensordatenfusion
- Hybride Rauschmodellierung durch Modellredundanz und Sensordatenfusion

Für die online-Bearbeitung wäre eine Genauigkeitserhöhung zeitlich driftender Trajektorien zu realisieren. Dies kann auf Basis einer Modellierung von Glättungsalgorithmen erfolgen:

- Verbesserung der Ergebnisse der Sensordatenfusion durch zweifache Verarbeitung
- Minimierung der auftretenden Fehler durch intelligente Gewichtung
- Sicherung der Langzeitstabilität auch bei Wegfall von Beobachtungsquellen

Prinzipiell kann die Qualität der Positionsdaten durch die Verarbeitung unabhängiger Sensordaten verbessert werden: die sog. Sensordatenfusion. Unter Anwendung einer hybriden Partikelfilterung und Hidden Markov Modellierung (HMM) lässt sich die Datenqualität weiter optimieren: die sog. verbesserte Sensordatenfusion. Hierbei können folgende Ansätze in Betracht kommen:

- Nutzung von Bildinformation (Kamerabild) und der letzten bekannten Position
- Berechnung der Wahrscheinlichkeit des aktuellen Ortes der Kamera durch HMM
- Berechnung der optimalen Position durch einen Partikelfilter durch verbesserte Rauschmodellierung
- Fusionierung beider Informationsquellen für eine optimale Kameraschätzung

Nachfolgend dargestellt wird der schematische Aufbau des Positionserfassungssystems (Recorder).

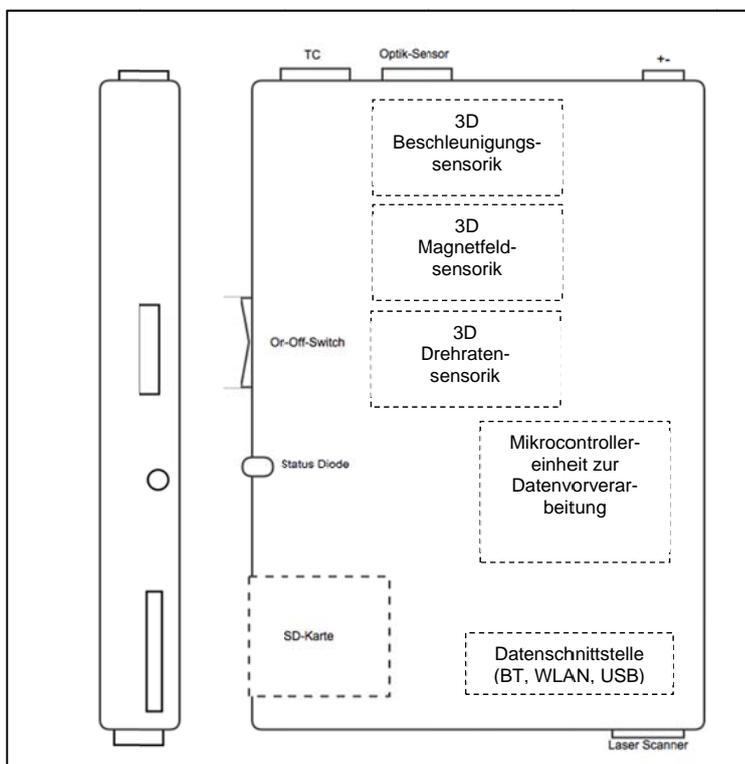


Abb. 14: Skizze des Recorders mit den Anschlüssen für die Sensoren

Wesentliche elektronische Bestandteile sind Beschleunigungs- und Drehratensensoren (in 3 Achsen) sowie mögliche zusätzliche Sensoren (z. B. Magnetfeldsensoren, GPS o. ä.). Hinzu kommen Komponenten zur Auswertung der Daten und Berechnung der Position und des Fahrwegs (Tracking) sowie zur Datenübermittlung an die TV- oder Filmkamera (in den jeweiligen Datenformaten).

Die möglichen zusätzlichen Sensoren im Raum, am Objekt und/oder an der Kamera sind als vorverarbeitende Sensormodule ausgelegt, die über BT oder WLAN mit der Recorder-Hardware (siehe) oben kommunizieren. Der Rekorder sammelt somit alle für die Positionsbestimmung notwendigen Daten.

ANGESTREBTE TECHNISCHE FUNKTIONALITÄTEN UND RELEVANTE PARAMETER

Angestrebt ist die Entwicklung eines 'Fire and Forget' Systems, welches einfach in ein bestehendes Kamerarig integrierbar ist.

Oberste Priorität haben Präzision der berechneten Daten, sowie Unanfälligkeit des Systems für äußere Einflüsse.

Die angestrebte Genauigkeit der berechneten Kameraposition sollte innerhalb eines Shots bei 0,5 Subpixeln liegen.

Parameter	Ziel	Stand der Technik
Methode	Inertialtracking	Externe Sensoren, image based Matchmoving
Einsetzbarkeit	Universell einsetzbar	im Studio, nur z. T. universell einsetzbar oder als reiner Postprozess
Genauigkeit	Hohe Genauigkeit	niedrige bis mittlere Genauigkeit, bei image based Matchmoving stark vom Bildinhalt oder Artist abhängig
Zeitl. Aufwand	Schnell Einsetzbar	Aufbau ca. 1 Tag, Nachbearbeitung: bis zu 1 Woche
Hilfsmittel	Keine Marker	Marker + zusätzlicher Technikaufwand, Orientierungshilfen notwendig
Qualität	Finale Qualität	Previs oder TV-Qualität, nur image based Matchmoving mit finaler Qualität
Pointcloud Integration	Möglichst dichte Pointcloud der sich im Bildausschnitt befindenden Szenerie durch Einsatz eines Lidarsensors oder einer Infrarotsensorik. Optimal mit einer auf die Kameraebene projizierten Auflösung von 1920x1080 Pixel	Bei image based Matchmoving eine Pointcloud, bei Echtzeitsystemen wahrscheinlich nicht dezidiert genug, da die Points primär fürs Tracking benutzt werden und nicht von einem Operator gesetzt werden.
Greenscreen Tracking Marker	Nicht nötig fürs Tracking. Nicht nötig fürs Platzieren bei dichter Pointcloud	Bei Lightcraft nicht nötig, da Marker im Umfeld der Kamera angebracht sind. Sonst nötig.
Metadaten von Optiken	Optik wird vor Dreh eingemessen, Zoom wird über Optiksensoren oder direkt durch die API der Optik übergeben	Werden vor Drehbeginn eingemessen. Nur feste Brennweiten werden optimal verwertet, Zooms werden nicht übergeben.
Kompatibilität zu Kamerasystemen	Universell einsetzbar	Universell einsetzbar
Kamera Offset	Drift von <4cm und <0,5° entsprechen < 0,5 Subpixel.	Szenenabhängig, optimal 0,5 Subpixel, bei Echtzeitsystemen teilweise deutliche Abweichung
Export Formate	Fbx, obj, abc, mel-script, 3ds-max-szene, nuke-kamera, etc.	Fbx, obj, abc, mel-script, 3ds-max-szene, nuke-kamera, etc.

