



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Software-Engineering Advanced Topics 2012

Abschlussarbeit

Autor:	Steffen Buder
Matrikelnr.:	772923
Institution:	Beuth Hochschule für Technik Berlin
Erstellt am:	14.04.2012
Version:	1.0
Datum:	21. November 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Thema und Aufgabenstellung	2
1.2	Aufbau der Arbeit	2
1.3	Kurzbeschreibung des Papers	2
2	Fachliches Umfeld	3
2.1	2Dameratechnik	3
2.2	Lichtfeld und plenoptische Funktion	3
2.3	Plenoptische Kamera	5
3	Detailausarbeitung	7
	Glossar	8

1 Einleitung

1.1 Thema und Aufgabenstellung

Thema dieser Arbeit ist es das Paper **Light Field Photography with a Hand-held Plenoptic Camera** Ng u. a. [2005] abzuhandeln und alle Grundlagen zu schaffen den Inhalt dieser Arbeit zu verstehen.

1.2 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit wird das Paper inhaltlich kurz beschrieben. Anschließend sollen die Grundlagen für das technische Verständnis der Thematik geschaffen werden, sodass abschließend die detaillierte Beschreibung des Papers erfolgen kann.

1.3 Kurzbeschreibung des Papers

Das zugrundeliegende Paper beinhaltet die Beschreibung einer Implementierung einer plenoptischen Kamera die auf die Größe einer mit der Hand bedienbaren Kamera bezieht. Die nötigen Grundlagen für das Verständnis eines solchen Aufbaus einer Kamera sollen im Folgenden geklärt werden.

2 Fachliches Umfeld

Im folgenden Kapitel sollen die Grundlagen für das Verständnis des zugrunde liegenden Papers Ng u. a. [2005] geschaffen werden. Das beinhaltet die Beschreibung heutiger gewöhnlicher Kameras sowie die Klärung von Fachbegriffen. Es folgen möglichst verständliche Definitionen von Lichtfeld und plenoptischer Fotografie.

2.1 2D Kameratechnik

Die heutige Kameratechnik hat sich im Grunde genommen seit ihrer Erfindung Mitte des 19. Jahrhunderts Wikipedia [2012a], wenn man von den Grundelementen ausgeht, kaum verändert. Das sind ein *Objektiv* zum Sammeln des einfallenden Lichts auf die kleinere *Bildebene*, welche unterschiedlich repräsentiert werden kann, wie bspw. analoger Film (Halbformat, Kleinbild, Mittelformat usw.) oder Bildsensor in der digitalen Fotografie. Für die Begrenzung des einfallenden Lichts ist die Blende verantwortlich, welche sich im Linsensystem, sprich Objektiv, befindet. Abbildung 1 soll dieses Zusammenspiel der Komponenten verdeutlichen.

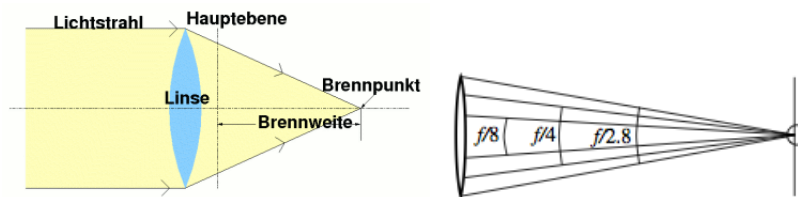


Abbildung 1: Brennweite
Quelle: Bild Link

Unter anderem hat die Blende Einfluss auf die Schärfentiefe. Je größer die Blendenzahl ist desto größer wird der Bereich indem Objekte scharf sind.

Diese drei Elemente bilden die Grundlage für das Sammeln des Lichts in der Fototechnik und für das Verständnis einer plenoptischen Kamera bzw. Integraler Fotografie. Um das Foto letztendlich auf den Film oder den Bildsensor zu bringen spielen dann noch die Größen Belichtungszeit und Empfindlichkeit des Sensors oder Film (angegeben als ISO oder ASA).

