

BACHELOR SEMINAR

Toolkit for augmenting arbitrary environments using mobile projection

Jonas Scheer

Gutachter: Prof. Dr. Antonio Krüger
Betreuer: Markus Löchtefeld

Überblick

- Motivation und Anforderungen
- Related work
- Theoretischer Ansatz
 - Von Verzerrt zu Entzerrt
 - Erstellung eines 3D Modells
 - Kamera und Projektor kalibrieren
 - Entzerren der Projektion
- Implementierung
 - Prototyp
 - Toolkit für 3D-Designer/Programmierer
- Ausblick

Projected Augmented Reality Displays

- Unbekannte physische Umgebungen
- Erweitert mit digitalen Informationen
(z.B: Bilder, Animationen)
- Projektor zur Erstellung des AR Overlays direkt auf den Objekten



Toolkit um Visualisierung zu vereinfachen

Motivation

Beamer werden immer kleiner



Samsung Galaxy Beam:

124 x 64.2 x 12.5 mm (H x B x T)

Apple iPhone 3G

115,5 × 62,1 × 12,3 mm (H x B x T)

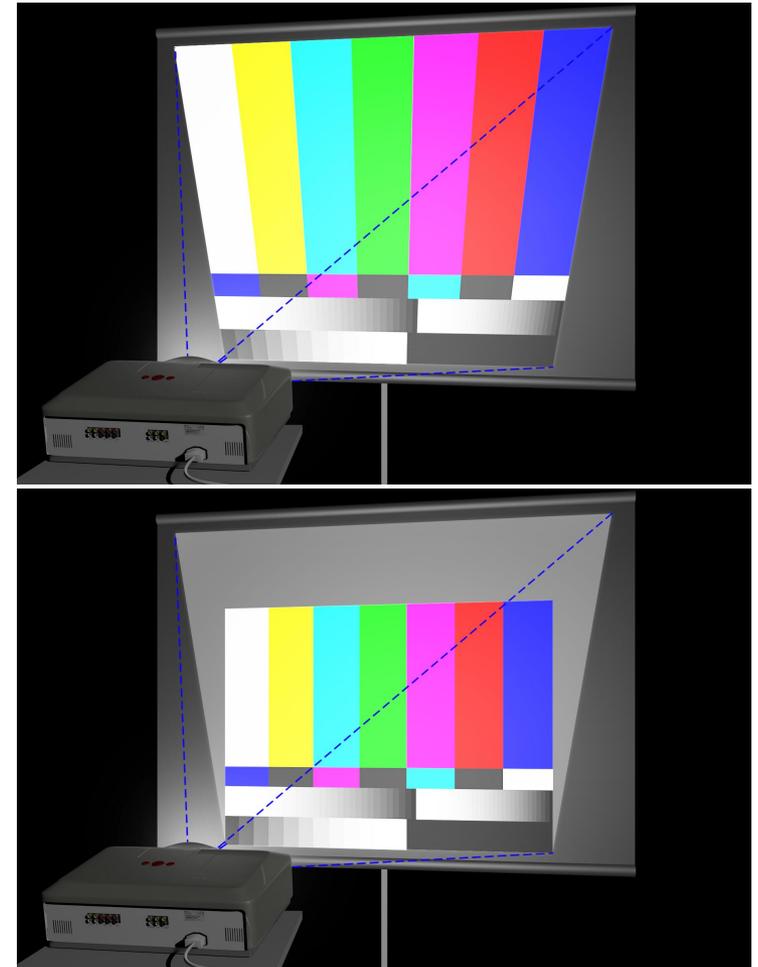
- Präsentation ohne Zusatzhardware
- Zusätzliches Display
- Neue Interaktionsmöglichkeiten

Motivation

Projektion ist nicht flexibel

Problem:

- Die Projektion ist schief und...
- ...passt sich nicht der Umgebung an
z.B. Projektion auf runde Oberflächen
- Mühsame Ausrichtung des Beamers



Motivation

Projektion muss sich der Umgebung anpassen

Beispiel - AR Face:

- Projektion auf ein Gesicht
- Rechtes geschlossenes Auge wird zu offenem Auge
- Projektion wird automatisch entzerrt
- Projektion auf unbekannte Oberflächen



Anforderungen an das Toolkit

Toolkit

- 3D Umgebung "scannen"
- Projektion anpassen/entzerren
- Tools (Klassen, Interfaces) zum einfachen erstellen von Anwendungen die einen Projektor benutzen

Anforderungen an das Toolkit

Toolkit

- 3D Umgebung "scannen"
- Projektion anpassen/entzerren
- Tools (Klassen, Interfaces) zum einfachen erstellen von Anwendungen die einen Projektor benutzen



