

Computerunterstützte Klassifizierung von
Portraitminiaturen
Primitivadetektion und Strukturbestimmung

Paul Kammerer

Abstract

A computer supported classification of portrait miniatures is based on the detection of its primitives that are stroke and spot of a brush. A model of a stroke of a brush is defined. According to the model a method for the detection of primitives of portrait-miniatures is developed. The second part of the planned work deals with the determination of the primitives structure which is typical for an artist.

30. November 1994

Computerunterstützte Klassifizierung von Portraitminiaturen Primitivadetektion und Strukturbestimmung

Paul Kammerer

Abstract

Eine computerunterstützte Klassifizierung von Portraitminiaturen basiert in erster Linie auf der Detektion der Primitiva Pinselstrich und Pinselpunkt (Pinseltupfer). Über die Modellbildung eines Pinselstriches gelangt man zu einer Methode, die für eine Primitivadetektion auf Portraitminiaturen geeignet ist. Die detektierten Primitiva weisen eine für den Künstler typische Struktur auf, deren Bestimmung den zweiten Teil der Arbeit umfaßt.

1 Einleitung

Eine Sammlung von 586 Portraitminiaturen, die sich im Besitz des Bundesmobiliendepots befindet, soll kunsthistorisch erfaßt werden. Die Miniaturen zeigen Portraits des österreichischen Herscherhauses die zum Großteil in einem Zeitraum von 50 Jahren, von 1750 bis 1800 entstanden sind.

Für das Projekt zur kunsthistorischen Erfassung der Miniaturen soll dem Kunsthistoriker ein technisches Hilfsmittel zur objektiven Analyse von Portraitminiaturen bereitgestellt werden. Ein Aufnahme- und Erkennungssystem soll entwickelt werden, das diese Kunstwerke rechnergestützt erfaßt und eine Grundlage zur Automatischen Klassifikation bildet.

Die Methodik der Klassifikation beruht auf zwei Standbeinen:

1. Der Primitivadetektion und Strukturbestimmung
2. Farbtransformation und Farbstatistik

Dieser Report beschreibt ausschließlich die Problemstellung für den Bereich Primitivadetektion und Strukturbestimmung. Für den Bereich Farbraumtransformation und Farbstatistik wird auf den TR-36 verwiesen.

Kapitel 2 gibt einen kurzen Überblick zum Thema Portraitminiaturen. Dabei wird insbesondere auf die für die Miniaturmalerei charakteristische Maltechnik eingegangen. In Kapitel 3 wird die Problemstellung detaillierter beschrieben. Dabei werden die Probleme die bei der Primitivadetektion auftreten und die Problemstellung bezüglich einer Strukturanalyse behandelt. In Kapitel 4 werden schließlich Lösungsansätze für beide Problemstellungen angeboten. Die Zielsetzungen der Diplomarbeit sowie eine Literaturliste bilden den Abschluß des Reports.



Abb. 1 Damenbildnis, Aquarell auf Elfenbein, 9,8 x 7 cm, signiert, Moritz Michael Daffinger (1790-1849 Wien)*

* Die in den Abbildungen dargestellten digitalen Bilder von Portraitminiaturen bzw. Ausschnitte von Portraitminiaturen entstanden durch Einscannen von Fotografien der Original - Portraitminiaturen.

2 Portraitminiaturen

Der Begriff der Miniatur ist nicht eindeutig bestimmt. Am ehesten ist die Definition von H. Leporini anzuwenden: "Unter einer Bildnisminiatur versteht man ein in kleinem Format und in besonderer Technik gemaltes Portrait, das im Gegensatz zum repräsentativen Bildnis in die Hand genommen und aus der Nähe betrachtet sein will." [KEI77]

Die Maltechnik.

