

PRIP-TR-36

November 30, 1994

**Farbanalyse und Farbvergleich
von Portraitminiaturen
Aufgabenstellung der Diplomarbeit**

Martin Eder

Abstract

The subject of this project is the development of a computer system to record and to classify miniportraits. A computer system should be able to register these works of art in order to analyse them objectively. Art historians should receive detailed support in making decisions about the classification of these miniportraits. This paper is about methods of modelling 3D-surfaces and about the analysis of colours concerning strokes in portraits. Each artist paints in its own characteristic way. These typical marks should be detected so that the miniportraits can be compared with each other.

30. November 1994

Farbanalyse und Farbvergleich von Portraitminiaturen

Computerunterstützte Klassifikation von Portraitminiaturen

Martin Eder

Abstract

Dieses Projekt befaßt sich mit der Entwicklung eines Aufnahme- und Klassifizierungssystems für Portraitminiaturen. Diese Kunstwerke sollen rechnergestützt erfaßt und einer objektiven Bewertung unterzogen werden, um dem Kunsthistoriker Entscheidungshilfen bei deren Klassifikation zu bieten. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der farblichen Analyse von Pinselstrichen in Portraitminiaturen, sowie mit Verfahren zur dreidimensionalen Modellierung von Oberflächen. Es sollen typische Merkmale herausgearbeitet werden, die verschiedene Künstler verwendet haben, anhand derer Portraiminiaturen miteinander verglichen werden können.

1 Einleitung

Dieses Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der objektiven Bewertung und Klassifikation von Portraitminiaturen. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, ein Aufnahme- und Erkennungssystem zu entwickeln mit dem diese Kunstwerke rechnergestützt erfasst und analysiert werden können. Aufgrund fehlender Signaturen sind Kunsthistoriker bisweilen auf Zuschreibungen angewiesen. Das neue System soll dem Kunsthistoriker Entscheidungshilfen bei der Klassifikation und Zuordnung von Portraitminiaturen bieten.

Das Hauptunterscheidungsmerkmal für den Kunsthistoriker stellen Pinselstriche (Linien) und Farbtupfer (Punkte) dar, die ein Künstler nach einem wiederkehrenden Schema aufträgt. Unterschiede zu anderen Künstler, die ebenfalls diese Darstellungsmittel verwenden, ergeben sich in der Länge, Richtung, Breite und dem Verhältnis der Pinselstriche zueinander.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll ein weiteres Unterscheidungsmerkmal untersucht werden, und zwar die in den Portraitminiaturen vorkommenden Farben. Ein Schwerpunkt liegt bei der farblichen Analyse von Pinselstrichen, also deren Farbgebung und deren Farbverlauf. Der zweite Schwerpunkt liegt bei der Anwendung von Verfahren zur dreidimensionalen Modellierung von Oberflächen. Im speziellen wird hier der Bereich des Gesichts betrachtet. Beleuchtungsverhältnisse, Lichteinfall und Schattenbildung sind wichtige Faktoren, um eine dreidimensionale Oberfläche wie das Gesicht zu modellieren.

Mit Methoden der graphischen Bildverarbeitung wird versucht, Zuordnungsmerkmale bezüglich Farbgebung und Farbverlauf zu finden. Es sollen typische Merkmale, die verschiedene Künstler verwendet haben, herausgearbeitet werden, anhand derer Portraitminiaturen miteinander verglichen werden können.



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



Abb. 2: Mädchenbildnis, Aquarell auf Elfenbein, 7,8 x 6 cm, signiert, Emanuel Peter (1799-1873 Wien)

2 Beschreibung der Portraitminiaturen

Die durchschnittliche Dimension einer Miniatur liegt bei ca. 8 x 6 cm², der Gesichtsausschnitt hat dabei eine Größe von etwa 2 x 2 cm². Für die stilistische Unterscheidung von Portraitminiaturen muß der Kunsthistoriker mit Hilfe einer Lupe die Struktur der Pinselstriche und Farbtupfer erkennen. Dabei variieren die Pinselstriche in einer Länge von ca. 3 - 4 mm und einer Breite von 0,05 bis ca. 0,1 mm.

