

# Automatisierte Analyse und Klassifikation von Zeichnungen und Gemälden

## Automated Analysis and Classification of Drawings and Paintings

Peter Gerl

Mathematisches Institut der Universität Salzburg  
Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg

Tel: Österreich-0662-8044-5304, E-mail: peter.gerl@sbg.ac.at

Reinhold Huber

Advanced Computer Vision GmbH – ACV, Tech Gate Vienna  
Donau-City-Straße 1 / 4. Stock, A-1220 Wien

E-mail: reinhold.huber@acv.ac.at

Carola Schönlieb

Mathematisches Institut der Universität Salzburg  
Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg

E-mail: carola.schoenlieb@sbg.ac.at

Kung-Chieh Wang

Mathematisches Institut der Universität Salzburg  
Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg

E-mail: kung.wang@sbg.ac.at

### Zusammenfassung:

Das zentrale Thema dieses Projektes ist das Studium von Gemälden und Zeichnungen (kurz als Bilder bezeichnet). Liegt so ein Bild digitalisiert vor, dann können wir beschreibende Parameter für verschiedene Eigenschaften wie Farben, Formen usw. bestimmen. Das bezeichnen wir als Bildanalyse. In einem weiteren Schritt interessieren wir uns für spezielle Formen, wie z.B. Menschen, Gesichter und in Zusammenhängen zwischen den einzelnen Formen in einem Bild. Das nennen wir Bildinterpretation. Diese beiden Aspekte führen mithilfe von künstlichen neuronalen Netzen zu einer Klassifizierung der Bilder in verschiedene Kategorien, wie z.B. nach Künstler, Technik oder Thema. Ein genaueres Studium der verwendeten neuronalen Netze liefert mit Hilfe von Regelextraktion neue und explizite Informationen über ein Bild. Alle diese Aufgaben sollen möglichst automatisch ablaufen.

### Abstract:

The main theme of this project is the study of paintings and drawings (we refer to paintings and drawings as images) produced by human artists. If such an image exists in digitised form, we can compute descriptive parameters for various properties like colours, shapes, etc. This initial step will be called image analysis. In a subsequent step we will be interested in several specific types of shape, e.g. human bodies, faces, and in interrelations between different objects contained in the image. This processing step is termed image interpretation. These two aspects, combined with artificial neural networks, lead to a classification of images into various categories, e.g. with respect to artist, technique, theme. Studying the underlying neural networks will provide us, through a rule extraction, with new and explicit information about an image. All these tasks, image analysis, image interpretation, classification and rule extraction, should ideally be performed automatically without any or only little human interaction.

## 1. Einleitung

Hauptthema dieses Projekts ist das Studium von Zeichnungen und Gemälden (im weiteren kurz Bilder genannt), die von Künstlern (händisch) geschaffen wurden. Ziel ist die Klassifikation der Bilder einer Sammlung nach ihrem Künstler (bzw. aus einer Sammlung die Bilder eines Künstlers herauszusuchen).

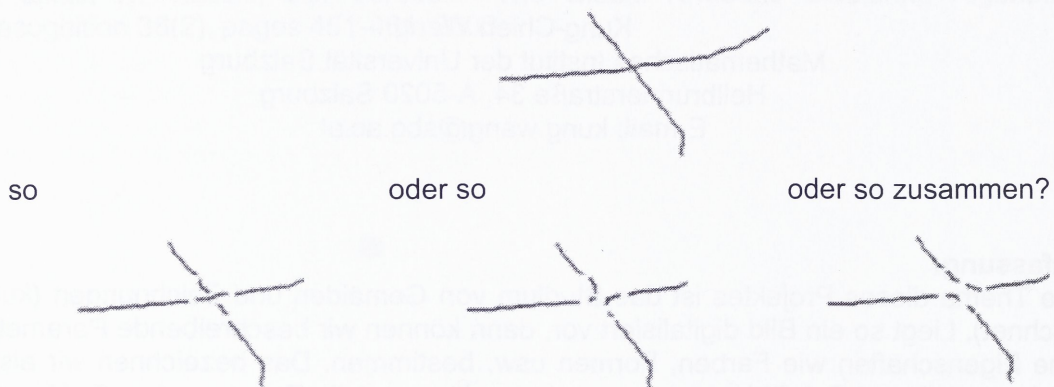
Es handelt sich hier um ein interdisziplinäres Projekt, wo Ideen und Methoden der Kunstgeschichte, der Informatik, der Mathematik und der Psychologie verwoben werden