Siehe auch Tabelle „Vergleich mit Wettbewerbssystemen“

FÜHRENDE KONKURRENZPRODUKTE/-VERFAHREN, INTERNATIONALER STAND DER TECHNIK UNTER ANGABE DER CHARAKTERISTISCHEN TECHNISCHEN DATEN IM VERGLEICH MIT DEN EIGENEN ENTWICKLUNGSZIELEN

Lightcraft	www.lightcrafttech.com
Ncam Technologies	www.ncam-tech.com
SynthEyes	www.ssontech.com
3D Equalizer	3DEqualizer.com , www.sci-d-vis.com
PFTrack	www.thepixelfarm.co.uk/product.php?productId=PFTrack
easyScott	easyscott.com
Data Logger One	www.codexdigital.com/products/data-logger-one
Timecode System	www.ambient.de/en/products/ambient-recording/clockit-timecode.html

Produkt	Ziel	Lightcraft	NCam	SynthEyes / 3D Equalizer / PFTrack
Methode	Inertialtracking	Primär Externe Sensoren	Externe Sensoren	Kein OnSetTracking Software
Einsetzbarkeit	Universell einsetzbar	Studio	Universell einsetzbar	Reiner Postprozess
Genauigkeit	Hohe Genauigkeit	Mittlere Genauigkeit	Niedrige Genauigkeit	stark Bildinhalt- / Artist-abhängig
Zeitl. Aufwand	Schnell Einsetzbar	1 Tag Aufbau	(ca. 1-2 Tage)	1 Tag - 1 Woche
Hilfsmittel	Keine Marker	Marker + zusätzlicher Technikaufwand	Orientierungshilfen notwendig	Marker, Orientierungshilfen
Qualität	Finale Qualität	TV-Qualität	Previs	Finale Qualität

- Genauigkeit durchschnittlich 0,5 Subpixel
- grobe visuelle Beurteilung verschiedener Shots: Maximalabweichung von 1° und 4 cm
- alle benötigten Daten (Metadatenammlung und das Kameratracking) für den VFX-Bereich aus einer Hand

Die benötigte Genauigkeit beträgt durchschnittlich 0,5 Subpixel mit einer maximalen Abweichung von ca. 0,75 Subpixel. Diese Werte beziehen sich auf die errechneten 3D Punkte im Vergleich zu den getrackten 2D Punkten.

Die Problematik bei bildbasierter Bewegungserfassung ist unter Anderem das suboptimale Tracking der 2D Punkte. Da diese Bewertung auflösungs- und bildinhaltsabhängig ist, ist es schwer, die Messergebnisse in Richtwerte für das Inertialtracking zu übertragen.

Eine grobe visuelle Beurteilung verschiedener Shots ergibt eine Maximalabweichung von 1° und 4 cm. Diese Werte lassen sich schwer festlegen, da dem Inertialtracking inne liegt, dass die Abweichung langsam über den Zeitraum ansteigt und so schwerer feststellbar ist, als Tracking mit einer durchweg variablen Abweichung.

Als weitere Konkurrenzsysteme zu den bereits genannten kann man die jetzt neu auf den Markt kommenden Systeme easyScott von Ambient und den Data Logger One von Codex sehen. Diese bieten nur Metadatenaufzeichnung ohne Kameratracking.



Abb. 15: Data Logger One

Die Preise für diese Systeme betragen 120 € pro Drehtag bei easyScott. Der Data Logger ist noch nicht erhältlich.

Der Vorteil unseres (zu entwickelnden) Systems gegenüber allen bisher angesprochenen Konkurrenzsystemen ist, dass beide Bereiche - die Metadatensammlung und das Kameratracking - von einem System aufgezeichnet und für die Postproduktion zur Verfügung gestellt werden. Damit hat der VFX-Bereich alle benötigten Daten aus einer Hand, ohne aufwändige Workflows erstellen zu müssen, die den Arbeitsablauf erheblich verzögern.

Alle Systeme zum Bewegungstracking der Kamera arbeiten auf bildbasierten Daten, entweder direkt mit dem Bild der Kamera oder mit separat am Kameradin angebrachten optischen Sensoren. Dies bedeutet, dass alle Systeme eine Vorbereitung des Sets benötigen (Marker kleben) und auf Umgebungsbedingungen wie Licht, keine zu schnellen oder langsamen Bewegungen, Qualität des Bildes (Rauschen), keine teilweise Verdeckung der Kamera durch z. B. Schauspieler etc. angewiesen sind. Dies würde beim Inertialtracking der Kamera mit unserem System entfallen. Neben einer Erleichterung des Arbeitsablaufes, würden so auch bisher 'unmögliche' VFX-Shots möglich werden.

Die Fokussierung auf eine Hardwarelösung bietet dem Kunden zudem eine kosteneffiziente Alternative zu servicebasierten Angeboten oder Softwarelösungen, welche mit Personalkosten einhergehen.

Als Beispiel ein typisches VFX-Projekt mit 70 Shots und einem Gesamtvolumen von 176.000 €. Von den insgesamt 195 angesetzten Schichten entfallen 30 aufs 3D und 2D Matchmoving, was ca. 27.000 € entspricht, die bei dieser Produktion eingespart werden könnten. Hinzu kommen die Kosten für Onset-Supervising und der erhöhte Zeitaufwand am Set.

Bei unserem Beispiel belief sich die Ersparnis auf ca. 5 Drehtage, was ungefähr 37.100 € (ohne Schauspielergehälter) entspricht. Bei Studioaufnahmen, bei denen das Drehpensum höher liegt – der Aufwand für den VFX-Supervisor aber nicht abnimmt, beträgt die gesparte Zeit sogar ein Drittel bis ein Viertel des Drehzeitraums.

ERHEBLICHE TECHNISCHE RISIKEN DES FUE-PROJEKTES

Problematik Messgenauigkeit

Das größte technische Risiko bilden die Fehlereinflüsse für die Messgenauigkeit der Sensoren. Können Messwerte nicht korrekt erfasst werden, so kann eine ungenaue Positionsbestimmung bzw. falsche Bahnerfassung der Kamera die Folge sein. In der weiteren Filmbearbeitung kann sich dadurch ergeben, dass das virtuelle Objekt im Film nicht die gewünschte Position einnimmt, unnatürliche Bewegungen durchführt und weitere optische (Licht, Schatten, Perspektive,...) Effekte unstimmig wirken. Offene Fragen beziehen sich auf folgende Detailbereiche:

- Reicht die Qualität der Daten für Kino/TV Produktionen aus?
- Ist der geplante Formfaktor umsetzbar?
- Falls gezoomt werden muss, ergeben sich Einschränkung: Welche Kameraoptiken können verwendet werden?
- Gibt es „untrackbare shots“? (bzw. wie werden diese bearbeitet?)

Problematik Sensordrift

Das größte technische Risiko bilden die Fehlereinflüsse der so genannten Sensordrift der verwendeten Inertialsensoren. Können Beschleunigungswerte nicht korrekt erfasst werden, so kann eine Extrapolation der Position nur für kürzeste Zeiträume (< 10 s) gewährleistet werden. Für die geplanten Anwendungen sind Zeitfenster von > 1 Minute einzuhalten.