Microsoft Kinect als Hilfsmittel

- Tiefensensor liefert Tiefendaten

Related Work

"Einfache" Entzerrung ist Problemlos machbar

- Accelerometer zum Entzerren
- Nicht möglich auf komplexeren Oberflächen

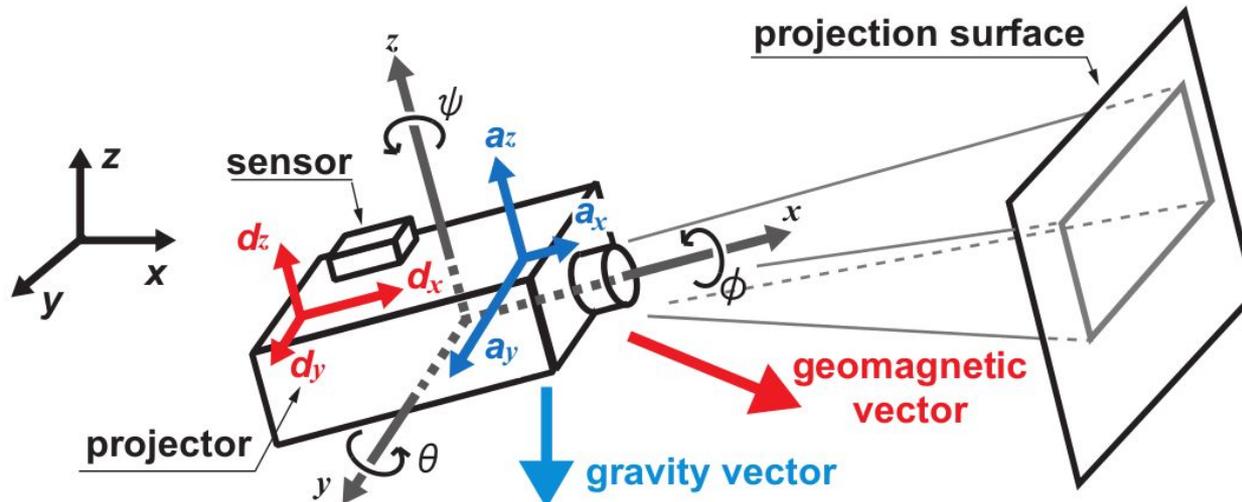


Figure 3: Realtime calibration using the accelerometer and the digital compass

Related Work

"Einfache" Entzerrung ist Problemlos machbar

- Accelerometer/Gyroskop/Kompass zum Entzerren
- Nicht möglich auf komplexeren Oberflächen

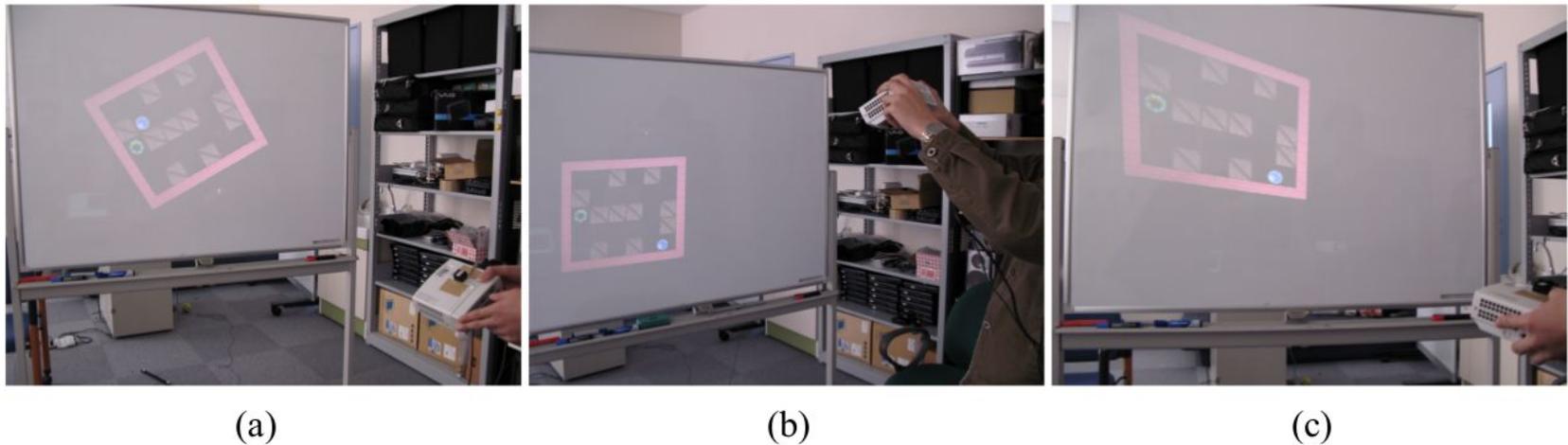


Figure 5: (a) An example of an entertainment application. Although an optical axis of a projector is not orthogonal to a projection surface, its projected screen is properly calibrated. (b) While a player tilts the projector to move a ball, the shape of its projected screen is still kept rectangular by the realtime calibration. (c) A projected screen is distorted without the proposed technique.