## 2. Methode

Liegt so ein Bild in digitalisierter Form vor, dann werden zunächst verschiedene beschreibende Größen (wie etwa Farben, Formen, Linien und Linienstrukturen, Texturmuster, Malmaterial usw.) für das ganze Bild gemessen (= *globale Bildanalyse*). In einem weiteren Schritt suchen wir nach lokalen Eigenschaften, wie z.B. typische Linien oder Formen in einem Bild (= *lokale Bildanalyse*). Linien werden hinsichtlich Richtungen, Richtungsverteilungen, Gekrümmtheit, Glattheit usw. untersucht; bei Formen studieren wir die Gestalt der Form, wo sie im Bild liegt, wieviele ähnliche Formen im Bild vorkommen und wie sie ausgefüllt (homogen, Muster, Textur usw.) ist.

Ein schwieriges Problem stellt bereits die (automatische) Extraktion einer Linie aus einem Bild dar, da Linien selten isoliert sind, sondern sich meistens mit anderen schneiden.

Gehören die Linien in diesem Bild



Formen sind in Bildern noch viel problematischer, da jeder Künstler sein eigenes Repertoire hat; somit ist zunächst überhaupt nicht klar, nach welchen Formen gesucht werden soll. In Bildern verschiedener Künstler gibt es wenig einheitliche Formen (wesentlich einfacher ist z.B. die Analyse von Schriften, da hier von vornherein bekannt ist, welche Symbole vorkommen können; das gleiche gilt für Bilder in der Medizin).

Danach suchen wir, soweit möglich und sinnvoll, nach ganz bestimmten Formen, wie z.B. menschliche Körper, Gesichter, Tiere und deren Beziehung untereinander (= *Bildinterpretation*). Diese erwähnten Aspekte werden kombiniert und weiter über ein neuronales Netzwerk verarbeitet; damit ergibt sich dann eine *Klassifikation* der Bilder in verschiedene Kategorien, wie z.B. nach Künstler, nach Technik, nach Thema usw. Ein genaueres Studium des verwendeten neuronalen Netzwerks ergibt dann über *Regelextraktion* neue und explizite Informationen über ein Bild. Alle diese Aufgaben: Bildanalyse, Bildinterpretation, Klassifikation und Regelextraktion sollten idealerweise möglichst automatisiert ablaufen.

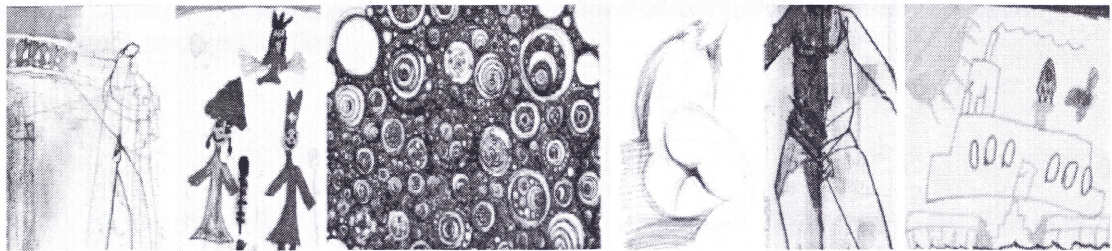
Natürlich soll die vom Computer durchgeführte Interpretation und Klassifikation die menschliche Wahrnehmung berücksichtigen; diese beruht nach Arnheim [Arn] ganz wesentlich auf Form (inklusive der Linienstruktur in einem Bild) und Farbe (enthält auch Texturmuster). Allerdings ist es schwierig, die Verarbeitung von Sinneseindrücken durch das menschliche Gehirn auf einem Computer nachzuahmen; vor allem deshalb, weil die Verarbeitung durch das Gehirn bis heute noch kaum verstanden wird. Außerdem läuft die Identifikation eines Bildes so schnell ab, daß gar nicht klar ist, was da alles im Gehirn untersucht oder verglichen wird.

### 3. Innovative Aspekte diese Projekts

- automatisierte Messungen und Auswahl wichtiger Eigenschaften (wie zB. Farben, Formen, Linien und Linienstrukturen, Texturmuster, Malmaterial), die den visuellen Eindruck eines Bildes wiedergeben
- automatisiertes Finden gewisser Formen in einem Bild (wie zB. menschliche Körper, Gesichter, Tiere) und Studium ihrer Beziehungen untereinander
- Identifikation des Malstils eines Künstlers (so, daß seine Bilder erkannt werden); hier wird eine gründliche Analyse der in einem Bild vorhandenen Linien durchgeführt (globaler und lokaler Verlauf, Duktus, Qualität usw.), denn so wie die Handschrift typisch für einen Menschen ist, so ist die Linienführung in einem Bild typisch für einen Künstler. Das Gleiche gilt für das Ausführen von typischen Formen (flächigen Objekten) eines Künstlers.
- Verwendung neuronaler Netzwerke zur Klassifikation von Bildern nach gewissen Aspekten (Künstler, Technik, Thema)
- Extraktion von expliziten Regeln aus den verwendeten neuronalen Netzwerken