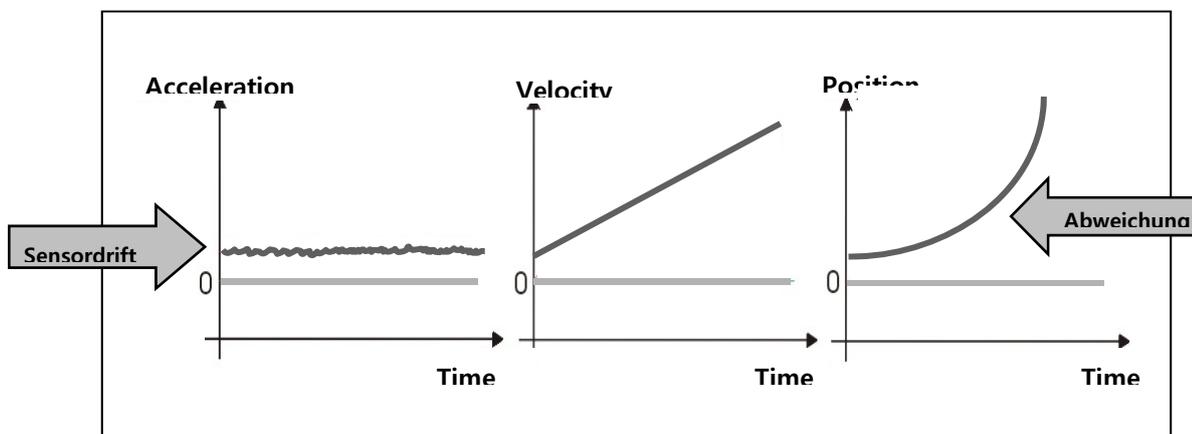


Abb. 16: Problematik Sensordrift

Diese Fehlereinflüsse zu minimieren bzw. zu eliminieren, sind das Ziel der Anwendung der Kalman-Filterung und die Verwendung redundanter Stützinformationen.

Die verwendeten Miniatorsensoren sind mit einer sogenannten Sensordrift beaufschlagt. Bei dieser Sensordrift handelt es sich um einen Nullpunktfehler (Offset, Bias). Dieser Nullpunktfehler entsteht aufgrund von Herstellungsungenauigkeiten, Temperaturänderungen, Umwelteinflüssen oder Alterung. Durch diese Sensordrift verschlechtern sich die Positionsangaben aufgrund der zweifachen zeitlichen Integration und die Orientierungsangaben aufgrund der einfachen zeitlichen Integration. Aus diesem Grund besteht der Bedarf

an einer Lösung, welche die Vorteile der inertialen Systeme nicht einschränkt und dennoch möglichst präzise Positions- und Orientierungsangaben über längere Zeiträume verfügbar macht.

Im Speziellen sind bereits jetzt die folgenden risikobehafteten Fragestellungen absehbar:

- Sind die mit dem Messverfahren erreichbaren Genauigkeiten, Geschwindigkeiten und Reproduzierbarkeiten zur Bewegungsanalyse ausreichend?
- Welche Verbesserungen erzeugen die zu implementierenden Algorithmen der Estimationstheorie, Kalman-Filterung, Theorie der Quaternionen etc. für den vorliegenden Anwendungsbereich?
- Kann der technische Aufwand so gering gehalten werden, dass ein späterer Verkaufspreis deutlich unter den aktuellen Marktpreisen erzielbar ist?

Äußere Störfaktoren

Auch wenn die genannten Anforderungen hinsichtlich der mechanischen, elektronischen und softwaretechnischen Komponenten und Module erfüllt werden können, ist darüber hinaus noch nicht abschließend geklärt, wie sich das Gesamtsystem unter den harten Einsatzbedingungen verhält. Sowohl die mechanischen (Stoß, Vibration, ...) als auch die umgebungsspezifischen Belastungen (Temperaturschwankungen, Feuchte, etc.) sind so anspruchsvoll, dass eine Vielzahl von Komponenten diesen nicht gerecht werden könnten. Das System muss somit trotz der geforderten Schnelligkeit und Exaktheit sehr unempfindlich gegen äußere Störfaktoren sein und diese wirksam ausschalten bzw. kompensieren.

Kommunikation zwischen Sensoren und dem Steuersystem

Als technologischer Aspekt ist die Kommunikation zwischen Sensoren und dem Steuersystem für die Kamera (Metadaten) zu nennen. Das nicht Funktionieren eines geeigneten Kommunikationsmediums stellt einen wichtigen Hinderungsgrund dar. Sollte die Kommunikation nicht sichergestellt werden, können zusätzliche Funktionen nicht implementiert werden.

Staffelung der elektronischen Einzelkomponenten

Weitere erhebliche technische Risiken liegen in folgenden Fragestellungen:

- Reicht die Qualität der gesammelten Daten aus - oder verhindern äußere technische Limitierung das gewünschte Niveau?
- Treten in der Anwendung kreative Einschränkungen auf? (aufgrund begrenzter technischer Möglichkeiten)
- Die Problematik bei bildbasierter Bewegungserfassung ist unter anderem das suboptimale Tracking der 2D Punkte. Kann diese Problematik mit dem neuen System gehandhabt werden?
- Wird ein technischer Stopper verspätet erkannt? Z. B. in der allgemeinen Weiterentwicklung der Kameras/VFX-Techniken.

Zuverlässigkeit

Darüber hinaus ist das Gesamtsystem nur dann sinnvoll vermarktbar, wenn ein hoher Zuverlässigkeitsfaktor erreicht wird. Dies ist für die Staffelung der elektronischen Einzelkomponenten nicht vorhersehbar, insofern müssen hier grundlegende Untersuchungen zur Auslegung sowie empirische Untersuchungen die Umsetzbarkeit der Anforderungen nachweisen.

Diese Erläuterungen zeigen, dass im Rahmen dieses Forschungsvorhabens einige erhebliche technologische oder technische Risiken zu lösen sind, wobei durch die günstige Konstellation dieses Vorhabens davon auszugehen ist, dass sich diese Probleme im Laufe dieses Forschungsvorhabens lösen lassen.

WIRTSCHAFTLICHE RISIKEN DES FUE-PROJEKTES

Wirtschaftliche Risiken sind vielfältig und betreffen einerseits das FuE-Projekt an sich (Fall A) oder die anschließende Verwertung des entwickelten Systems (Fall B).

A. Projektbezogene wirtschaftliche Risiken

- Die Entwicklung des Systems übersteigt das geplante Budget
- Die Entwicklungsdauer ist zu lange bzw. das Projekt kommt zum halten

B. Produktbezogene wirtschaftliche Risiken

- Das Produkt verfehlt das Zielpublikum. Keine Kundenakzeptanz, der Markt akzeptiert Produkt nicht oder zu wenig

Projektbezogene wirtschaftliche Risiken sind vorhanden und derzeit schwer einzuschätzen. Bis Markteinführung belaufen sich alle Kosten auf mehrere Hunderttausend Euro. Wir rechnen mit notfalls mit geringen Stückzahlen, um hohe investive Risiken auszuschalten.