Portraitminiaturen werden mit Wasserfarben auf Elfenbein gemalt. Elfenbein als Malgrund findet seine erste Verwendung erst zu Beginn des 18. Jahrhunderts. Das Elfenbein ist von makelloser, glatter, heller Oberfläche, die durch eine besondere Vorbehandlung erreicht wird. Es wurde zunächst sehr dick und sehr klein geschnitten wurde. Bis in die 60er Jahre des 18. Jahrhunderts verwendeten die Künstler Deckfarben zum Malen¹, die das Elfenbein als Grund vollkommen verschwinden ließen.

Erst im ausgehenden 18. Jahrhundert beginnen einige Maler die Farbe des gelblichen Elfenbeins in die Gestaltung des Bildes miteinzubeziehen. Mit längeren Pinselstrichen malen sie die Portraits in Parallellinien oder in Kreuzschraffuren. Später tritt die "Punktiermanier" auf, d.h. die Farben wurden punktförmig nebeneinandergesetzt (Farbtupfer). Anfänglich galt, je zarter und glatter die gemalten Flächen aussahen und je weniger Pinselstriche man mit freiem Auge sah, umso wertvoller war eine Miniatur. Alten Malanleitung aus dem 19. Jahrhundert zufolge sollen Schatten nur mittels Punkten in verschiedenen Farbschattierungen aufgetragen werden. Anschließend werden die weißen Abstände zwischen den einzelnen Punkten mit einem fast trockenen Pinsel durch sanftes "Darübergleiten" ausgefüllt und miteinander verbunden.

Um diese Kunstwerke überhaupt miteinander vergleichen zu können, ist, bedingt durch ihre Kleinheit, eine stilistische Detailforschung unerlässlich. In der Kunstsparte der Portraitminiaturmalerei deckt sich die Maltechnik mit dem individuellen künstlerischen Ausdruck. Portraitminiaturen eignen sich deshalb sehr gut, um die Methoden der Mustererkennung und Bildverarbeitung anzuwenden und weiterzuentwickeln und zwar aus folgenden Gründen:

1. Maltechnik

Elfenbein ist ein Produkt, das als Malgrund technisch sehr schwierige Voraussetzungen mit sich bringt. Es müssen viele Vorverarbeitungsschritte ausgeführt werden, bis das Elfenbein verwendungsfähig ist. Ein Künstler muß dann die Farbpigmente in einer seinem künstlerischen Ausdruck entsprechenden Form auf der Oberfläche des präparierten Elfenbeins auftragen. Dies kann in Punkt- bzw. Strichform geschehen, wobei die Länge des Striches nur relativ kurz bemessen werden kann, da auf dem extrem dünnen Pinsel nur wenige Farbpigmente haften (Länge ca. 3 - 4 mm).

¹ Elfenbein nimmt Farbe sehr schwer auf.

Dabei kann nun der Künstler aus einer bestimmten Variationsbreite formaler Kriterien wählen, wie z. B. reine Tupfer, Parallellinien, Kreuzschraffuren oder Kombinationen aus mehreren Formen.

2. Stil

Wenn der Künstler eine gewisse Technik entwickelt hat, verändert er sie später prinzipiell nicht mehr. Somit geht die Technik im Umgang mit dem Material in einen spezifischen künstlerischen Ausdruck, den individuellen Malstil, über.

3. Darstellungsinhalt

Der Schwerpunkt der Portraitminiaturmalerei liegt in der Darstellung des Gesichts. Die Größe des Körperausschnitts kann variieren. Dadurch ergibt sich im stilistischen Vergleich eine Konzentration auf den Bereich "Gesicht".

