

# Rechnergestützte Präklassifizierung von Portraitminiaturen\*

Robert Sablatnig und Ernestine Zolda

Technische Universität Wien, Institut für Automation,  
Abteilung für Mustererkennung und Bildverarbeitung,  
Treitlstr. 3/183-2, A-1040 Wien AUSTRIA,  
Fax: +43 (1) 505 4668, e-mail: sab@prip.tuwien.ac.at  
www: <http://www.prip.tuwien.ac.at>

**Zusammenfassung:** *Computer halten vermehrt Einzug in traditionelle Wissenschaftsbereiche wie zum Beispiel Archäologie und Kunstgeschichte, da immer mehr Wissenschaftler den Nutzen dieses modernen Werkzeuges zu schätzen wissen. Bildverarbeitung und Mustererkennung kann in den angesprochenen Bereichen wertvolle Hilfe bieten, da sich vor allem Mustererkennung mit Klassifizierung von (Bild)inhalten beschäftigt und Klassifizierung von Objekten auch ein wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Arbeit im Bereich Archäologie und Kunstgeschichte darstellt. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Teilproblem, das sich beim Entwurf eines rechnergestützten Präklassifizierungssystems für gemalte Bilder (im Speziellen Portraitminiaturen) stellt, behandelt. Pinselstriche sollen als Basis für eine weiterführende Klassifikation aus digitalen Bildern extrahiert werden. Für die Pinselstrichdetektion wird zuerst ein Pinselstrichmodell entwickelt, das die Basis für die Konstruktion eines eigenen Pinselstrichdetektors bildet. Die extrahierten Pinselstriche werden einerseits einer Farbklassifikation und einer Malrichtungsbestimmung unterzogen, andererseits bilden die Parameter des Pinselstrichs die Grundlage für eine modellbasierte Klassifikation. Anhand von Beispielen wird die Methodik demonstriert und diskutiert sowie weitere Arbeitsziele kurz erläutert.*

## 1 Einleitung

In vielen Bereichen der Kunst werden neue Techniken eingesetzt, um die Herkunft von Kunstwerken zu ermitteln, deren Alter und Erhaltungszustand zu bestimmen oder Fälschungen zu erkennen. Bei der Diagnose von Gemälden und anderen Kunstwerken kommen dabei radiologische Methoden (Röntgendiagnostik, digitale Radiographie, Computertomographie, etc.) sowie Farbanalysemethoden zum Einsatz. Diese Methoden gehen jedoch nicht auf die künstlerische Gestaltungsform den individuellen Stil - ein.

Zur objektiven Bewertung von Portraitminiaturen und Zeichnungen wird zur Zeit ein Aufnahme- und Erkennungssystem entwickelt, das diese Kunstwerke rechnergestützt erfasst und eine Grundlage zur automatisierten Klassifikation bildet. Unter einer Portraitminiatur versteht man ein kleinformatiges Bild (ca. 8 cm x 6 cm) einer Person, das im übertragenen Sinn den Charakter eines Fotos hat. Im 17. Jahrhundert wurden die Miniaturen vorwiegend in Emailtechnik gearbeitet, im 18. Jahrhundert bürgerte sich hingegen die Verwendung von Elfenbein als Malgrund ein. In Detailaufnahmen der Portraitminiaturen (z.B. bei Konzentration auf die Gesichtspartien) reduzieren sich die Darstellungen auf eine rhythmisch Struktur von **Punkten** und **Linien**, die bei Werken eines bestimmten Künstlers wiederkehrende Muster ergeben. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt einer Portraitminiatur, wobei der für die Auswertung relevante Bildinhalt (Gesicht) zu sehen ist (M.M. Daffinger [9]).

Bei einem Vergleich der zur Verfügung stehenden 586 Portraitminiaturen (derzeitiger Aufbewahrungsort Präsidentschaftskanzlei in der Wiener Hofburg), können Werksgruppen klassifiziert werden, die bestimmten Künstlern zugeordnet werden können. Diese Sammlung wurde nur 1905 (in der größten jemals in Österreich gezeigten Ausstellung über Portraitminiaturen mit 2814 Objekten) in ihrer Gesamtheit öffentlich gezeigt. Damals wurden die Miniaturen nach ihrem Darstellungsinhalt (Identifikation der Personen) aufgearbeitet, jedoch nicht genauer kunsthistorisch erfasst. Heute sind die Miniaturen nur unter administrativ schwierigen Bedingungen zugänglich und es sind nur s/w Fotos aus den 20er Jahren unseres Jahrhunderts erhalten. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer allgemeinen Methodik, die es erlaubt den Anwendungsbereich über den Prototyp der Portraitminiaturen hinaus auch auf den Bereich der Zeichnung übertragen zu können, da man hier vor allem aufgrund der fehlenden Signaturen auf Zuschreibungen angewiesen ist.