C. Marktbezogene wirtschaftliche Risiken

- Es finden drastische Veränderungen des Zielmarktes statt, z. B. Budgetcuts, andere Player kommen früher in den Markt, die Konkurrenz ist schneller und erreicht Marktdominanz vor uns.
- Nicht zu berechnen sind zukünftig mögliche, nicht direkte Konkurrenzprodukte: Möglicherweise werden alternativer Produkte und Technologien in völlig anderen Märkten entwickelt, die in unseren Zielmarkt transferiert werden können.
- Preisdumping: Es findet ein aggressives sponsoring durch Wettbewerb statt. Konkurrenzfirmen wie Black Magic bringen ein ähnliches Produkt zu dumping Preisen auf den Markt, bevor unser Produkt sich etabliert. ARRI oder andere Kamerahersteller entwickeln ihr eigenes System bevor unser Produkt sich etabliert oder gar zum Standard wird.
- Wettbewerber führen einen Patentstreit.
- Systematische Konkurrenzbildung, mögliche Allianzen:
 - Hersteller von Kameras / Film Equipment (Rigs, Optiken etc.)
 - Software Hersteller mit Hardwaresegment (z. B. Blackmagic)
 - Große Studios
 - Andere Industriefelder die schon in Tracking investieren und ihren Markt erweitern wollen (Tracking von Flugdrohnen z. B. / Eyetracking)
 - Akademische Experimente (z. B. Tracking mit der Microsoft Kinect etc.)

D. Personelle Risiken

Als KMU besteht das Risiko, dass Entwicklungs- oder knowhow-tragendens Produktionspersonal abgeworben werden kann. Übernahmeangebote – die Firma betreffend – stellen ebenfalls ein wirtschaftliches Risiko dar.

ANTEIL DES ANTRAGSTELLERS AM GESAMTEN VORHABEN, CHARAKTERISIERUNG DES INNOVATIVEN KERNS DES TEILPROJEKTES UND ABGRENZUNG ZU DEN ANDEREN TEILPROJekten

Anteil des Antragstellers

Das Projekt wird in Zusammenarbeit der Cine Chromatix GmbH und der Hochschule Darmstadt durchgeführt. Dabei wird die Cine Chromatix GmbH die Projektleitung innehaben und federführend für die Entwicklung des Sensormoduls in Zusammenarbeit mit der Hochschule Darmstadt verantwortlich sein.

Cine Chromatix

Die Fa. Cine Chromatix übernimmt folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Spezifizierung
- Vorbereitung der Entwicklungsumgebung
- Testaufbau und Bewertung in Frage kommender Kameras und Postproduktions-Arbeitsplätze
- Entwicklung der Software zum Übertragen der berechneten Trackingdaten in Branchenübliche Formate
- Entwicklung der Metadatenverarbeitung
- Entwicklung der Automatisierung des Übertragungsprozesses
- Entwicklung der GUI (Bedienoberfläche und SW-funktionalitäten)
- Umsetzung der Schnittstellen zum Sensor-System
- Entwicklung von Gehäuse, Schnittstellen für die Kameraanbindung (Produkt- und Interface-Design)
- Aufbau der prototypischen Anlage und Integration der Module, Integration der Teilsysteme
- Testung und Optimierung von Komponenten und Gesamtsystem

h-da

Der Antragsteller Hochschule Darmstadt ist für die Konzeption und technologische Entwicklung insbesondere der INS-Technologie zuständig. Diese Arbeiten sind Bestandteil des Gesamtvorhabens, können jedoch klar abgegrenzt und selbständig an der Hochschule Darmstadt unter der Leitung von Prof. Dr. Markus Haid durchgeführt werden. Wesentliche Arbeitsschwerpunkte sind:

- Erstellung des Grobkonzepts, Durchführung von Vorversuchen, Simulationen etc.
- Analyse , methodische Bewertung und Auswahl bestehender Sensorsystem
 - Vorversuche, Laborversuche, Simulationen

- Feinkonzept zur inertialen Objektverfolgung
- Spezifizierung Sensor-Hardware

- Aufbau eines einfachen Laborsystems zur Untersuchung der physikalischen Grundlage

- Entwicklung der Elektronik (Sensorik)
 - Erstellung eines Grobkonzept für die Messverfahren und der Sensor-Hardware
 - Entwicklung der Sensorik-Kalibrierung
 - Entwicklung der Kommunikation der Sensoren untereinander

- Entwicklung der Positions- und Bewegungsberechnung (Algorithmik)
- Modellierung von Glättungsalgorithmen zur Genauigkeitserhöhung zeitlich driftender Trajektorien
 - Verbesserung der Ergebnisse der Sensordatenfusion durch zweifache Verarbeitung
 - Minimierung der auftretenden Fehler durch intelligente Gewichtung
 - Sicherung der Langzeitstabilität auch bei Wegfall von Beobachtungsquellen
- Verbesserung der Biasinstabilität marktüblicher MEMS-Bewegungssensoren durch stochastische Rauschanalyse und -modellierung
 - Ermittlung der Drift- und Rauschprozesse von marktüblichen MEMS-Sensoren
 - Optimierung des Sensorverhaltens vor der Sensordatenfusion
 - Hybride Rauschmodellierung durch Modellredundanz und Sensordatenfusion
- Verbesserte Sensordatenfusion unter Anwendung der hybriden Partikelfilterung und Hidden Markov Modellierung (HMM)
 - Nutzung von Bildinformation(Kamerabild) und der letzten Position
 - Berechnung der Wahrscheinlichkeit des aktuellen Ortes der Kamera durch HMM
 - Berechnung der optimalen Position durch einen Partikelfilter durch verbesserte Rauschmodellierung
 - Fusionierung beider Informationsquellen für eine optimale Kameraschätzung

- Kooperative Unterstützung bei Entwicklung der Übertragung der Positionsdaten in Metadaten des Films

- Entwicklung eines Prototypen und Testreihen (Controller, Hardware, Platinen etc.) und Hilfestellung bei der Systemintegration
- Validierung Prototyp, Durchführung von Testreihen
- Wissenschaftliche Begleitung in Test- und Pilotphase
- Wissenschaftliche Auswertung und Optimierung

Gemeinsame Arbeiten:

- Implementierung der entwickelten Algorithmen
- Entwicklung eines Prototypen
- Durchführung von Testreihen und Pilotversuchen
- Optimierung des Systems in iterativer Vorgehensweise
- Bewertung der Feldtests und Ausarbeitung einer Verbesserungsstrategie (KVP)

Innovativer Kern des Teilprojekts

Zentrale Innovation des Teilvorhabens der Firma Cine Chromatix in diesem Vorhaben ist die Entwicklung eines völlig neuen Kameratracking-Systems, welches über eine multisensorische Erfassung von Messwerten wie z. B. Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsverlauf verfügt. Damit wird erstmalig ein autarkes System zur Erfassung von Kamerapositions- und Verfahrdaten mit einem integrierbaren, autarken, referenzfreien System entwickelt. Darüber hinaus wird auch erstmalig die Vereinheitlichung von Daten(-formaten) für die Positionsbestimmung und Metadatenformate möglich.

