

**Christian Schmidt**

Entwicklung und Erprobung eines  
stereoskopischen Videoaufnahme-  
systems unter Verwendung von Mini-DV  
Camcordern

**Diplomarbeit**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783832431785

**Christian Schmidt**

**Entwicklung und Erprobung eines stereoskopischen  
Videoaufnahmesystems unter Verwendung von Mini-  
DV Camcordern**

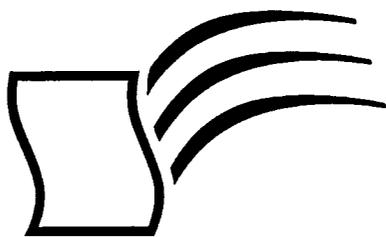


---

Christian Schmidt

# Entwicklung und Erprobung eines stereoskopischen Videoaufnahmesystems unter Verwendung von Mini-DV Camcordern

Diplomarbeit  
Fachhochschule Köln  
Fachbereich Informatik und Ingenieurwissenschaften  
Abgabe April 1999



*Diplom.de*

Diplomica GmbH \_\_\_\_\_  
Hermannstal 119k \_\_\_\_\_  
22119 Hamburg \_\_\_\_\_

Fon: 040 / 655 99 20 \_\_\_\_\_  
Fax: 040 / 655 99 222 \_\_\_\_\_

agentur@diplom.de \_\_\_\_\_  
www.diplom.de \_\_\_\_\_

ID 3178

Schmidt, Christian: Entwicklung und Erprobung eines stereoskopischen  
Videoaufnahmesystems unter Verwendung von Mini-DV Camcordern  
Druck: Diplomica GmbH, Hamburg, 2001  
Zugl.: Fachhochschule Köln, Diplomarbeit, 1999

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH  
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2001  
Printed in Germany

---

Schmidt, Christian: Entwicklung und Erprobung eines stereoskopischen  
Videoaufnahmesystemes unter Verwendung von Mini-DV Camcordern

Referenten:

- Prof. Dr. G. Bersick, Fachhochschule Köln
- Prof. Dr.-Ing. S. Breide, Universität GH Paderborn, Abt. Meschede

Abgabe:

SS 99

In dieser Diplomarbeit wird ein Aufnahmesystem für stereoskopisches Video entwickelt und erprobt. Basierend auf zwei Mini-DV Camcordern wird eine mobile 3-D Kamera konstruiert, welche eine hohe Bildqualität liefert. Die technischen Möglichkeiten und Einschränkungen dieses Aufnahmesystemes werden dabei genau untersucht. Weiterhin thematisiert diese Arbeit die Nachbearbeitung, Speicherung und Wiedergabe stereoskopischer Videos.

Auch werden die zum Bildeindruck beitragenden physiologischen und geometrischen Parameter untersucht, um daraus für das Aufnahmesystem eine Produktionsgrammatik zu entwickeln. Diese beinhaltet Aufnahmetechniken, Bildgestaltungsregeln, Schnittverfahren und Wiedergabehinweise. Dies soll den Nutzern des Aufnahmesystemes ermöglichen, stereoskopische Videos mit einer hohen Betrachtungsqualität zu erstellen.

Abschließend wird ein kurzes 3-D-Video erstellt, um die Möglichkeiten dieses Aufnahmesystemes zu demonstrieren.

## Vorwort

Diese Diplomarbeit entstand durch den Vorschlag von Prof. Dr. Bersick, Leiter des Labors für Film- und Fernsehtechnik, zwei Mini-DV Camcorder für stereoskopische Aufnahmen miteinander zu verkoppeln. Entsprechende Erfahrungen lagen bereits bei der Verkoppelung zweier Filmkameras vor. Interesse für eine derartige kompakte 3-D Videokamera signalisierte die Lufthansa AG. Sie könnte somit erstmals Fallschirmkunstspringen mittels eines stereoskopischen Videoverfahrens dokumentieren. Darüberhinaus gibt es viele weitere Anwendungsgebiete, bei denen eine stereoskopische Videodokumentation von großem Interesse sein dürfte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. G. Bersick für die sehr intensive Betreuung meiner Arbeit und Herrn Prof. Dr.-Ing. S. Breide für die kompetente Koreferenz.

Für die technische Unterstützung danke ich:

- Herrn Limbach, Fa. Sony, Köln
- Fa. Gahrens und Battermann, Bergisch Gladbach
- Herrn Martin Majewski, Fa. Tektronix, Köln
- Herrn B. Mosbauer, Fa. ViDiSys, Sauerlach
- Herrn Andreas Schöbel, Fa. Virtual Reality Technologies, Dieburg

Ohne die großzügige Unterstützung der oben genannten Firmen hätte die Diplomarbeit nicht realisiert werden können.

Zu erwähnen ist auch Stefan Lukanow, welcher mich bei der Produktion der stereoskopischen Videos intensiv unterstützte.