Bisher ist der Kunsthistoriker bei der Bestimmung und Zuordnung eines Kunstwerks ausschließlich auf sein visuelles Gedächtnis angewiesen. Aus der Vielzahl von Unterschieden in der Variationsbreite von Pinselstrichen und Farbtupfern muß er eine Struktur erkennen, diese einem bestimmten Künstler zuordnen und mit anderen Strukturen vergleichen. In Detailaufnahmen der Portraitminiaturen reduzieren sich die Darstellungen auf eine rhythmische Struktur von Pinselstrichen und Farbtupfern, die bei Werken eines bestimmten Künstlers wiederkehrende Muster ergeben (Abbildung 3).

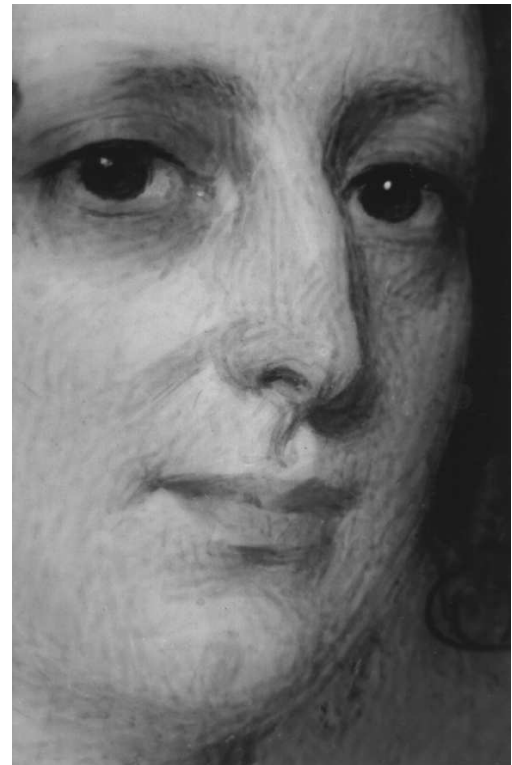


Abb. 3: Foto einer Portraitminiatur, (Damenbildnis von M. M. Daffinger, Wien 1790 - 1849)

3 Geplante Vorgangsweise

3.1 Farbanalyse

Den Schwerpunkt in diesem Bereich bildet die Analyse der Farbverteilung von einzelnen Pinselstrichen und ganzen Gesichtspartien. Untersucht werden sollen die Farbveränderungen innerhalb von Pinselstrichen in Längs- und Querrichtung, die farblichen Abstufungen innerhalb von Gesichtspartien, sowie die Sättigung der verwendeten Farben.

Dabei treten eine Reihe von Problemen auf, die in der Diplomarbeit behandelt werden und im folgenden zusammengefaßt sind.

3.1.1 Generierung von Testdaten

Um Untersuchungen mit dem Computer durchführen zu können, wird digitalisiertes Bildmaterial benötigt. Im Rahmen des Projekts steht eine Aufnahmesystem mit einer Farb-CCD-Kamera zur Verfügung mit dem digitalisierte Bilder von Portraitminiaturen erzeugt werden können. Bei der Bildaufnahme gibt es eine Reihe von Stör- und Fehlerquellen, die die Qualität des digitalisierten Bildes beeinträchtigen und beispielsweise zu Farbverfälschungen führen können. Das Aufnahmesystem wird im "Arbeitsbericht April, Mai 1994" genau beschrieben. Die häufigsten Fehler und ihre Ursachen sind ebenfalls in diesem Bericht zusammengefaßt.

Eine Alternative bei der Erstellung von Bildmaterial bietet das Einscannen von Farbfotos von Portraitminiaturen.

3.1.2 Erkennung von Pinselstrichen

Um einzelne Pinselstriche farblich analysieren zu können, müssen diese zuerst im digitalisierten Bild der Portraitminiatur erkannt werden. Dabei reicht es nicht aus, Kanten- und Liniendetektionsmethoden auf die Bilder anzuwenden, ohne Information über die Gestalt der Pinselstriche miteinfließen zu lassen.