### 4. Gegenwärtiger Projektstand

Zur Durchführung des Projekts wurden jeweils 30-40 Bilder von insgesamt 14 zeitgenössischen Salzburger Künstlern verwendet. Einige Beispiele dieser Bilder:



Diese Bilder wurden mit Hilfe eines Scanners digitalisiert; das ergibt schon erste Probleme, da verschiedene Maluntergründe (wie zB. Packpapier) eine reiche Strukturierung aufweisen, die durch das Skannen noch verstärkt wird und trotzdem nicht zu abgeleiteten Eigenschaften des Bildes verwendet werden soll. Hier sind also verschiedene Vorverarbeitungsschritte notwendig.

Im weiteren wurden zunächst eine Reihe globaler (im wesentlichen statistische) Eigenschaften gemessen, und zwar für verschiedene abgeleitete Bilder (wie zB. Kanten-, Sättigungs-, Gradientenbild). Interessanterweise erlauben schon diese globalen Eigenschaften (nur zwei bis vier) eine recht gute Klassifikation der Bilder nach dem Künstler. Die Erfolgsquote liegt bei etwa 70 %.

Zur Zeit sind wir dabei, Linien und Formen in einem Bild zu studieren (wie kurz in 3. beschrieben). Gute Größen für den Verlauf einer Linie sind Richtungshistogramme (für ein Skelett), Krümmungseigenschaften, Verteilung von extrem hellen bzw. extrem dunklen Linienpunkten, (invariante) Momente sowie fraktale Dimension (kann gute Information für Bilder liefern, siehe [TMJ]). Untersucht werden soll noch die in einer Linie enthaltene Feinstruktur, hierfür eignen sich gut Cooccurrence-Methoden, Fourier-Analyse, Autokorrelation, eventuell auch Texturmasken.

Die folgenden Publikationen beschäftigen sich mit einer ähnlichen Thematik [HeP] und [KaP] (uns erst seit Ende 2002 bekannt), [KrL], [SKZ], [Wid].

### 5. Ausblick

In den nächsten Monaten sollen neuronale Netzwerke eingesetzt werden (ab Herbst/Winter 2003), die dann hilfreich sein werden bei der Beschreibung des Malstils eines Künstlers.

Weitere Projekte sind in Vorbereitung: Analyse der Malmaterialien und des Untergrundes eines Bildes, Analyse von Linien und Liniensystemen in einem Bild, Generierung von Bildern in einem bestimmten Stil (zB. wie van Gogh).

## 6.Literatur

- [Arn] R.Arnheim. Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye. University California, London, 1974
- [HeP] H.J.van den Herik, E.O.Postma: Discovering the visual signature of painters. In Future Directions for Intelligent Systems and Information Sciences (ed. N.Kasabov), Springer-Verlag (2000)
- [KaP] A.Kalton, G.Parker: Art Critic (CS229 final project). [www.sealiesoftware.com/artcritic](http://www.sealiesoftware.com/artcritic) (2002?)
- [KrL] S.Kröner, A.Lattner: Authentication of Free Hand Drawings by Pattern Recognition Methods. [http://www.informatik.uni-bremen.de/~adl/publications/kroener98\\_icpr.pdf](http://www.informatik.uni-bremen.de/~adl/publications/kroener98_icpr.pdf)
- [SKZ] R.Sablatnig, P.Kammerer, E.Zolda: Hierarchical Classification of Paintings Using Face- and Brush Stroke Models. In Proceedings of ICPR, pages 172-174, Brisbane, Australia, August 1998.
- [TMJ] R.Taylor, A.P.Micolich, D.Jonas: Fractal Expressionism. Physics World, Oct.1999
- [Wid] I.Widjaja: Identifying Painters From Color Profiles of Skin Patches in Painting Images. Thesis. National University of Singapore. 2003

Eine ausführliche Darstellung zu diesem Projekt (gefördert vom FWF (= Fonds für wissenschaftliche Forschung in Österreich) für die Zeit 2002 – 2004) findet man unter [www.sbg.ac.at/mat/staff/gerl/projekt/page.html](http://www.sbg.ac.at/mat/staff/gerl/projekt/page.html)