Weiterhin danke ich:

- Herrn Dr. Siegmund Pastoor, Heinrich Hertz Institut, Berlin
- Herrn Dr. Rüdiger Sand, ehemals Institut für Rundfunktechnik, München

für die mir gegebenen Informationen und die ausführliche Beantwortung meiner Fragen.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	7
1.1	Ziel der Diplomarbeit.....	7
1.2	Heutiger Stand der 3-D Videotechnik .....	8
1.2.1	Angebot an Filmen.....	8
1.2.2	Kameratechnik.....	9
1.2.3	Speicherung .....	10
1.2.4	Wiedergabe .....	11
1.2.5	Qualität .....	11
2	Physiologische Grundlagen.....	13
2.1	Augenphysiologische Wahrnehmung .....	13
2.1.1	Der Sehvorgang .....	13
2.1.2	Die Tiefenwahrnehmung.....	14
2.1.2.1	Monokulare Tiefenzeichen .....	15
2.1.2.2	Binokulare Tiefenzeichen.....	17
2.1.3	Querdisparation als eine Ursache stereoskopischen Sehens.....	18
2.1.3.1	Berechnung der stereoskopischen Parallaxe.....	20
2.1.4	Die Grenzen der stereoskopischen Tiefenwahrnehmung .....	20
2.1.4.1	Berechnung der Tiefenwahrnehmungsgrenze .....	21
3	Physiologisch - technische Aspekte bei Aufnahme und Wiedergabe .....	23
3.1	Aufnahme .....	23
3.2	Wiedergabe .....	25
3.3	Betrachtungsabstand.....	27
3.4	Das Scheinfenster .....	28
3.5	Tiefenausdehnungsfaktor und Stereofaktor.....	29
3.5.1	Berechnung des Tiefenausdehnungs- und Stereofaktors:.....	29
3.5.2	Variation stereoskopischer Parameter.....	32
3.6	Die Tiefenbedingung.....	34
3.6.1	Berechnung der maximalen Tiefenausdehnung .....	35
3.7	Einfluß des Aufnahmesensors auf die minimale Tiefenauflösung.....	37
3.8	Einfluß der Blende auf die Tiefenschärfe.....	39

---

3.9	Wiedergabemöglichkeiten.....	43
3.9.1	Zeitlich parallele Wiedergabe .....	44
3.9.2	Wiedergabe mit zwei Monitoren .....	44
3.9.3	Wiedergabe mit zwei Projektoren .....	45
3.9.3.1	Trapezverzerrung bei Wiedergabe mit zwei Projektoren.....	46
3.9.4	Betrachtung mit Polfilterbrille .....	52
3.9.5	Zeitsequentielle Wiedergabe .....	54
3.9.6	Entstehung von Tiefenartefakten.....	55
3.9.7	Betrachtung mit Shutterbrille .....	56
4	Das Aufnahmesystem .....	59
4.1	Die Camcorder.....	59
4.1.1	Camcorder Sony DCR PC 7 .....	61
4.1.2	Die Optik.....	62
4.1.3	Audio .....	62
4.2	Modifikation der Camcorder für Stereoaufnahmen .....	63
4.2.1	Synchronisation von Aufnahmefunktion und Zoom .....	63
4.2.2	Synchronisation der Bänder .....	64
4.2.3	Gleichlauf der Bänder.....	68
4.2.4	Luminanz und Chrominanzdifferenzen .....	68
4.2.4.1	Meßtechnische Beurteilung.....	69
4.2.4.2	Visuelle subjektive Beurteilung.....	72
4.2.4.3	Bewertung der Luminanz- und Chrominanzdifferenzen und deren Korrektur.....	73
4.2.5	Mechanische Ausrichtung der Camcorder.....	74
4.2.5.1	Durchführung der Justage.....	74
4.2.6	Bildhöhendifferenz und Bildversatz .....	77
4.3	Technische Einschränkungen der "Stereocam PC 7" .....	80
4.4	Einsatz des "Steadycam JR" .....	81
4.5	Weitere Aufnahme- und Synchronisationssysteme .....	83
4.5.1	Kameraköpfe und externe Recorder.....	83
4.5.2	Synchronisation mittels des LTC-Timecodes.....	85
5	Nachbearbeitung .....	87
5.1	Schnitt.....	87
6	Speicherung der Videoströme.....	88

---

6.1	Festplattenrecorder.....	88
6.2	Videorecorder.....	89
7	Wiedergabe.....	91
7.1	Zeitsequentielle Wiedergabe mit der "Vidisys-Overlaykarte".....	91
7.2	Zeitlich parallele Wiedergabe mit Projektoren.....	92
8	Die Praxis der Produktion.....	93
8.1	Geometrische Größen bei der Aufnahme.....	95
8.2	Gestaltungsregeln bei der Aufnahme.....	99
8.3	Das stereoskopische Drehbuch.....	101
8.4	Bedienung der "Stereocam PC 7".....	102
8.5	Nachbearbeitung.....	103
8.6	Parameter bei der Projektion.....	104
8.7	Nutzung von 3-D Videos.....	106
8.7.1	Informationstheoretische Vorteile der Stereoskopie.....	106
8.7.2	Anwendungsgebiete.....	107
9	Weitere Verbesserungen.....	109
9.1	Camcorder.....	109
9.1.1	Sonderfunktionen der Sony DCR PC 7.....	109
9.1.2	Weitere Camcordertypen.....	109
9.2	Aufnahme.....	110
9.2.1	Synchronisation der Camcorder.....	110
9.2.1.1	Timecode.....	110
9.2.1.2	Genlock.....	111
9.2.1.3	Time Base Corrector (TBC).....	111
9.3	Codierung.....	111
9.3.1	MPEG-2 Multi-View-Profile (MVP).....	111
9.3.2	MPEG-4.....	113
9.4	Aufzeichnungsmedien.....	113
9.4.1	DVD.....	113
9.4.2	D-VHS.....	114
9.5	Übertragung mit ADSL.....	114
9.6	Wiedergabe.....	115
9.6.1	Head Mounted Displays.....	115
10	Schlußbetrachtung.....	116