Die Beschreibung der Charakteristika von Pinselstrichen (Länge, Breite, Krümmung) muß in einem Versuch ermittelt werden. Die Grundlage für diesen Versuch bildet folgende, von kunsthistorischer Seite gemachte Aussage: *"Ein Pinselstrich ist nur dann optisch erkennbar, wenn er sich vom Hintergrund abhebt."* Die zentrale Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt ist: *"Wieviel Hintergrund rund um einen Pinselstrich benötigt ein Beobachter, um den Pinselstrich auch als solchen zu erkennen?"*

In einem ersten Schritt wurden auf Klarsichtfolien, die über Fotografien von Portraitminiaturen gelegt wurden, prägnante Pinselstriche mit Folienstiften nachgezeichnet, um Datenmaterial von Pinselstrichen für den Versuch zur Verfügung zu haben. Der Versuch soll als Ergebnis die Größe der Bildausschnitte liefern, die notwendig ist, um einen Pinselstrich als solchen identifizieren zu können. Dies soll schließlich zu einem Modell eines Pinselstrichs führen, mit dessen Hilfe dem Computer ermöglicht werden soll, Pinselstriche in Portraitminiaturen zu finden.

3.1.3 Modellierung von dreidimensionalen Oberflächen

Das Gesicht ist eine dreidimensionale, konvexe Fläche, die Farbinformation enthält. Untersucht werden müssen hier die Beleuchtungsverhältnisse, Lichteinfall und Schattenbildung. Einer ersten Annahme zufolge, kann ein Künstler diese Darstellungsmittel nur in eingeschränkter Art und Weise verwenden. Der Lichteinfall bei Portraitminiaturen erfolgt zum Beispiel niemals von unten. Diese Tatsache ist aufgrund der Position der Highlights in den Augen der dargestellten Person leicht verifizierbar. Anhand der Literatur [DUI93], [FOL90], [HEA94] und [ZAM91] sowie den darin enthaltenen, weiterführenden Verweisen erfolgt die Einarbeitung in die Methoden und Möglichkeiten der Oberflächenmodellierung.

In Zusammenarbeit mit der Kunstgeschichte sollen folgende Fragen erläutert und geklärt werden:

- Welche Darstellungshilfsmittel hat ein Künstler?
- Welche Techniken kann er einsetzen?
- In welchen Gesichtspartien werden welche Techniken angewandt?
- Wie entsteht die Plastizität innerhalb der einzelnen Gesichtspartien?

3.1.4 Segmentation von Gesichtspartien

Eine ähnliche Problematik wie bei den Pinselstrichen ergibt sich bei der Bestimmung einzelner Gesichtspartien. Um einzelne Parteien analysieren und in weiterer Folge miteinander vergleichen zu können, müssen diese Parteien voneinander abgegrenzt werden. Ein automatisch arbeitendes System muß in der Lage sein, ein menschliches Gesicht aufgrund seiner anatomischen Beschaffenheit in verschiedene Gesichtspartien einzuteilen.

Für die Farbanalyse besonders interessant sind Gesichtspartien, die sich gegenüber einer benachbarten Partie stark abgrenzen (z.B. Wangenpartie zu Bildhintergrund), sowie Parteien, auf denen größere, farblich homogene Flächen vorkommen (z.B. auf Stirn- oder Wangenpartien).

Interessante Fragestellungen in diesem Zusammenhang sind:

- Besteht ein Zusammenhang zwischen der Farbverteilung eines Pinselstrich und der Gesichtspartie in der er vorkommt?
- Kann man ggf. Rückschlüsse von einer Gesichtspartie auf das Aussehen der dort vorkommenden Pinselstrichen ziehen?

3.1.5 Farbmodelle

Farbe steht immer im Zusammenhang mit dem Farbmodell in dem sie definiert wird. Eine gute Einführung in dieses Gebiet findet man in [RIC80]. Es gibt verschiedene Farbmodelle, die sich für die Analyse der Farbverteilung von Pinselstrichen und Gesichtspartien eignen. Für die farbliche Klassifikation eines Bildes wird ein geräteunabhängiges Farbmodell benötigt, das die Besonderheiten der menschlichen Farbwahrnehmung berücksichtigt. Eine wünschenswerte Eigenschaft dieses Modells wäre etwa die "empfindungsmäßige Gleichabständigkeit". Diese Eigenschaft bedeutet, daß der zahlenmäßige Abstand (= Differenz) zweier beliebiger Farben auch dem empfundenen visuellen Abstand entspricht.