Weitere Innovationen, die nur in gemeinsamer Anstrengung aller beteiligten Partner erreicht werden können, liegen in folgenden Punkten:

- einfache Einrichtung
- modularer Aufbau
- einfach parametrierbares System
- Plug & Play (ohne Expertenwissen durch Einrichter sofort einsetzbar)

Hochschule Darmstadt:

Die Hochschule Darmstadt entwickelt im Rahmen des Vorhabens ein Verfahren für eine schnelle und fehlerfreie Interpretation der generierten Inertialdaten.

Hierbei geht es einerseits um ein Konzept, welches die zuverlässige Datenerfassung und -übermittlung unter den Bedingungen eines Filmsets ermöglicht und andererseits einen geeigneten Estimationsalgorithmus für den zuverlässigen Ausgleich driftbedingter Messfehler, so dass im Ergebnis die exakte Auswertung und Visualisierung der aktuellen Bewegungsanalyse – unter Einbindung filmspezifischer Kenndaten – möglich sind. Angesichts der Komplexität und der vielzähligen Einflussparameter sowie Fehlerquellen im Anwendungsfall stellt dies einen sehr hohen Innovationsanspruch dar.

MÖGLICHKEIT UND NOTWENDIGKEIT DES FUE-PROJEKTES FÜR DEN ANTRAGSTELLER

Cine Chromatix

Cine Chromatix steuert die Kompetenz in der Postproduktion bei. Kamerapositionsdaten werden bislang aus referenzbasierten Trackingsystemen erhalten oder aus Filmdaten extrahiert (Motion Tracking). Die Verarbeitung dieser Daten stellt eine hohe Anforderung an die digitale Bildauswertung dar, die erforderliche BV-Kompetenz ist seitens Cine Chromatix vorhanden.

Weitere Gründe für die Notwendigkeit der Projektdurchführung sind in den folgenden Punkten abgebildet:

- Die Marktchancen und die Wettbewerbsfähigkeit werden gesteigert
- Wettbewerbssysteme werden erwartet bzw. befürchtet

- Kooperationserfahrung des Unternehmens wird weiter ausgebaut
- neue Technologiegebiete (Sensorik, Navigation) werden erschlossen und vertieft

Seitens des Marktes besteht ein großer Bedarf:

- Tracking wird (bei Anwendern) oft in der Budget-Kalkulationen vernachlässigt, häufig wird durch die Produktionsleitung für Tracking shots kein oder nur ein geringer planungsaufwand betrieben, was zu erhebliche Qualitätseinbußen führt.
- Sehr wenig Zeit (und Nerven) der Film crew für Tracking Vorbereitungen. Fast alle VFX shots benötigen 2D/3D-tracking früh im Prozess.
- Es gibt einen Mangel an Fachkräften auf dem freien Markt im Tracking Bereich.
- Tracking-Softwares sind teuer.

Bei Erfolg des Projektes sind die Projektpartner die weltweit einzigen Systemanbieter für inertialbasierte Kameratracking-Systeme.

Um diese Position zu sichern werden entsprechende Patente beim DPMA angemeldet.

h-da

Die Hochschule Darmstadt hat bereits große Erfahrung in der Entwicklung von INS. In diesem Projekt wird erstmals die Datentransfer und die Nutzung beider Teilbereiche vereint.

Die Anforderung und der Bedarf aus dem Markt sind vorhanden. Kostengünstige gute Lösungen existieren bislang nicht.

Wissenschaftliche oder technische Erfolgsaussichten

Unabhängig von der wirtschaftlichen Verwertung erwarten sich die Antragsteller einen deutlichen Gewinn an technischem Know-How im Bereich der Sensorik. Dieses kann und wird in andere Projekte einfließen.

Gelingt es, die Ziele des gemeinsamen Entwicklungsvorhabens erfolgreich umzusetzen, so ist es nicht nur möglich, mit der neuen Generation an Trackingsystemen erfolgreich auf den Markt treten zu können. Vielmehr bietet sich so für Cine Chromatix die Möglichkeit, die eigenen Kompetenzen deutlich zu erweitern und sich über weitere hochinnovative Produkte noch besser auf dem Markt zu positionieren.

FACHLICHE EIGNUNG DES EINGEPLANTEN PERSONALS

Cine Chromatix

Unser Team besteht aus zwei erfahrenen VFX Artists, welche einige Erfahrung in Tracking besitzen, einem Diplom-Ingenieur Medientechnik (Videotechnik und digitale Signalverarbeitung, mit dem Schwerpunkt digitale Filmkameras) und einem Programmierer mit Postproduction Hintergrund. Es handelt sich hierbei ausschließlich um erfahrene und hoch qualifizierte Mitarbeiter, die über jahrelange Berufs- und Praxiserfahrung verfügen.

Ferner bestehen viele Kontakte zu unserer Zielgruppe und Unternehmen (Freelancer), welche Einzel-Lösungen für die Schritte im (Post-)Produktionsprozess liefern. Vor diesem Hintergrund sind alle fachlichen und persönlichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zielerreichung gegeben.

h-da

Die Entwicklung von Sensorsystemen ist seit 2002 ein Forschungsschwerpunkt von Prof. Dr. Markus Haid. Bereits in seinen früheren Arbeiten in der Fraunhofer Technologie Entwicklungsgruppe konnten erste Lösungen im Bereich der Objektverfolgung erarbeitet werden. Im speziellen waren dies Entwicklungen zur Handgerätepositionierung im Produktionsprozess, zur Erzeugung einer sicheren elektronischen Unterschrift und die Entwicklung der so genannten „TEG-Maus“ bzw. des „TEG-Pointers“. Diese Erfahrungen bringt er seit 2008 in sein Team an der Hochschule Darmstadt ein, wo das Thema Inertialsensorik heute einen Forschungsschwerpunkt bildet.

Wirkung des FuE-Projekts auf die technische und wirtschaftliche Situation des Antragstellers

DARSTELLUNG DER WIRKUNG DES FUE-PROJEKTES AUF DIE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DES ANTRAGSTELLERS (UMSATZSTEIGERUNG, ANZAHL DER BESCHÄFTIGTEN)

Dieses Projekt erlaubt Cine Chromatix, sich in einem neuen Markt mit einem neuen Produkt zu etablieren. Mit dem neuartigen System wird Cine Chromatix ein großes Kundeninteresse erzeugen können. Dies wird helfen, die Wettbewerbsfähigkeit und Umsatzpotenziale nachhaltig zu sichern bzw. steigern. Der technologische Vorteil gegenüber der Konkurrenz wird zu einer besseren Akquise von aufwendigen VFX-Produktionen führen. Mit der Entwicklung bekommen die Antragsteller ein Alleinstellungsmerkmal. Somit wäre die Zukunft des Unternehmens langfristig gesichert.