2.2 Lichtfeld und plenoptische Funktion

Das Lichtfeld und die plenoptische Funktion sind zwei Begriffe, die im Prinzip das Gleiche beschreiben, bzw. wird das Lichtfeld mit der plenoptischen Funktion beschrieben.

Um die plenoptische Funktion und das Lichtfeld zu verstehen hilft es die Strahldichte zu verstehen. Diese drückt die Strahlungsintensität (Watt) eines Punktes auf dem strahlenden Körper abhängig von seiner Richtung aus. Dieser Grundgedanke geht darauf zurück, dass die von einem Punkt ausgehende Strahlung auf einer Fläche unterschiedlich ist und auch in unterschiedliche Richtungen unterschiedlich stark ist. Um also die Strahlungsintensität nicht einfach nur als konstanten Wert zu betrachten, werden die Verhältnisse mit der Fläche und der Richtung miteinbezogen um diese Abhängigkeiten der Strahlungsintensität zu erfassen. Abbildung 2 ist die visuelle Darstellung der Strahldichte.

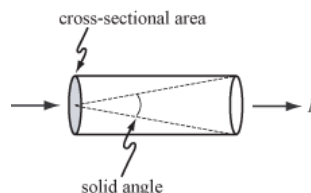


Abbildung 2: Strahldichte
Quelle: Bild Link

Die plenoptische Funktion ist also die Strahldichte entlang von Lichtstrahlen im Raum, da räumliche Parameter diese Funktion beschreiben. Das heißt, dass für die Strahldichte eines Strahls die Position, ein

dreidimensionaler Vektor und die Richtung, ausgedrückt durch zwei Winkel, erforderlich sind und somit eine fünfdimensionale Funktion ergeben.

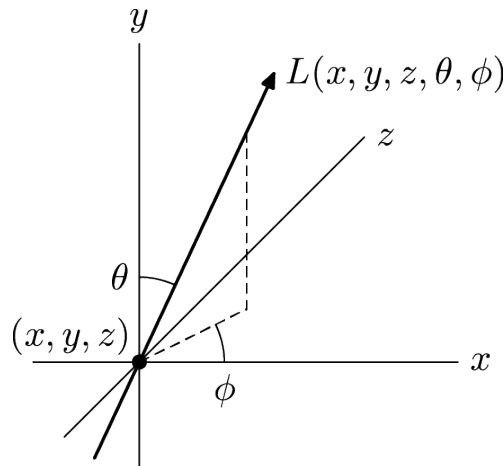


Abbildung 3: Plenoptische Funktion
Quelle: Bild Link

Bildet man das Integral über eine Menge von Vektoren (Strahldichtevektoren) erhält man die Bestrahlungsstärke E , also die Leistung (Watt) pro Quadratmeter.

Diese Betrachtung von solchen Vektoren nimmt man üblicherweise innerhalb eines begrenzten Raumes vor. Ist das der Fall spricht man vom sogenannten Lichtfeld. Diese Begrenzung kann aber beliebig gewählt werden (s. auch Perwaß u. Wietzke [2010]). Üblicherweise ist das eine zwei Ebenenbetrachtung, wie auch für plenoptische Kameras. Das führt dazu, dass oft auch vom 4D-Lichtfeld gesprochen wird, da nun von einer uv -Ebene und einer st -Ebene ausgegangen wird und alle Strahlen erfasst, die die beiden Ebenen schneiden und der Strahl nun mit 4 Parametern beschrieben werden kann, einer uv -Koordinate und einer st -Koordinate.