Ein solches Farbsystem ist das CIELAB-System, das auf dem von der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) vorgeschlagenen und standardisierten CIE-Normvalenzsystem 1931 [WYS75, CIE86] aufbaut. Dabei wurde die Eigenschaft der empfindungsmäßigen Gleichabständigkeit zweier Farben berücksichtigt und dieser farbmetrisch wichtige Punkt durch eine Farbabstandformel gelöst. Eine Farbe im CIELAB-Farbraum, wird durch die Werte L^* , a^* und b^* bestimmt, die aus den CIE-Normfarbwerten X , Y und Z berechnet werden [HAI89]. Eine Maßzahl für den Abstand zweier Farben ergibt sich dann aus der Formel:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Aufgrund des Abstandes zweier Farben kann beispielsweise bestimmt werden, ob diese vom menschlichen Auge überhaupt noch unterscheidbar sind. Mit diesem Farbmodell könnten Farbveränderungen innerhalb von Pinselstrichen und farbliche Abstufungen bei Gesichtspartien bestimmt und quantifiziert werden.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Histogrammanalyse, die man zum Beispiel in den Farbmodellen RGB und HLS einsetzen kann.

3.1.6 Farbraumtransformation

Für die Farbanalyse werden verschiedene Farbraumtransformationen [HAI89] benötigt, da die digitalisierten Bilder von Portraitminiaturen im RGB-Farbmodell vorliegen, Berechnungen aber in anderen Farbmodellen (HLS, CIELAB) durchgeführt werden müssen.

3.2 Farbvergleich

Für den an die Farbanalyse anschließenden Bereich des Farbvergleichs müssen gemeinsam mit den Kunsthistorikern Kriterien erarbeitet werden, bezüglich welcher Eigenarten einzelne Pinselstriche, Gesichtspartien bzw. ganze Portraits farblich miteinander verglichen bzw. untereinander unterschieden werden können.

Es muß Datenmaterial erstellt werden, das Striche von verschiedenen Künstlern enthält, anhand dessen Unterscheidungsmerkmale bzw. für einen Künstler typische Eigenschaften herausgearbeitet werden können.

4 Ziel der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht, bei Portraitminiaturen möglichst viele Merkmale farblicher Natur aufzuzeigen, die für die Einordnung eines Kunstwerkes relevant und wichtig sind und ggf. eine eindeutige Zuordnung an einen bestimmten Künstler erlauben. Damit steht dem Kunsthistoriker für sein Urteil nicht nur der visuelle Eindruck sondern auch qualitative und quantitative Vergleichsmöglichkeiten zur Verfügung.

5 Referenzen

- [CIE86] Commission Internationale de l'Eclairage, "Colorimetry", No. 15, Vienna, 1986
- [DUI93] Duin H., Claussen U., "Beleuchtungsalgorithmen in der Computergraphik", Springer Verlag, 1993
- [FOL90] Foley, van Dam, "Computer Graphics: Principles and Practice", 2nd Edition, 1990
- [HAI89] Haider F., "Farbraumtransformationen", Diplomarbeit, TU Wien, 1989
- [HEA94] Hear D., M. P. Baker, "Computer Graphics", 2nd Edition, 1994
- [RIC80] Richter M., "Einführung in die Farbmeterik", 2. Auflage, De Gruyter, Berlin, New York, 1980
- [WYS75] Wyszecki G., Judd D.B., "Color in Business, Science and Industry", John Wiley & Sons, New York, 1975
- [ZAM91] Zamperoni P., "Methoden der digitalen Bildsignalverarbeitung", 2. überarbeitete Auflage, Vieweg, Braunschweig, 1991