---

11	Anhang.....	118
11.1	Kostenkalkulation.....	118
11.2	Produktionsablaufdiagramm .....	120
11.3	Meßdaten der Graustufentesttafel .....	121
11.4	Farbbalkentesttafel .....	122
11.5	Graustufentesttafel .....	123
11.6	Testbilder der Objektivqualität der DCR PC 7 und der Vorsätze .....	124
11.6.1	Testbild Teleobjektiv .....	124
11.6.2	Testbild Weitwinkelobjektiv .....	125
11.6.3	Testbild Weitwinkelvorsatz .....	126
11.7	Meßdaten Bildhöhendifferenz und Bildversatz.....	127
11.8	Literatur.....	128
11.9	Formalia.....	130

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel der Diplomarbeit

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, ein Aufnahmesystem für stereoskopisches Video zu entwickeln und zu erproben. Basierend auf zwei Mini-DV Camcordern soll eine mobile 3-D Kamera konstruiert werden, welche eine gute Bildqualität liefert. Die technischen Möglichkeiten und Einschränkungen dieses Aufnahmesystemes werden dabei genau untersucht. Weiterhin wird die Nachbearbeitung, Speicherung und Wiedergabe stereoskopischer Videos thematisiert.

Auch werden die zum Bildeindruck beitragenden physiologischen und geometrischen Parameter untersucht, um daraus für das Aufnahmesystem eine Produktionsgrammatik zu entwickeln. Diese beinhaltet Aufnahmetechniken, Bildgestaltungsregeln, Schnittverfahren und Wiedergabehinweise. Dies soll den Nutzern des Aufnahmesystems ermöglichen, stereoskopische Videos mit einer hohen Betrachtungsqualität zu erstellen.

Abschließend soll ein kurzes 3-D Video hergestellt werden, um die Möglichkeiten dieses Aufnahmesystems zu demonstrieren.

In Kapitel 1 wird der heutige Stand der stereoskopischen Videotechnik dargestellt. Kapitel 2 befaßt sich mit den physiologischen Grundlagen des räumlichen Sehens. In Kapitel 3 wird die Technik der Aufnahme und Wiedergabe unter physiologischen Gesichtspunkten untersucht. In Kapitel 4 schließt sich die Beschreibung des Aufnahmesystemes an. Kapitel 5 und 6 thematisieren Nachbearbeitung und Speicherung der Videoströme. In Kapitel 7 wird die Wiedergabe beschrieben. In Kapitel 8 wird dann die Produktionsgrammatik entwickelt. Kapitel 9 gibt einen Ausblick auf mögliche zukünftige Weiterentwicklungen. Kapitel 10 faßt schließlich die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen. Der Anhang in Kapitel 11 bildet den Schluß dieser Diplomarbeit.

## **1.2 Heutiger Stand der 3-D Videotechnik**

Dreidimensionales Video ist heute wenig verbreitet, trotz der immensen Vorteile, die es gegenüber zweidimensionalem Video bietet. Durch die Einbeziehung der dritten Dimension kann dem Zuschauer erheblich mehr Bildinformation geboten werden.

So können komplexe Vorgänge deutlicher dargestellt werden (medizinische Ferndiagnose, technische Fernwartung, Ausbildungsfilm), die Auswertung von aufgezeichneten Vorgängen (Crash-Tests, Materialtests, Bewegungsanalysen im Sport) wird erleichtert, und im Unterhaltungs- und Promotionsbereich bieten 3-D Videos ein intensives Erleben des Geschehens.

Die Technik zur Aufnahme, Nachbearbeitung und Wiedergabe von 3-D Videos ist bekannt, und es existieren auf dem Markt eine Vielzahl von unterschiedlichen Systemen. Jedoch verhindert eine Reihe von Faktoren deren Verbreitung:

### **1.2.1 Angebot an Filmen**

Zweidimensionales Video bietet heute praktisch allen Interessengruppen eine Vielzahl von Themen, die dramaturgisch gekonnt aufbereitet sind. Auch hat der potentielle Zuschauer viele Möglichkeiten, an die gewünschten Filme zu gelangen (Kauf, Miete über Videothek, Aufzeichnung von Fernsehprogrammen).

Im 3-D Video Bereich existieren jedoch nur sehr wenige Filmangebote, die auch nur spezielle Interessenten ansprechen. Dieses geringe Angebot trägt auch mit zum Desinteresse an 3-D Video bei.