

# Diplomarbeit



*Tracing von handgezeichneten geometrischen Primitiven*

Fachbereich Informatik, Berner Fachhochschule

2006

Daniel Müller, Fabio Bernasconi  
Betreuer: Dr. J. Boillat, Experte: Prof. Dr. F. Flückiger

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>5</b>
2.1	ANFORDERUNGEN AN DAS SYSTEM AUS DER DIPLOMARBEITAUFGABE.....	5
2.2	BESCHRÄNKUNG DES ZULÄSSIGEN INPUTS .....	5
<b>3</b>	<b>PROJEKTMANAGEMENT</b> .....	<b>6</b>
3.1	PROJEKTFÜHRUNG.....	6
3.1.1	<i>Kurzbeschreibung Scrum</i> .....	6
3.1.2	<i>Konkrete Verwendung in diesem Projekt</i> .....	6
3.2	MILESTONES .....	7
3.2.1	<i>Projektsetup</i> .....	7
3.2.2	<i>Design- und Architekturgrundlagen</i> .....	7
3.2.3	<i>Erkennen von einfachen Linien</i> .....	7
3.2.4	<i>Erkennen von geometrischen Formen, basierend auf Geraden</i> .....	8
3.2.5	<i>Absolventenbuch: Text und Bilder</i> .....	8
3.2.6	<i>Erkennen von Kreisen</i> .....	8
3.2.7	<i>Dokumentation abgeschlossen</i> .....	8
3.2.8	<i>Projektabgabe</i> .....	8
3.3	PROJEKTPLAN.....	9
<b>4</b>	<b>ARCHITEKTUR</b> .....	<b>10</b>
4.1	ANFORDERUNGEN .....	10
4.2	PLATTFORM.....	10
4.3	DESIGN.....	11
4.3.1	<i>Pipeline-Architektur</i> .....	11
4.3.2	<i>Visuelles Debuggen</i> .....	11
4.3.3	<i>Aspektororientierte Programmierung</i> .....	11
<b>5</b>	<b>LÖSUNGSANSATZ - TRACING</b> .....	<b>13</b>
5.1	IDEE, VORGEHENSWEISE .....	13
5.2	ALGORITHMEN .....	13
5.2.1	<i>Tracing</i> .....	13
5.2.2	<i>Erkennen von geometrischen Objekten</i> .....	17
5.3	LIMITATIONEN .....	18
5.4	VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN .....	18
5.5	WIESO DIESER LÖSUNGSANSATZ NICHT WEITERVERFOLGT WURDE .....	18
<b>6</b>	<b>LÖSUNGSANSATZ - SHAPESHIFTING</b> .....	<b>19</b>
6.1	ERKENNEN VON LINIEN UND KURVEN .....	19
6.1.1	<i>Hough-Transformation</i> .....	19
6.1.2	<i>Auffinden der lokalen Maxima</i> .....	20
6.1.3	<i>Detektion von Endpunkten</i> .....	21
6.1.4	<i>Endpunktdetektion und lokale Maxima</i> .....	22
6.1.5	<i>Probleme</i> .....	22
6.2	BILDSEGMENTIERUNG .....	23
6.2.1	<i>Auffinden von Bildregionen</i> .....	23
6.2.2	<i>Datenstruktur der Bildsegmentierung</i> .....	24
6.2.3	<i>Probleme</i> .....	24
6.3	INPUTBEREINIGUNG.....	25
6.3.1	<i>Konvertierung zum Graustufenbild</i> .....	25
6.3.2	<i>Bereinigung von schwach gezeichneten Linien</i> .....	25
6.3.3	<i>Konvertierung zu Binärbild</i> .....	25
6.4	VOLLSTÄNDIGER ABLAUF DER PIPELINE.....	26
6.5	SCHWÄCHEN UND LIMITATIONEN .....	26
6.6	VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN .....	26
6.6.1	<i>Bessere Endpunktdetektion</i> .....	26
6.6.2	<i>Generische Hough-Transformation</i> .....	26
6.6.3	<i>Einbezug von Farbinformationen</i> .....	27

<b>7</b>	<b>ERFAHRUNGSBERICHT</b> .....	<b>28</b>
7.1	SACKGASSEN.....	28
7.2	ARCHITEKTUR.....	28
7.3	IMAGEJ.....	28
7.4	VIELE MÖGLICHKEITEN .....	29
7.5	ZIELERREICHUNG .....	29
7.5.1	<i>Soll-ist-Vergleich der Projektziele</i> .....	29
<b>A.</b>	<b>SPRINTS</b> .....	<b>30</b>
A.1	SPRINT PRODUCTBACKLOGS.....	30
A.1.1	<i>Sprint 1</i> .....	30
A.1.2	<i>Sprint 2</i> .....	31
A.1.3	<i>Sprint 3</i> .....	32
A.1.4	<i>Sprint 4</i> .....	33
A.1.5	<i>Sprint 5</i> .....	34
A.1.6	<i>Sprint 6</i> .....	35
A.1.7	<i>ProductBacklog am Ende von Sprint 6</i> .....	36
<b>B.</b>	<b>TESTSETS</b> .....	<b>37</b>
B.1	EINFACHE TESTBILDER .....	37
B.2	MITTELSCHWERE TESTBILDER .....	39
B.3	SCHWERE TESTBILDER .....	42
<b>C.</b>	<b>BENUTZERDOKUMENTATION</b> .....	<b>45</b>
C.1	AUSFÜHREN DER APPLIKATION.....	45
C.2	ECLIPSE SETUP UND QUELLTEXTE .....	45
C.3	JAVADOC.....	45
<b>D.</b>	<b>ORIGINALE DIPLOMARBEITAUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>46</b>
<b>E.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>48</b>
<b>F.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>49</b>