Related Work

Augmented reality mit Projektor

Intel : Oasis (Object-Aware Situated Interactive System)

- Projektion erweitert eine reale Umgebung
- System ist statisch
- Projektor senkrecht zu Tisch
- Projektion wird nicht entzerrt

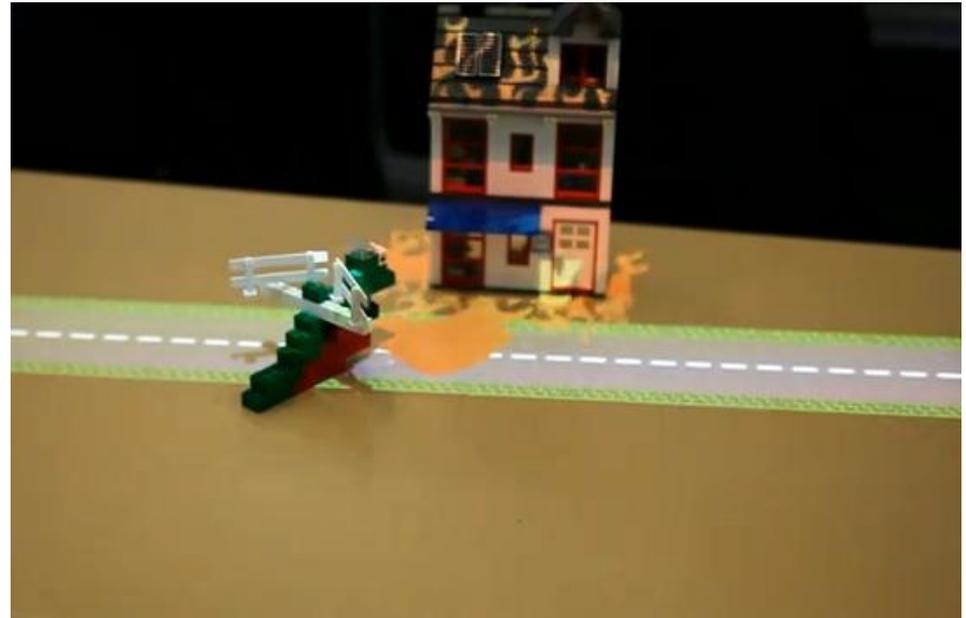


Related Work

Augmented reality mit Projektor

Intel : Oasis (Object-Aware Situated Interactive System)

- Projektion erweitert eine reale Umgebung
- System ist statisch
- Projektor senkrecht zu Tisch
- Projektion wird nicht entzerrt

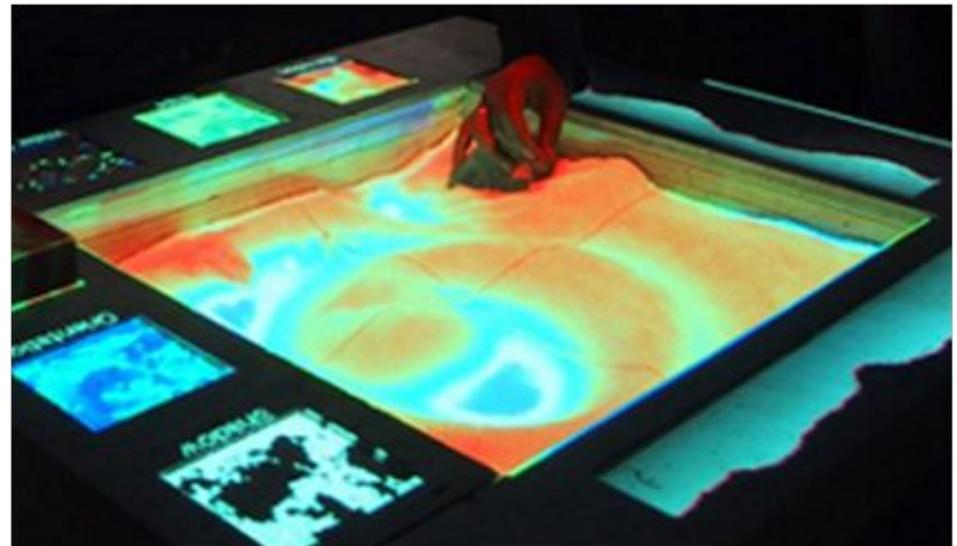


Related Work

Augmented reality mit einfacher Projektionsentzerrung

Illuminating Clay

- Wasser wird in Sandkasten projiziert
- Wasser nur an den "tiefen" Stellen
- Projektion ändert sich, wenn man den Sand umschaufelt
- Projektion passt sich der Umgebung an
- Fixes stationäres System