Charakteristisch für die Miniaturmalerei ist sowohl die besondere Maltechnik als auch der verwendete Malgrund. Für die zu untersuchenden Miniaturen wurde Elfenbein eingesetzt. Elfenbein als Malgrund findet seine erste Verwendung zu Beginn des 18. Jahrhunderts. Im Laufe der Zeit wurde sowohl die Bearbeitungstechnik als auch die Malweise verändert. Anfänglich wurden Deckfarben verwendet, die auf eher kleine und dick geschnittene Elfenbeinplättchen (ca. 3-4 cm) aufgetragen wurden. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts begannen die Maler, die Farbe des gelblichen Elfenbeins in die Gestaltung des Bildes miteinzubeziehen. Für die Platzierung des Kopfes einer Portraitminiatur wählte der Künstler stets die beste und reinste Stelle des Elfenbeins aus (Abb. 2). Die Malweise änderte sich von der deckenden zur "Punktmanier", d.h. die Farben wurden punktförmig nebeneinandergesetzt, und zu einer Technik in der die Portraits in Parallellinien oder Kreuzschraffuren gemalt wurden. Man verwendete nun anstelle der Deckfarben Aquarellfarben, die mittels eines sehr feinen Pinsels in kurzen Strichen oder Punkten, je nach Malweise des Künstlers, aufgetragen werden [BEC0J][WIN79].

Diese aufgrund der Dimensionen der Miniaturen sehr eingeschränkte Malweise stellt eine wichtige Voraussetzung dar, um Methoden der Mustererkennung anwenden zu können.

Der Malstil eines Künstlers

Ein angehender Künstler eignet sich während eines Lernprozesses bestimmte Schemata an. Dies äußert sich, übertragen auf die Portraitminiaturen, unter anderem auf die Art und Weise, wie die Punkte oder Striche gesetzt werden. Es gibt Künstler, die die Portraits in Punktmanier malen. Andere wiederum gestalten ihre Miniaturen mit längeren Pinselstrichen in Parallellinien oder Kreuzschraffuren oder Kombinationen beider. Sobald der Künstler eine bestimmte Technik entwickelt und sich angeeignet hat, verändert er diese später prinzipiell nicht mehr. Überlegungen zu dem Problem der Konventionen im künstlerischen Schaffensprozeß wurden in [GOM78] angestellt.



Abb. 2 Gesichtsausschnitt aus einer Portraitminiatur von Anreiter

Aussagen der Kunstgeschichtler

Eine weitere Stütze für die zu entwickelnden technischen Verfahren, liefern Aussagen, die von den Kunstgeschichtlern gemacht werden und sich aus der Zusammenarbeit zwischen Kunstgeschichte und Technik ergeben.

Diese betreffen zum einen die Maltechnik. Dabei sollen Detailfragen wie z.B. "Wie ändert sich die Farbe während des Malens eines Striches?" oder "Welche Veränderungen der Farben ergeben sich bei einer parallelen oder kreuzenden Anordnung von Strichen?" geklärt oder mittels durchzuführenden Malversuchen untersucht werden.

Entscheidend sind auch jene Aussagen über die Art und Weise, wie Portraitminiaturen miteinander verglichen bzw. unterschieden werden können. Sie liefern die Grundlage für eine automatisierte Klassifikation. Daher müssen Fragen wie "Welche Striche sind charakteristisch?" , "Welche Gesichtsregionen spielen bei der Unterscheidung eine wichtige Rolle?", usw. geklärt werden und gegebenenfalls experimentell bestimmt werden.

3 Problemstellung

Aus den obigen Aussagen über Maltechnik und Malstil eines Künstlers kann eine nähere Definition der Problemstellung für die Technik abgeleitet werden. Der Malstil stellt das wichtigste Kriterium für eine mögliche Unterscheidung einzelner Künstler dar. Der Malstil ist zum einen durch die verwendeten Farben und die Art und Weise wie er diese einsetzt charakterisierbar, zum anderen welcher Primitiva er sich bedient, d.h. ob er eher in Form von Pinselstrichen oder -punkten malt, und wie er diese plaziert.