## 1 Einleitung

Die tägliche Interaktion des Menschen mit dem Computer ist heute nahezu auf Maus und Tastatur beschränkt. Diese bezeichnet man als Onlinemedien, weil zu den Daten des Mediums auch die zeitliche Dimension analysiert werden kann. Im Gegensatz dazu werden Scanner, Digital-Kamera und ähnliche Eingabegeräte als Offlinemedien bezeichnet. Der Stift als Zeichen- und Schreibwerkzeug wird heute nur bei der interaktiven Benutzung des Computers eingesetzt, als Offlinemedium wird er kaum verwendet, obwohl er nebst den offensichtlichen Nachteilen auch einige Vorteile gegenüber der Onlinevariante aufweist (der Mensch ist nicht durch ein künstliches Eingabegerät eingeschränkt und die Eingabe muss nicht zum selben Zeitpunkt wie die Analyse stattfinden).

Die Analyse von Photographien von Handzeichnungen und die nachträgliche Zuordnung der Elemente zu geometrischen Formen ist für den Computer eine schwierige Aufgabe. Im Gegensatz zum menschlichen Gehirn, das spezialisiert ist auf das Erkennen von Mustern und Ähnlichkeiten in der Sinneswahrnehmung, hat der Computer grundsätzlich keine Möglichkeit Bildelemente zu erkennen und zu klassifizieren. In dieser Diplomarbeit wurden Möglichkeiten zur Bildanalyse von handgezeichneten Primitiven erarbeitet.

## 2 Aufgabenstellung

In dieser Diplomarbeit soll ein System zum Erkennen von handgezeichneten geometrischen Primitiven in digitalen Fotografien entwickelt werden. Dabei standen die folgenden Aspekte im Vordergrund

- Es müssen Algorithmen zur Analyse gefunden oder entwickelt werden, welche die Analyse von fotografierten handgezeichneten geometrischen Formen ermöglichen. Die Algorithmen müssen entweder in der bestehenden Literatur beschrieben sein oder selber entwickelt werden. Bei Eigenentwicklungen ist der Algorithmus selber genau zu dokumentieren und seine Eigenschaften in Bezug auf seinen Einsatz in diesem Projekt aufzuzeigen.
- Falls während der Entwicklung eines Algorithmus oder Ansatzes Probleme auftreten, welche die Weiterentwicklung sinnlos machen, ist der Ansatz zu dokumentieren und die Gründe für das Scheitern müssen beschrieben werden.
- Zur Exploration der verschiedenen Ansätze muss ein System entwickelt werden, das ein schnelles Ausprobieren von unterschiedlichen Ansätzen ermöglicht und den besten gefundenen Ansatz implementiert.
- Das System sollte es ermöglichen, verschiedene komplett implementierte Algorithmen gegeneinander zu vergleichen. Der Vergleich wird durch einen Menschen durchgeführt.

### 2.1 Anforderungen an das System aus der Diplomarbeitaufgabe

Die folgende Liste von Muss- und Kann-Zielen wurde in der Aufgabenstellung der Diplomarbeit aufgeführt:

Muss Ziele:

- Tracing (Vektorisieren) von Aufnahmen (Rasterformat: JPEG, BMP etc.) von Fotografien. Die Fotografien sind Aufnahmen einfacher geometrischer Formen (Kreis, Quadrat oder Dreieck) auf einem uniformen Hintergrund.
- Erkennen einfacher geometrischer Formen (Kreis, Quadrat, Dreieck).

Kann Ziele:

- Erkennen komplexerer Formen (Polygone, Pfeile).
- Erkennen von Überlagerungen mehrerer Objekte.
- Überführen handgezeichneter Formen in ihre entsprechende geometrische Form.
- Erkennung trotz hindernder Elemente in der Fotografie (Spiegelungen, Verdeckungen, Artefakte entlang des Bildrandes).

### 2.2 Beschränkung des zulässigen Inputs

Um die Problemstellung auf das Erkennen der Skizzen von geometrischen Figuren zu einzuschränken, gelten die folgenden Anforderungen an die zu analysierenden Bilder:

- Auf der Fotografie befinden sich nur geometrische Formen,
- der Hintergrund ist uniform und
- die Aufnahmen wurden im rechten Winkel zur Oberfläche aufgenommen.