Related Work

Augmented reality in interaktiven Umgebungen

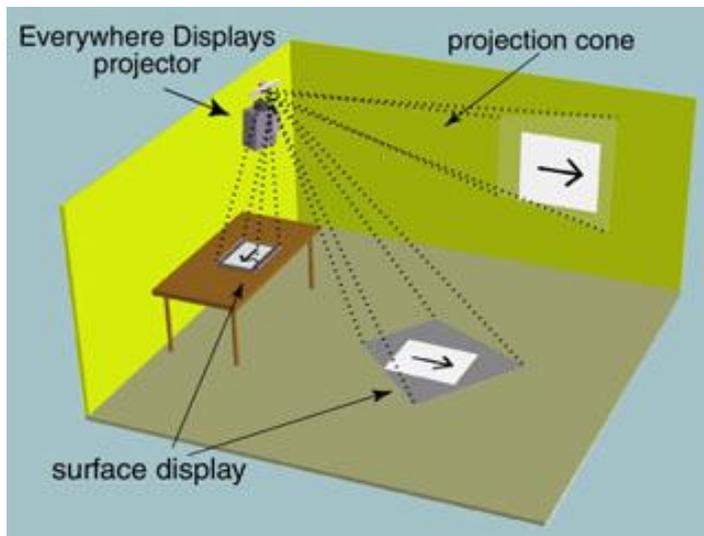
StereoBlocks - interaktive, virtuelle Modellierungsumgebung



Related Work

Augmented reality und Projektionsverzerrung vereint

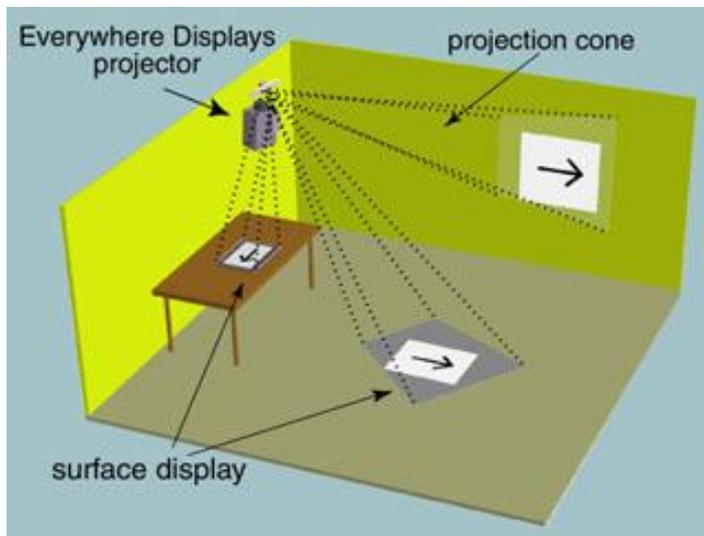
- Everywhere Display - IBM
- AR Projektionen überall im Raum
- Fixes 3D Modell zur Projektionsverzerrung



Related Work

Augmented reality und Projektionsverzerrung vereint

- Everywhere Display - IBM
- AR Projektionen überall im Raum
- Fixes 3D Modell zur Projektionsverzerrung

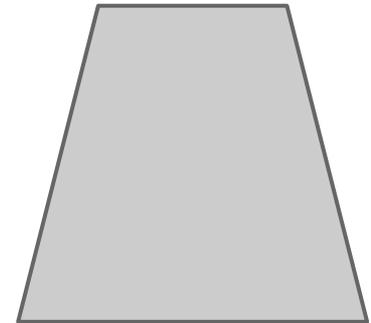


Theoretischer Ansatz

Von Verzerrt zu Entzerrt



zu projizierendes Bild



projiziertes Bild

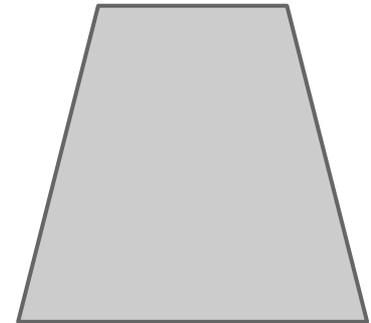
- Verzerrung entsteht, wenn manche Lichtstrahlen einen weiteren Weg zurücklegen müssen als andere.
- Hier:
 - Beamer ist nach unten geneigt
 - Lichtstrahlen der Oberkante haben einen kurzen Weg
 - Lichtstrahlen der Unterkante haben einen langen Weg