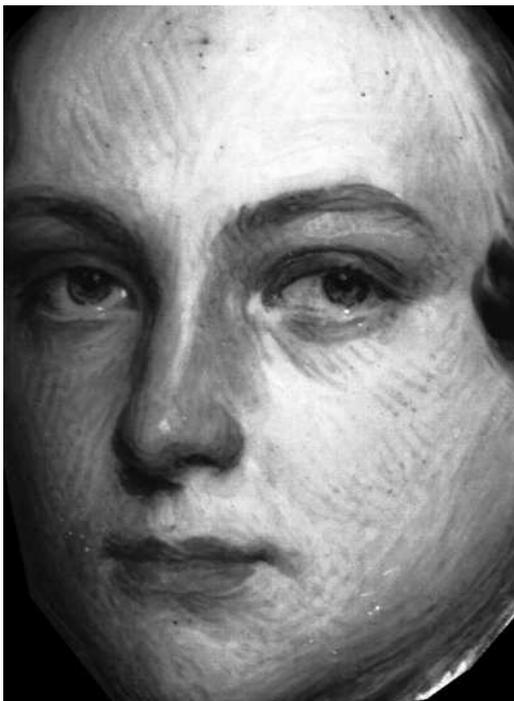


Abb. 3 Männerbildnis, Karl von Saar, Wien 1797 - 1853, signiert, entstanden, ~ 1830 - 1835



Abb. 4 Damenbildnis, Amélie d'Aubigny, Paris 1795-1861, signiert

In Abb. 3 und Abb. 4 sind 2 Gesichtsausschnitte zweier verschiedener Portraitminiaturen zu sehen. Im Männerbildnis von Karl von Saar Abb. 3 läßt sich erkennen, daß der Maler das Gesicht mittels Pinselstrichen anlegte im Gegensatz zum Damenbildnis von Amélie d'Aubigny, das in Punktmanier gemalt wurde.

Wie der Name Portraitminiatur schon verrät, liegt der Schwerpunkt bei dieser Art von Malerei, in der Darstellung des Gesichts. Der künstlerische Ausdruck spiegelt sich daher auch am besten in diesem Körperteil wider. Somit erweist es sich als sinnvoll, den Gesichtsbereich als Vergleichsbasis für die einzelnen Miniaturen zu verwenden.

Die dem Miniaturenkünstler als Gestaltungsmittel zur Verfügung stehenden Primitiva Pinselstrich und Pinseltupfer oder Pinselpunkt werden mit dem selben Werkzeug, dem Pinsel erzeugt. Dieser legt die Breite eines möglichen Striches und Punktes fest. Daher ist es naheliegend, Punkte als Sonderfall von Strichen aufzufassen, da sich diese in ihrer geometrischen Form nur in der Länge unterscheiden. In weiterer Folge wird deshalb nur von Pinselstrichen gesprochen.

Um dem Ziel einer automatischen Klassifikation näher zu kommen, gilt es in einem ersten Schritt eine Vorgehensweise festzulegen, mit der die Striche detektiert werden können.

Primitivadetektion

Wie in Abb. 2 und Abb. 3 zu sehen ist, setzen sich Pinselstriche in einem Grauwertbild aufgrund ihrer Helligkeitsunterschiede vom angrenzenden Hintergrund ab. Die Ränder der Pinselstriche stellen somit Kanten dar, die mittels eines Kantenoperators detektiert werden können. In der Fachliteratur werden eine große Anzahl von Kantenoperatoren vorgestellt. Als Beispiele seien angeführt: Roberts-Gradient [BOW92], Sobel Operator [DAV84], Laplaceoperator [SHI87], Zerocrossing [HAR91, MAR80], Canny Kantendetektor [HAR91].

Bei näherer Betrachtung (siehe Abb. 5) wird jedoch deutlich, dass eine derartige Vorgehensweise auf Probleme stoßen könnte.

Als Gründe dafür können folgende Punkte angegeben werden:

- Die Striche heben sich in vielen Bereichen nur schwach vom Hintergrund ab. Die Pinselstriche wurden teilweise vom Künstler absichtlich so angelegt, daß die Konturen der Striche verschwinden um damit gleichmäßige Flächen zu modellieren. Es kann auch zu Vermischungen der Pinselfarbe mit der Untergrundfarbe kommen.
- Die Strichfläche ist keine farblich homogene Fläche. Ursache dafür ist, daß während die Striche auf den Malgrund aufgetragen werden, der Pinsel an Farbe verliert. Dies äußert sich durch verschiedene Intensitäten der Farbe innerhalb eines Striches.
- Falls der Künstler mit Kreuzschraffuren arbeitet, überkreuzen sich die Pinselstriche. Es kommt zu Überlagerungen in der Farbe und die Struktur des Pinselstriches wird schwerer erkennbar.