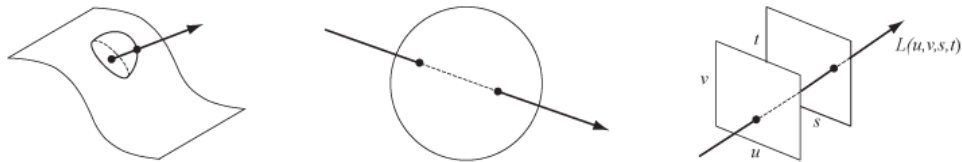


Abbildung 4: Verschiedene Arten Lichtfelder Lichtfeld
Quelle: Bild Link

Wikipedia [2012b]

2.3 Plenoptische Kamera

Das Prinzip von plenoptischen Kameras wurde bereits 1908 von Gabriel Lippmann [1908] beschrieben. Seine Version einer solchen Kamera bestand aus mehreren Objektiven und Linden [2012]. Damals, als digitale Fotografie noch nicht geboren war, konnten die Vorteile einer solchen plenoptischen Kamera nicht genutzt werden, da die Zusammenführung der Einzelbilder so nicht möglich war und zum Anderen die Größe der Einzelteile dazu führte, dass eine solche Kamera in einem großen Aufbau resultierte. Die Idee wurde über die Jahre des Öfteren wieder aufgegriffen, aber erst seit einigen Jahren ist es technisch möglich eine solche Kamera auf eine handhabbare Größe zu fertigen und die nötige Rechenleistung für einen vertretbaren Preis aufzubringen.

Eine plenoptische Kamera erfasst das Lichtfeld eines Bildes, d. h. das ausgehend von einem Punkt von der Hauptebene einer Kamera die Strahldichte dieses Strahls erfasst wird. In modernen Lichtfeldkameras wird dies erreicht indem die Lichtstrahlen, die durch *ein* Objektiv gehen, nochmals durch ein Mikrolinsenarray gebrochen werden. Das ist vergleichbar mit einem Motiv bzw. Bild, was aus verschiedenen Perspektiven gemacht wird. Jede Linse erzeugt nochmal ein Teilbild eines Bereiches des Ursprungsbildes und das aus verschiedenen Perspektiven. Zusammengefügt zu einem Einzelbild ergibt das ein Bild mit hoher Tiefeninformation, also zusätzliche Positions- und Richtungsinformationen. Es kommen demnach die Konzepte in Bezug auf das Lichtfeld zum Tragen. Die Idee dahinter ist eigentlich recht einfach und gar nicht so weit hergeholt, da der menschliche Sehapparat auch nicht anders funktioniert. Allgemein setzt räumliches Sehen voraus, dass mindestens zwei Augen vorhanden sind. Das Gehirn setzt diese beiden Bilder dann zu einem Gesamtbild zusammen. Nichts anderes macht eine plenoptische Kamera.

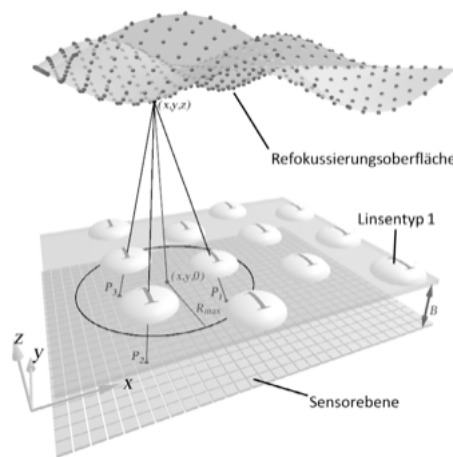


Abbildung 5: Mikrolinsendarstellung
Quelle: Perwaß u. Wietzke [2010]

Mit einer solchen Kamera werden im Grunde genommen 3D-Bilder aufgezeichnet. Daraus können Bilder mit einer sehr hohen Schärfentiefe mit weit offener Blende erzeugt werden. Auch ein Fokussieren der Kamera entfällt. Mit einer solchen Aufnahme kann auch die Fokusebene im Nachhinein angepasst werden (s. auch Linden [2012]).

Abbildung 6 zeigt eine moderne Lichtfeldkamera der Firma Lytro.