Theoretischer Ansatz

Von Verzerrt zu Entzerrt



zu projizierendes Bild



projiziertes Bild



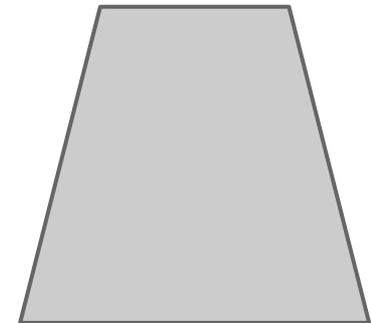
Bild mit Hilfe von 3D Informationen der Umgebung entzerren

Theoretischer Ansatz

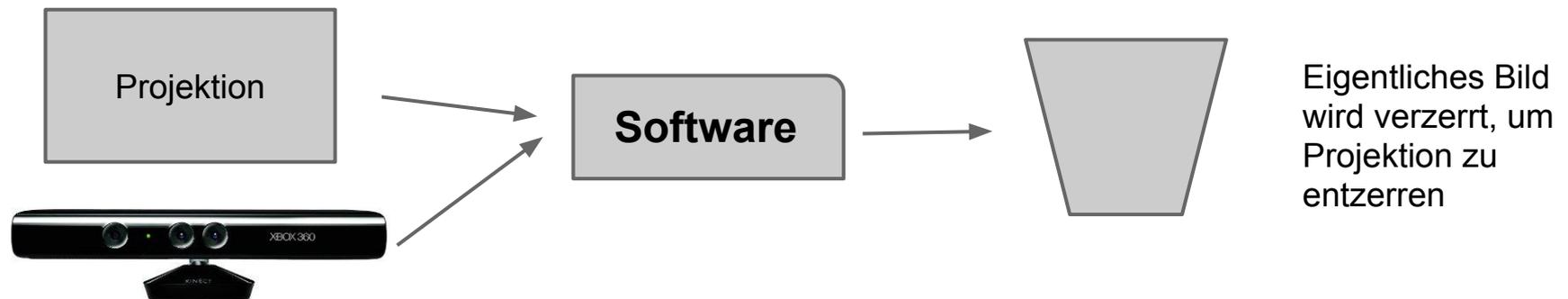
Von Verzerrt zu Entzerrt



zu projizierendes Bild



projiziertes Bild



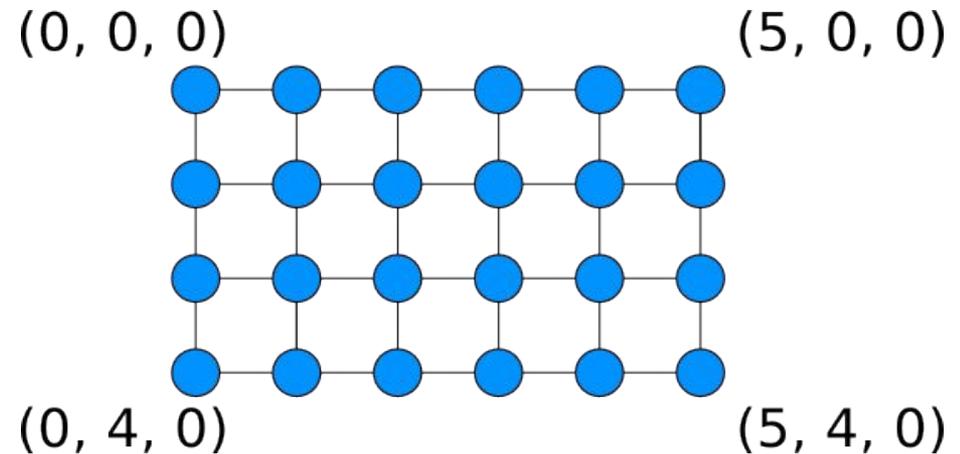
Theoretischer Ansatz

Erstellen eines 3D Models

- 3D Mesh (Gitter) mit einem Gitterpunkt pro Pixel
- Initial mit z-kordinate $z=0$; also $(x, y, 0)$
- 3D Mesh wird an die Oberfläche angepasst, auf die projiziert wird