Abb. 5 Ausschnitt (rechte Wange unterhalb der Auges) aus Abb. 3 in zweifacher Vergrößerung

Strukturbestimmung

Die Strukturbestimmung geht davon aus, daß jeder Künstler die Striche auf eine für ihn charakteristische Weise ins Bild setzt. Anschließend an die Primitivadetektion sollen strukturelle Zusammenhänge zwischen den detektierten Primitiva ermittelt werden. Dabei spielt die Partitionierung des Gesichtes in einzelne Partien eine wichtige Rolle. Eine Augenpartie

wird vom Künstler anders modelliert als z.B. die Nasenpartie. Eine Unterscheidung der Miniaturen kann daher auf globaler Basis als auch auf Basis der einzelnen Partien durchgeführt werden. Dies bedeutet im globalen Fall, daß strukturelle Zusammenhänge des gesamten Gesichtsausschnittes herangezogen werden (z.B. Anzahl von parallelen Strichen). Im anderen Fall werden diese Vergleiche innerhalb von Gesichtspartien durchgeführt.

Es soll auch geklärt werden, in wie weit man alleine aus der Struktur der Primitiva Aussagen über die Identität des Künstlers erzielen kann. Dieser Problembereich muß in Zusammenarbeit mit dem Kunstgeschichtler erarbeitet werden.

4 Lösungsansätze

Aufnahme der Portraitminiaturen

Für die Aufnahme erster Miniaturen stehen 2 Alternativen zur Verfügung:

1. Anfertigen einer Farbfotografie und anschließendes Einscannen via Farbscanner
2. Aufnahme der Portraitminiaturen mit einer Farb-CCD-Kamera und Framegrabber

Die Auswahl der Methode wird sich nach der Verfügbarkeit von original Portraitminiaturen richten. Für erste Versuche stehen Farbfotografien von einzelnen Miniaturen zur Verfügung.

Primitivadetektion

Die Primitivadetektion wird vorerst auf solche Striche eingeschränkt, die auch vom menschlichen Betrachter als solche erkannt werden. Diese sollten sowohl vom Laien, sprich Techniker als auch vom Experten, sprich Kunstgeschichtler bestimmt werden. Damit soll auch aufgezeigt werden, ob bei der Bestimmung der Striche ein eventueller Unterschied zwischen Laien und Experten feststellbar ist.

Wie schon in Abschnitt 4 dargestellt wurde, muß für eine Strichdetektion mehr Wissen über die gesuchten Objekte in den Detektionsablauf eingebracht werden. Dieses Wissen kann durch die Definition eines Modell eines Pinselstriches formalisiert werden. Die Merkmale, die einen Pinselstrich auszeichnen, entsprechen den Parametern für das Strichmodell. Folgende Parameter können für die Charakterisierung eines Pinselstrich herangezogen werden:

a) Formmerkmale

- Breite eines Pinselstriches
- Länge eines Pinselstriches
- Krümmung eines Pinselstriches

b) Farbmerkmale

- mittlerer Grauwert
- Grauwertverteilung
- Aufsetzpunkt
- Absetzpunkt

c) Positionsmerkmale

- bevorzugte Richtung in bestimmten Gesichtspartien

Die Formparameter müssen, da keine automatische Detektion vorhanden ist, manuell bestimmt werden. Die weiteren Parameter lassen sich daraus berechnen.

Wenn die Definition des Modells feststeht, können Methoden gesucht werden, um die Striche mit Hilfe des Modellwissens zu detektieren. Diese können z.B. im Bereich der morphologischen Operatoren liegen [SER82]. Eine Andere Möglichkeit besteht in der Anwendung von "matching" - Methoden [ROS82].