Durch internationale Vermarktung des Produktes wird die Marke Cine Chromatix auch im Postproduktionsbereich gestärkt. Dies verkleinert die Risiken aus dem Ausfall bestehender Projekte in krisenanfälligen Märkten und ist zusätzlich eine reale Chance auf Wachstum.

Das Vorhaben trägt angesichts dieser Planungen nicht nur zum Erhalt unserer Arbeitsplätze bei sondern resultiert insbesondere in der Einstellung von 4 – 6 neuen Mitarbeitern.

Mitarbeiterentwicklung:

Jahr	2017	2018	2019
Mitarbeiter	+2	+2	+1

Der zukünftige Personalbedarf liegt in den Bereichen:

- Weitere Ingenieure / Programmierer
- Produktion
- Sales und Aqoise
- Eine „Business Person“
- Rechtsbeistand für Patente etc.

Geplanter Umsatz:

Jahr	2017	2018	2019
Einheiten	200	300	400
Umsatz	800.000	1.200.000	1.600.000

Preiskalkulation:

Festpreis (Hardware + jährliche Maintenance + zusätzliche Software)

pro Einheit	5.000 €
Abzgl. 20% branchenüblicher Rabatt	1.000 €
Effektiver VP	4.000 €

Mit der erfolgreichen Markteinführung ergeben sich aber auch über das eigene Unternehmen hinaus positive Effekte für die Arbeitsplatzsicherung und den Technologievorsprung am Standort Deutschland.

DARSTELLUNG DER WIRKUNGEN DES FUE-PROJEKTES AUF DIE TECHNOLOGISCHE BASIS UND DAS FUE-POTENZIAL DES ANTRAGSTELLERS.

Die einzelnen im Antrag beschriebenen Teilziele der Antragsteller gehen teilweise weit über die Kernkompetenzen der Partner hinaus. Mit der Durchführung dieses Vorhabens im Rahmen einer Entwicklungspartnerschaft können durch intensive Diskussionen der Partner die spezifischen Kompetenzen untereinander befruchtet und erweitert werden.

Die Bearbeitung aller thematischen Bereiche sind über das Übliche hinaus gehende Entwicklungstätigkeiten für die Verbundpartner. Die Antragsteller sind deshalb im Rahmen einer Förderung bereit und fähig die Risiken eines Verbundprojekts einzugehen.

Nur die Durchführung des Projektes im Rahmen eines entsprechend geeigneten Verbundes lässt das Vorhaben in dieser Form und Geschwindigkeit für die Unternehmen überhaupt durchführbar erscheinen. Aufgrund der dargestellten Transfermaßnahmen lassen sich leicht Multiplikationseffekte volkswirtschaftlicher Art aus den eingesetzten Zuwendungsmitteln erreichen.

Die Firma Cine Chromatix kann ihre Forschungs- und Technologiekompetenz in diesem Projekt besonders stark ausbauen. Vor allem die enge Zusammenarbeit bei der interdisziplinären Entwicklung des Trackingsystems lässt eine wesentliche Verbreiterung der technologischen Basis erwarten. Die Nähe zum Markt verlangt ferner zunehmend eine schnelle Reaktionsfähigkeit der Entwicklungsabteilung, so dass das FuE-Potenzial wesentlich gefördert wird.

Welche für den Antragsteller neuen Technologiegebiete werden in Angriff genommen?

Das bestehende Know-how von Cine Chromatix im Bereich der Postproduktion und des matchmovings wird erweitert um den Bereich der Systemsoftware, Sensorik und Auswertelogik. Cine Chromatix erwartet hierdurch ebenfalls eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit in bestehenden Projekten und Kundenbeziehungen. Das know how im Bereich der Schnittstellenentwicklung (zu Kamera-system für TV und Film) wird gestärkt.

Als neue Technologie würde sich Cine Chromatix die inertielle Low-cost-Navigation zu Eigen machen, mit der das Unternehmen bis dato keine Erfahrung gemacht hat. Zusätzlich werden die Technologiegebiete Elektronik und SW-Entwicklung neu in Angriff genommen.

Mit der Durchführung des hier beschriebenen Projektes würde sich die Innovationskompetenz sprunghaft erhöhen und so die Wettbewerbsfähigkeit verbessern. Ein erstes Produkt in diesem speziellen Marktsegment würde uns die Möglichkeit geben weitere Produktionen zu entwickeln und eine langfristige Festigung unserer Stellung am Markt ermöglichen.

KONZEPT ZUR ERFOLGSKONTROLLE:***Definition von eindeutigen technischen und wirtschaftlichen Zielkriterien***technische Zielkriterien

Technische Zielparameter der sensorischen und elektronischen Komponenten wurden bereits oben dargestellt:

- Perfektes Tracking, genaue Translations- und Rotationsdaten.
Im Endergebnis eine Genauigkeit von durchschnittlich unter „0,5 Fehlerpixel pro HD-Frame
- Genauigkeit ~ 1 mm bzw. < 1°
- Messrate: $f > 100$ Hz (~25 frames/s mit Übersicherung)

- Zuverlässiges System:
unabhängiges und robustes Kamera Tracking in jeder Situation und Dimension.
Sicherheit beim Dreh („Der shot wird zu 100% funktionieren“)

- „Keine“ Marker am Set, kontaktlos und referenzlos
- Sehr einfache und unkomplizierte Handhabung
- Uneingeschränkter Anwendungsbereich, keine Abschattungsproblem

- TC-synchron

- Kreativer Freiraum, Völlig neue Möglichkeiten den „Production Value“ kleinerer Filme und Serien zu steigern
- schönere Bilder; Zeit, Geld und Nerven!

wirtschaftliche Zielkriterien

Die Ergebnisse sollen zu einem Produkt führen, welches zu einem Wettbewerbsvorteil innerhalb des Postproduktionsmarkts führt. Erwünschte Produkteigenschaften:

- Wirtschaftlich rentable Herstellung und Vertrieb möglich
- Massive Arbeitszeiterparnis in der Postproduktion, weniger Aufwand am Set,
Ergo: Kostenersparnis, ökonomisch sinnvoll
- Planungssicherheit für VFX-Budgets
- Unabhängigkeit in Personalien von VFX Facilities zu Tracking Freelancer

Produktgestaltung:

- Mehrere verschiedene Produktvarianten
 - Software (Module und Lizenzen)
 - Kostenpflichtige Firmware Updates (z. B. für neue Optiken)
 - Hardware-Weiterentwicklung und Updates
 - Support und Schulungen

- Möglicherweise Trade-In von alten Produktvarianten bei Kauf neuerer Versionen

Des Weiteren soll mit dem neuen System die Erschließung eines neuen Geschäftszweiges (Entwicklung und Verkauf) eingeleitet werden.

Preisstrategie:

Hard- und Softwarepreis unseres Produktes:	5.000,- €
Abzüglich eines branchenüblichen 20%-Rabatt auf Hardware:	4.000,- €

Wir gehen zurzeit von ca. 200 bis 400 verkauften Einheiten pro Jahr aus.