Abbildung 6: Lytro Lichtfeldkamera
Quelle: Bild Link Wikipedia [2012c]

3 Detailausarbeitung

Der in Ng u. a. [2005] beschriebene Aufbau einer plenoptischen Kamera soll im folgenden Kapitel im Detail beschrieben werden und mit einer Diskussion und weiterführender Literatur abgeschlossen werden. Der Inhalt dieses Papers beschreibt im Wesentlichen die Implementierung einer plenoptischen Kamera und schafft wie auch im vorigen Kapitel dieser Arbeit grob die Grundlagen für das Verständnis der Technik. Das Gehäuse der im Rahmen dieser Arbeit (darunter auch die Entwicklung der Algorithmen zur Refokussierung bspw.) entstandenen Kamera.

Für die Kamera wurde eine Context645 Mittelformatkamera, um einen Bildsensor verwenden zu können, der gro

Glossar

Bestrahlungsstärke E

englisch irradiance; Die Bestrahlungsstärke ist die Leistung einer Lichtquelle die auf eine Fläche trifft in Abhängigkeit der Größe dieser Fläche und wird in Watt pro Quadratmeter angegeben. .

Blendenzahl

Die Blendenzahl beschreibt das Verhältnis von der Brennweite und Durchmesser der Kreisfläche des eintreffenden Lichts..

Brennweite

Die Brennweite ist der Abstand der Hauptebene des Linsensystems und dem Brennpunkt. Für gewöhnlich wird diese in Millimeter angegeben..

Lichtfeld

Das Lichtfeld ist eine Menge von Lichtstrahlen innerhalb eines begrenzten Raumes, welches die Strahldichte über diese Strahlen beschreibt..

Plenoptische Funktion

Funktion zur Beschreibung der Strahldichte von Lichtstrahlen in einem Teil des Raumes..

Strahldichte

englisch radiance; Die Strahldichte L beschreibt die von einem Punkt ausgehende Strahlung abhängig von der Richtung des Strahls und wird in Watt pro Steradian pro Quadratmeter gemessen..

Abbildungsverzeichnis

1	Brennweite	3
2	Strahldichte	3
3	Plenoptische Funktion	4
4	Lichtfelder	4
5	Mikrolinsen	5
6	Lytro Lichtfeldkamera	6

Literatur

- [Linden 2012] LINDEN, Marcus: *Lichtfeldfotografie; Schärfe für alle und alles*. <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/lytro-lichtfeldkamera-im-test-a-838935.html>. Version: 2012, Abruf: 16.11.2012
- [Lippmann 1908] LIPPMANN, Gabriel: Epreuves reversible donnant la sensation du relief. 1908. – Forschungsbericht
- [Ng u. a. 2005] NG, Ren ; LEVOY, Marc ; BRÉDIF, Mathieu ; DUVAL, Gene ; HOROWITZ, Mark ; HANRAHAN, Pat: Light Field Photography with a Hand-held Plenoptic Camera / Stanford University and Duval Design. 2005. – Forschungsbericht
- [Perwaß u. Wietzke 2010] PERWASS, Christian ; WIETZKE, Lennart: Mikrolinsen-basierte 4D-Lichtfeldkameras zur räumlichen Bilderfassung durch ein einziges Objektiv in einer Aufnahme / Raytrix GmbH, Kiel. 2010. – Forschungsbericht
- [Wang 1997] WANG, John Y. A.: *Plenoptic Camera*. <http://persci.mit.edu/demos/jwang/plenoptic/plenoptic.html>. Version: 1997, Abruf: 15.11.2012
- [Wikipedia 2012a] WIKIPEDIA: *Fotoapparat*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Fotoapparat>. Version: 2012, Abruf: 16.11.2012
- [Wikipedia 2012b] WIKIPEDIA: *Lichtfeld*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtfeld>. Version: 2012, Abruf: 16.11.2012
- [Wikipedia 2012c] WIKIPEDIA: *Light-field camera*. http://en.wikipedia.org/wiki/Light-field_camera. Version: 2012, Abruf: 15.11.2012