Projektion: 6 x 4 Pixel groß

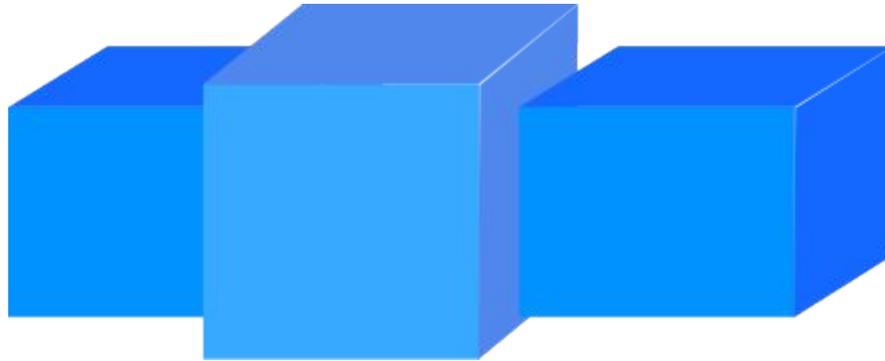


3D Mesh: 6 x 4 Pixel groß

Theoretischer Ansatz

Erstellen eines 3D Models

- 3D Mesh (Gitter) mit einem Gitterpunkt pro Pixel
- Initial mit z-Koordinate $z=0$; also $(x, y, 0)$
- 3D Mesh wird an die Oberfläche angepasst, auf die projiziert wird
- entsprechend der Daten der Kinect



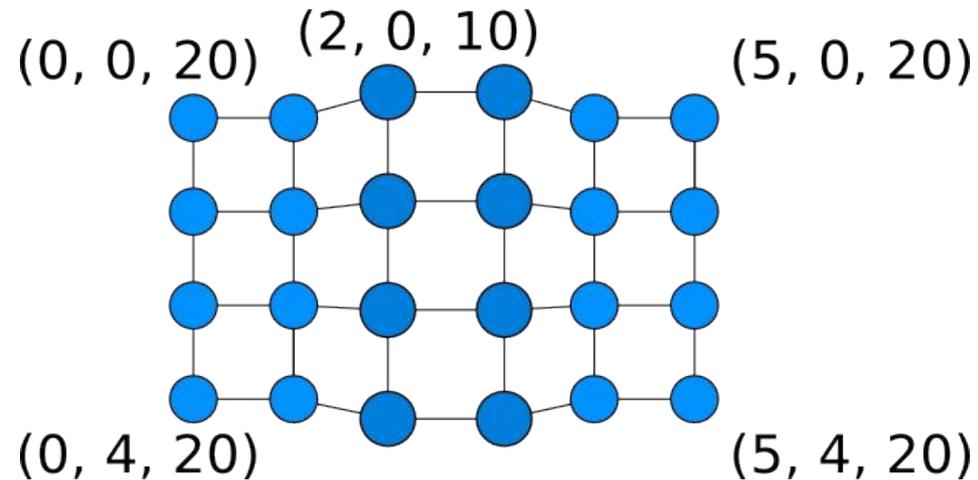
Theoretischer Ansatz

Erstellen eines 3D Models

- 3D Mesh (Gitter) mit einem Gitterpunkt pro Pixel
- Initial mit z-kordinate $z=0$; also $(x, y, 0)$
- 3D Mesh wird an die Oberfläche angepasst, auf die projiziert wird
- entsprechend der Daten der Kinect



Projektion: 6 x 4 Pixel groß



3D Mesh: 6 x 4 Pixel groß

Theoretischer Ansatz

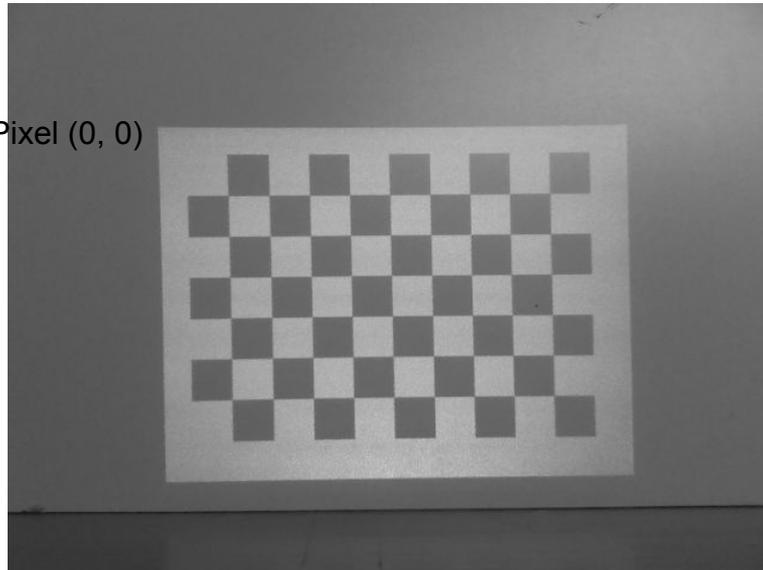
Kamera und Projektor kalibrieren

Problem:

- Kinect-Pixel und Projektor-Pixel werden nicht 1:1 aufeinander abgebildet
Projektor-Pixel (100, 200) passt nicht zu Kinect-Pixel (100, 200)
- Bild von Projektor und Kamerabild sind nicht kongruent

Kamera Pixel (0, 0)

Projektor Pixel (0, 0)



Theoretischer Ansatz

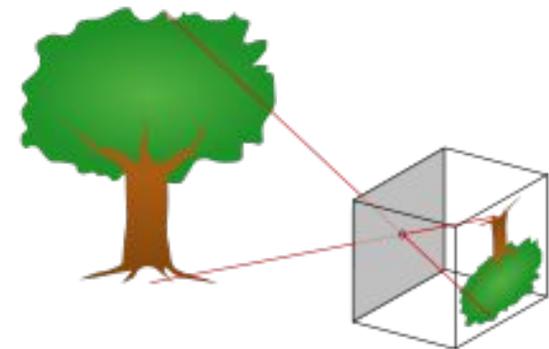
Kamera und Projektor kalibrieren

Problem:

- Kinect-Pixel und Projektor-Pixel werden nicht 1:1 aufeinander abgebildet
Projektor-Pixel (100, 200) passt nicht zu Kinect-Pixel (100, 200)
- Bild von Projektor und Kamerabild sind nicht kongruent

Lösung:

- Lochkamera Modell (pinhole camera model)
Projektorpixel können auf Kamerapixel gemappt werden und umgekehrt

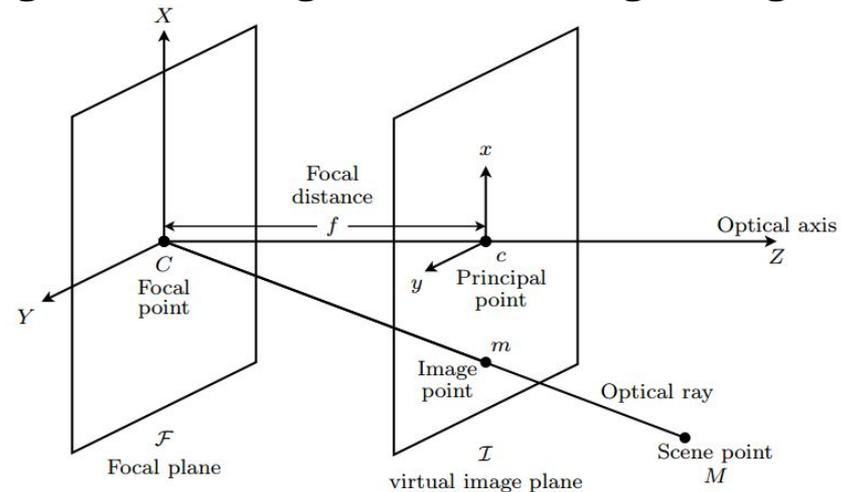


Theoretischer Ansatz

Kamera und Projektor kalibrieren

Lochkamera Modell:

- Ein Punkt im 3D-Raum wird auf eine Bildebene projiziert
- Zentralprojektion
- Verschiedene Parameter:
 - Brennweite, Bildebene, Kameraausrichtung, usw
- Ermöglicht eine eindeutige Abbildung einer 3D Umgebung zu einem 2D Bild



Theoretischer Ansatz

Kamera und Projektor kalibrieren

Problem:

- Kinect-Pixel und Projektor-Pixel werden nicht 1:1 aufeinander abgebildet
Projektor-Pixel (100, 200) passt nicht zu Kinect-Pixel (100, 200)
- Bild von Projektor und Kamerabild sind nicht kongruent

Lösung:

- Lochkamera Modell (pinhole camera model)