Vergleich mit Wettbewerbsprodukten:

Im Preissegment gängiger High-End Tracking Software

- | | |
|----------------------|-------------|
| • <i>Syntheyes</i> | 600,- \$ |
| • <i>PFTTrack</i> | 2.500,- € |
| • <i>3DEqualizer</i> | 5.000,- € |
| • <i>Boujou</i> | 10.000,- \$ |

Vergleich zu anderen On Set Tracking Lösungen

- | | |
|-------------------------------------|--------------|
| • <i>Lightcraft Tracking System</i> | ca. 50.000\$ |
| + <i>Personal Kosten on-set</i> | |

Vergleich zu Einsparung des Kunden bei Personalkosten

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| • <i>Freelancer</i> | ca. 300-600,-€ pro Tag |
| • <i>Festangestellter Artist</i> | 3.000,- im Monat |

Definition von Meilensteinen und wann diese Kriterien erreicht werden sollen

Eine Erfolgskontrolle wird ab Projektstart bei den beteiligten Partnern eingeführt. Es wird ein Monitor zur Überwachung des Aufwands für Arbeit, der verwendeten Mittel und des Projektfortschritts installiert. Die technischen Voraussetzungen zur Umsetzung der Erfolgskontrolle sind bei den Projektpartnern gegeben.

Das Projekt wird in einzelne Phasen gegliedert, an deren Ende je ein Meilenstein steht:

Phase I:	Vorbereitungsphase, Lastenhefterstellung
Zeitraum:	September 2014 (geplanter Beginn)
MS 1:	Recherchen abgeschlossen, Anforderungsliste des Gesamtsystems
Termin:	30.09.2014
Phase II:	Konzeptentwicklung und Spezifikation
Zeitraum:	September - Dezember 2014
MS 2:	Gesamtkonzept steht, Pflichtenheft erstellt
Termin:	31.12.2014
Phase III:	Entwicklung der Systemkomponenten und Aufbau Funktionsmuster
Zeitraum:	Dezember 2014 - Januar 2016
MS 3:	Funktionsmuster liegen vor
Termin:	31.01.2016
Phase IV:	Aufbau prototypisches System und Testphase
Zeitraum:	Oktober 2015 – Mai 2016
MS 4:	Vorstellung des integrierten prototypischen Systems und Verifikation gemäß Anforderungsliste
Termin:	31.05.2016
Phase V:	Verifikation des Gesamtsystems in Pilotphase
Zeitraum:	März – Juli 2016
MS 5:	Pilotphase abgeschlossen
Termin:	31.07.2016
Phase VI:	Optimierungs- und Abschlussphase
Zeitraum:	Mai 2016 – August 2016
MS 5:	Optimierungen abgeschlossen, Dokumentation erstellt
Termin:	31.08.2016

Zur Projektfortschrittskontrolle finden regelmäßiges Treffen mit dem Partner statt zum Ideenaustausch und zur Überprüfung / Neufestlegung der Roadmap. Ferner findet ein regelmäßiges Überprüfen der Ergebnisse „außerhalb der Laborbedingungen“ in realen Drehbedingungen statt.

Qualitativ bzw. quantitativ prüfbare Parameter sind dabei:

- Proof of concept (inertial tracking möglich?)
- Genauigkeit der Sensoren ausreichend für unsere Zwecke?
- Funktionierendes Tracking auf einem kleinen Dolly mit generischer Kamera
Anfangs reichen uns Positionsdaten in Textform, die mit dem vorher einprogrammierten Kamerafahrten der Motion-Control Kamera übereinstimmen, später FBX Format (Filmbox) zum Importieren und Testen in gängiger 3D Software
- TC sync möglich?
- Pointcloud Integration – ok?
- Greenscreen Tracking Marker – ok?
- Metadaten von Optiken –ok?
- Kompatibilität zu verschiedenen Kamereasystemen?
- Kamera Offset – ok?
- Export Formate – welche?

Der Testaufbau besteht aus einer kleinen Motion Control Einheit + Kamera um fortwährend reproduzierbare und vorher definierte Kamerafahrt zu simulieren

Kriterien nach Markteinführung:

- Vorzeigbares Produkt, Nullserie
- Kundenkontakt und Fieldtests, Produkt kann sich beweisen, Feedback
- Einsatz in Produktion
- Messevorstellung auf der IBC Amsterdam in 12 Monaten, danach offizielles release
- Return of investment, Profit

Beabsichtigte Maßnahmen zur Markteinführung

Geplant ist die gemeinsame Vermarktung des neuen Produkts. Die Erkenntnisse zu Detaillösungen sollen – sofern Möglichkeit erkennbar sind – in Abstimmung mit den Partnern einerseits schutzrechtlich verwertet, andererseits ausgewählte Lösungen auch fachpublizistisch vorgestellt werden.

Es ist geplant, erste Systeme bereits in einem sehr frühen Entwicklungsstadium nach Ende der FuE-Phase in eigenen Produktionen zu testen. Dafür stehen unter anderem Interessenten von Cine Chromatix zur Verfügung. Ferner erwarten wir durch unsere Beziehungen ein frühzeitiges Interesse unserer Kunden an einem Testlauf. Somit gehen wir davon aus, dass erste öffentlichkeitswirksame Maßnahmen bereits in Zusammenhang mit der Vorserienentwicklung durchgeführt werden können.

Sobald die Komponenten serienreif sind, sollen sie in den einschlägigen Fachmedien präsentiert werden. Hierfür sollen auch die guten Kontakte zu den entsprechenden Medienvertretern genutzt werden.

Bei Messen wie IBC (Amsterdam) / NAB (Las Vegas) / Siggraph während der FuE-Phase soll noch kein serienreifes System präsentiert werden. Eine Werbebroschüre und eventuell ein Funktionsmuster sollen jedoch Interesse wecken. Die Vorstellung eines serienreifen Produktes erfolgt parallel zur Markteinführung.

Die Partner werden Internetpräsenzen pflegen, die für eine weltweite Darstellung genutzt werden können. Weitere Verbreitungs- und Transfermaßnahmen wird die Teilnahme ausgewählter Vertreter aus dem Verbund an entsprechend orientierten Arbeitskreisen der Industrie sein.

Langfristige Marktstrategie:

- Stetige Weiterentwicklung
- Schulung von Nachwuchs-Kameraleute in Ausbildungseinrichtungen und Universitäten
- Sponsoring von wichtigen Produktionen
- Sicherung von Patenten

Wissenschaftliche oder technische Erfolgsaussichten

Unabhängig von der Verwertung in der Bewegungsanalyse erwarten sich die Projektpartner einen deutlichen Gewinn an technischem Know-How im Bereich der Sensorik. Dieses kann und wird in weitere Entwicklungsprojekte einfließen.

Das Besondere an der vorliegenden Projektidee ist, dass es neben dem anvisierten Markt verschiedenste weitere Anwendungsszenarien für das entwickelte Produkt gibt, welche durch geringfügige Produktpassungen und Modifikation ebenfalls mit abgedeckt werden könnten.