Strukturbestimmung

Nach der Detektion der Primitiva sollen daraus Strukturen abgeleitet werden, mit denen man Vergleiche unter den Miniaturen anstellen kann. Für einen Vergleich können die gefundenen Primitiva mit statistischen Mitteln analysiert werden. Als auszuwertendes Datenmaterial werden dabei die Modellparameter des Strichmodells herangezogen.

Die Strukturbestimmung kann durch die Definition von Relationen unter den Primitiven verfeinert werden. Folgende Relationen werden dabei betrachtet:

- **Punkt zu Punkt Relation:**

Zwei Punkte in der Ebene können durch ihre relative Lage, ihren Abstand und gleiche Charakteristika wie Farbe und Fläche in Relation gebracht werden

- **Punktwolke:**

Eine Punktwolke kann durch Punkte gleicher Charakteristika gebildet werden, wobei ihre Eigenschaften durch Anzahl der Punkte, Dichte, Streuung, statistische Momente und Schwerpunkt definiert sind.

- **Punkt zu Linie Relation:**

Ein Punkt kann bezüglich einer Linie links, rechts, vorne oder hinten liegen und damit zur Linie in Relation gebracht werden.

- **Punktwolke zu Linie Relation:**

Hierbei wird die Relation durch die Anzahl der Punkte, die links, rechts, vorne, hinten oder innerhalb einer bestimmten Umgebung der Linie liegen, bestimmt.

- **Linie zu Linie Relation**

Zwei Linien haben einen bestimmten Winkel und eine relative Lage zueinander. Die relative Lage kann hintereinanderliegend, kreuzend, parallel oder nicht kreuzend sein. Weiters kann auch der Abstand der Anfangs- und Endpunkte in Relation gebracht werden.

Aus diesen Relationen lassen sich nun die Strukturen Punktmuster und Linienmuster ableiten, die als Vergleichsbasis der Miniaturen herangezogen werden.

5 Zielsetzung

Ziel der Diplomarbeit ist zum ersten die Erstellung einer Methode, die es ermöglicht Pinselstriche in einer Portraitminiatur zu detektieren. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Vorganges ist dabei, die Entwicklung eines Modells für einen Pinselstriches. Die Überprüfung ob ein Operator erfolgreich ist, kann mittels manuell segmentierter Pinselstriche verifiziert werden. Es sollten zumindest jene Striche detektiert werden, die man auch mit freiem Auge erkennen kann.

Der zweite Bereich umfaßt die Strukturbestimmung. Es sollen erste statistische Untersuchungen an Hand von händisch segmentierten Strichen durchgeführt werden.

6 Literaturliste

- [BEC0J] Becker-Emmerling L., *Die Technik der Miniaturmalerei auf Elfenbein und Pergament*, Ravensburg, ohne Jahrgang.
- [BOW92] Bow S.T., *Pattern Recognition and Image Processing*", Marcel Decker Inc., New York, 1992.
- [DAV84] Davies E.R., *Circularity - a new Principle Underlying the Design of Accurate Edge Orientation Operators*, Image and Vision Computing 2, pp 134-142, 1984.
- [GOM78] Gombrich E., *Kunst und Illusion, Zur Psychologie der bildlichen Darstellung*, Kapitel Erlerntes und Erlebtes, pp 173-205, Stuttgart, 1978.
- [HAR91] Haralick R.M., Shapiro G.L., *Glossary of Computer Vision Terms*, Pattern Recognition Vol. 24, No. 1, pp 69-93, 1991.
- [KEI77] Keil N., *Die Miniaturen der Albertina in Wien*, Wien, 1977.
- [MAR82] Marr D., Hildreth E., *Theorie of Edge Detection*, Proc. Roy. Soc. Vol. B 207, pp 187-217, London 1980.
- [ROS82] Rosenfeld A., Kak A.C., *Digital Picture Processing*, 2nd Ed., Vol. 2, Academic Press, 1982.
- [SER82] Serra J., *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, 1982.
- [SHI87] Shirai Y., *Three Dimensional Computer Vision*, Springer verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1987.
- [WIN79] Winetzky J., *Die Kunst der Aquarell - Miniaturmalerei*, Wien, 1879