Projektorpixel können auf Kamerapixel gemappt werden und umgekehrt

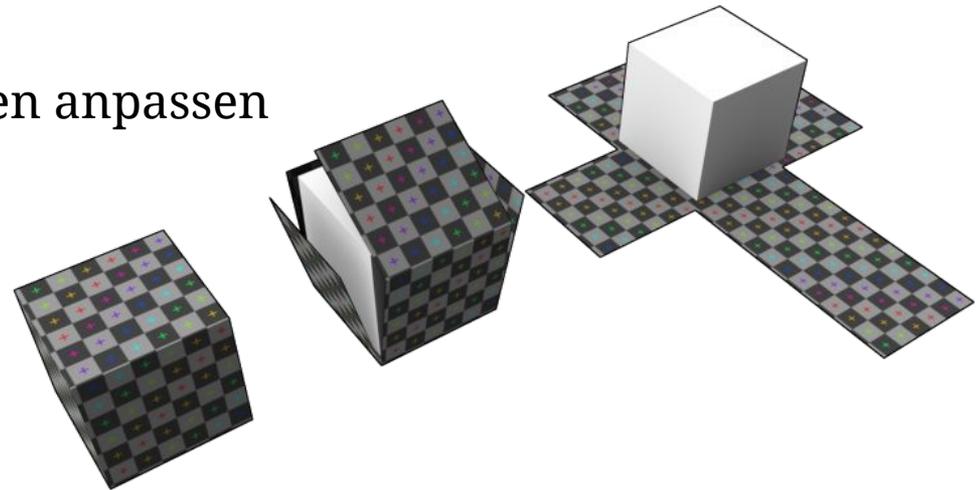
$$s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Theoretischer Ansatz

Entzerren der Projektion

Alles zusammen:

- Projektor pixel auf Kinect pixel mappen
- Tiefendaten für gewähltes Projektorpixel nehmen
- Mesh bezüglich Tiefendaten anpassen
- Texturieren des Meshes
- Kann von Grafikkarte übernommen werden



Theoretischer Ansatz

Entzerren der Projektion

Alles zusammen:

- Projektor pixel auf Kinect pixel mappen
- Tiefendaten für gewähltes Projektorpixel nehmen
- Mesh bezüglich Tiefendaten anpassen
- Texturieren des Meshes
- Kann von Grafikkarte übernommen werden



Implementierung

Prototyp

- Kinect und Projektor sind fixiert nur einmalige Kalibrierung notwendig



Implementierung

Features des Toolkits

- Baut auf XNA auf
 - Xbox, Windows, Windows Phone 7
- Nutzt C#
- Automatische Entzerrung
- Leichtes Einbinden in eine Anwendung (z.B Computerspiel)
 - Automatisches einbinden in den Renderingprozess
 - Schnittstelle zum Zugriff auf das 3D Modells
 - Anwendung kann mit 3D Modell interagieren

Ausblick

- Objekterkennung: beliebige Objekte werden erkannt und entsprechende Informationen eingeblendet
- Umgebungsdaten außerhalb der Projektion können mit einbezogen werden
- Mehrere projektoren zu einem großen zusammenführen
- Optimierung:: Wenn 3D Welt gescannt wurde, wird der Accelerometer zum Entzerren benutzt statt des Tiefensensors

**Vielen Danke für Ihre
Aufmerksamkeit**

Referenzen

Referenzen:

A Semi-Automatic Realtime Calibration Technique for a Handheld Projector (Vinh Ninh Dao, Kazuhiro Hosoi, Masanori Sugimoto - University of Tokyo)

OASIS: Creating Smart Objects with Dynamic Digital Behaviors (Ryder Ziola, Shweta Grampurohit, Nate Landes, James Fogarty, Beverly Harrison)

Illuminating Clay: A Tangible Interface with potential GRASS applications (Ben Piper, Carlo Ratti, Hiroshi Ishii)

StereoBlocks - Constructing Virtual 3D Models with Physical Building Blocks (Ricardo Jota, Hrvoje Benko)

<http://www.research.ibm.com/ed>

Bilder:

<http://static.androidnext.de/samsung-galaxy-beam-1024x681.jpg>

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/54/Keystone.jpg/448px-Keystone.jpg>

<http://www.flickr.com/photos/jeffhoward/2953963426/in/gallery-gregorhofbauer-72157629917914055>

<http://images.amazon.com/images/P/B003H4QT7Y.01.PT03.LXXXXXXXXX.jpg>

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3b/Pinhole-camera.svg/220px-Pinhole-camera.svg.png>

<http://www.mia.uni-saarland.de/Teaching/IPCV11/ipcv11-25.pdf> (M. Mainberger - 2010)

http://opencv.willowgarage.com/documentation/python/_images/math/a7fb9389364911f79ec6fb5067b4b49d60b9940c.png

http://wiki.thedarkmod.com/images/thumb/f/fe/Cube_Representative_UV_Unwrapping.png/800px-Cube_Representative_UV_Unwrapping.png