Die Verwertung der gemeinsam entwickelten Technologie geschieht folgendermaßen:

- Die Behandlung von Entwicklungsergebnissen wird in einem Kooperationsvertrag geregelt.
- Anschließende Produktion, Montage/Integration und Auslieferung des neuen zu entwickelnden Systems erfolgt Federführung durch Cine Chromatix. Diese bringt dabei bestehende Kundenbeziehungen ein.
- Die h-da verzichtet auf Erlösen aus der Vermarktung, da das Institut keine Komponenten oder Module für das Endprodukt produzieren oder liefern wird.

Angezielte Märkte und angestrebte Marktanteile

Der Einsatz von visuellen Effekten (VFX) in Filmen steigt. Dabei kommen VFX nicht nur in aufwändigen, effektfokussierten Produktionen zum Einsatz, sondern auch in Produktionen aller Budgetklassen, um meist "unsichtbare" Effekte zu erzeugen. Diese Entwicklung eröffnet für unser Produkt verschiedene Märkte mit unterschiedlichen Anforderungen.

Das erhöhte VFX Aufkommen in Filmen steht im Kontrast zu einem starken Preiskampf zwischen Postproduktionen, als den Anbietern von digitalen Effekten. Um weiter konkurrenzfähig zu bleiben, müssen Postproduktionen und VFX-Anbieter Möglichkeiten finden ihre Produktionskosten zu senken.

Unser Produkt bietet Postproduktionsfirmen die Möglichkeit Personal- und Zeiteinsatz beim Bearbeiten von digitalen Effekten zu reduzieren, um so entweder aufwendigere Effekte anzubieten oder Margen zu steigern.

Dieser Markt bietet für uns die besten Einstiegsmöglichkeiten, da bedingt durch die Entwicklungszyklen die bereits eingesetzte Soft- und Hardware eine hohe Affinität und Toleranz für Neuentwicklungen herrscht. Allein in Deutschland gibt es laut Branchenbrief rund 850 Postproduktionsfirmen mit einem Marktvolumen von 165 Mio. Euro€, von dem ca. 40% in Hard und Software investiert werden. Der Einrichtungspreis für einen durchschnittlichen Arbeitsplatz in diesem Bereich liegt bei rund 10.000 Euro. Zusammen mit durchschnittlichen Personalkosten (ca. 650 Euro/Tag für Freelancer, ca. 3.000 Euro/Monat für Festangestellte) ergibt sich so ein erheblicher Mehrwert beim Einsatz einer one-click Lösung.

Die Konkurrenz auf diesem Markt ist durch bereits vorhandene Software zum Tracken von einzelnen Shots und komplette hardwarebasierte Trackinglösungen gegeben. Die in direkter Konkurrenz zu unserem Produkt stehenden Hardwarelösungen haben neben einem sehr hohen Preis gemein, dass sie nicht ohne erheblichen Aufwand eingesetzt werden können. Zu diesem Aufwand gehört neben dem Montieren von Sensoren am Kamerarig und deren Kalibrierung auch weitere im Set angebrachte Sensoren oder Sensorhilfen, die meistens den Einsatz auf eine Situation beschränken oder Umbauten nur mit erheblich erhöhtem Zeitaufwand zulassen.

Zur Zeit gibt es auf dem Markt der kameramontierten Inertialtrackingsysteme keine zu unserem Produkt vergleichbaren Lösungen. Der einzige Konkurrent mit einem ähnlichen Ansatz ist auf eine bestimmte Kombination von Kamera, Linsen und eingesetzter Software angewiesen und ist auch keine one-click Lösung sondern vielmehr ein die Trackingsoftware unterstützendes Produkt.

Zur Einführung des Produktes werden wir neben einem bereits in der Betaphase stattfindenden viralen Online Marketing auf die für diese Branche üblichen Vermarktungsstrategien setzen. Es gibt weltweit drei große Messen: IBC (Europa), NAB, Siggraph (USA) auf denen wir unser Produkt vorstellen werden. Außerdem planen wir Roadshows in Deutschland und Europa, bei denen wir Vertreter von Postproduktionshäusern dazu einladen unser Produkt einen Tag lang präsentiert und unter Realbedingungen demonstriert zu bekommen. Bei Einführung des Produktes werden wir mehreren uns bekannten Key-Opinion-Leadern Testprodukte und eine intensive Betreuung zukommen lassen, um den Einsatz unseres Produktes im Produktionsworkflow zu etablieren.

Neben Postproduktionshäusern gibt es das weite Feld der selbstständigen VFX-Artists und Filmproduktionen die über ein geringeres Budget verfügen, denen unser Produkt aber die Möglichkeit bieten würde, Effekte in einem größeren kreativen Spielraum bei gleichzeitig geringen Kosten zu produzieren.

Während dieser Markt weltweit insgesamt über ein höheres Volumen verfügt, besitzen die einzelnen Kunden ein geringeres Investitionskapital. Dieses in Paarung mit dem erhöhten

Support und Marketingaufwand für ein 'Consumergrade' Produkt lassen diesen Markt zwar bei der Produkteinführung weniger attraktiv erscheinen, dennoch ist hier ein Wachstumspotential für den weiteren Verlauf der Unternehmung vorhanden.

Als weiteren Markt sehen wir Kameraverleiher, Studios und Filmschulen, welche ein Interesse daran haben könnten, unser Produkt anzubieten, wenn es sich im Bereich der Postproduktion soweit durchgesetzt hat, dass ihre Kunden danach verlangen.

Um auch nach dem Verkauf des Produktes von unseren Kunden zu profitieren, werden wir die zum Produkt gehörende Software mit einem Lizenzmodell anbieten, welches jährliche Maintenancezahlungen vorsieht und stetig weiterentwickelt wird, um verschiedene Arten von verwertender Software (hauptsächlich Compositing und 3D Software) zu unterstützen.

Verkaufszahlen

Wir orientieren uns an Timecode Systemen von Lockit, dem Marktführer in diesem Bereich. Neben einem vergleichbaren Formfaktor und hardwareseitig ähnlichen Produktionskosten sind die Produktzahlen vergleichbar, da die Timecodegeneratoren im Idealfall bei jeder Produktion an jeder Kamera angebracht sein sollten.

Im realen Produktionsbetrieb wird aber beispielsweise auch nur mit einem Lockit pro Drehtag gearbeitet. Die Preise für einen Lockit liegen zwar unter dem für unser System angestrebten Preis, bieten auf der anderen Seite aber nicht das gleiche Einsparpotential in der Nachbearbeitung.

In Deutschland gibt es derzeit ca. 400 Lockits die sich im Besitz von Kameraverleihern befinden und von dort aus an Produktionen vermietet werden. Weltweit kann man von einem Bedarf von 40.000 Geräten für den Verleih ausgehen; hinzu kommen Geräte im Besitz von Produktionen.

Wir zielen darauf ab, im ersten Jahr nach Produkteinführung 200 Geräte (max. 2.000) weltweit absetzen zu können. Hinzu kommen Online Services, welche zeitraumabhängig abgerechnet werden.

Jahr	2017	2018	2019
Einheiten	200	300	400
Umsatz	800.000	1.200.000	1.600.000