\* Diese Arbeit wurde vom Fonds zur Förderung wissenschaftlicher Forschung unter der Projektnummer P09566-PHY, sowie von der Fa. Digital Equipment Austria unterstützt

Aus dieser Motivation heraus wird versucht, dem Kunsthistoriker zusätzliche Informationen zur Verfügung zu stellen, indem Methoden entwickelt werden, mit denen die Farb- und Strukturinformationen von Pinselstrichen und -tupfern in Portraitminiaturen quantitativ erfaßt und ausgewertet werden können. Dabei wurde ein Computerprogramm erstellt, das alle Berechnungsschritte integriert und dem Kunsthistoriker als Werkzeug dient. Die berechneten Ergebnisse dienen dem Kunsthistoriker als Entscheidungshilfe für seine Klassifikation. Für sein Urteil stehen ihm damit nicht nur visuelle Eindrücke sondern auch quantitative Vergleichsmöglichkeiten zur Verfügung [19].

In dieser Arbeit wird eine Methode zur Extraktion und der strukturellen Beschreibung von Pinselstrichen auf Grund der kunsthistorischen Aufgabenstellung vorgestellt. Zuerst wird eine kurze Übersicht über die Modellbildung für die Pinselstrichextraktion gegeben (Abschnitt 2.1). Dieses Pinselstrichmodell bildet die Basis für die Konstruktion eines Operators, der Pinselstriche aus dem Intensitätsbild extrahiert, die anschließend einer Malrichtungs- (Abschnitt 2.2) und Farbklassifikation unterworfen werden. Eine Evaluation der Ergebnisse bilden den Abschluß der Arbeit.

## 2 Kunsthistorische Aufgabenstellung

Obwohl es unbestritten ist, daß ein Künstler Werke unterschiedlicher Qualität herstellt, und diese vom Kunsthistoriker in einer gesamtheitlichen Sicht wahrgenommen werden kann, so bleibt die Frage bestehen, ob es nachvollziehbare Konstanten für das Erkennen einer individuellen künstlerischen Leistung gibt und wie sie beschaffen sind. Anhand der Portraitminiaturen, die Aquarellmalereien sind und mit Punkten und Strichen gemalt wurden, kann man eine mechanische Handhabung erkennen. Der Künstler trägt für die Hervorbringung seiner Darstellung Linien und/oder Punkte in verschiedenen Farben auf. Da das Bild ein sehr kleines Format aufweist und das Gesicht durch eine Vielzahl von Strichen gestaltet ist, können diese Striche nicht in einem durchgehend bewußten Vorgang aufgetragen worden sein. Hier treten unbewußte Gestaltungsweisen bzw. internalisierte Schemata auf. In diesem "Schema" wird auch die persönliche Handschrift sichtbar, die sowohl bei einem qualitativ hochwertigen als auch bei einem durchschnittlich gelungenem Werk vorhanden ist. Die Erkennung dieser Konstanten bildet die Grundlage für die Erfassung der künstlerischen Individualität.

Das Problem der persönlichen Stilphysiognomie, wird in der kunsttheoretischen Literatur seit dem 16. Jahrhundert das Verhältnis der Striche zueinander als "Rhythmus" bezeichnet [8,12,13]. Dieser Rhythmus ist nicht nur die individuelle Handschrift eines Künstlers, die sich allein nach Krümmung oder Länge des Striches richtet, sondern auch das System von Linien und das Verhältnis der Linien zueinander. In der meßbaren Distanz zwischen den Linien, zeigt sich der Ausdruck künstlerischer Individualität. Die Linien und Punkte befinden sich über einem Grundschema, das die Form der Darstellung bestimmt. Bei der Portraitminiatur ist dies das Schema des Gesichtes, das aus verschiedenen Partien (ovale Grundform, Augen, Nase, Mund etc.) besteht. Auf dieser Grundform trägt der Künstler sein aus bestimmten Farben bestehendes Liniensystem auf, das sowohl seine eigene künstlerische Handschrift trägt, wie auch dem Dargestellten eine individuelle Physiognomie verleiht.

Für die stilistische Unterscheidung von Portraitminiaturen muß der Wissenschaftler aufgrund der Kleinheit des Formates mit Hilfe einer Lupe die Struktur des Linien- und Punktesystems erkennen. Dabei variieren die Linien in einer Länge von ca. 3 - 4mm und einer Breite von 0,1 bis ca. 0,05mm. Auch der Verlauf des Pinselauftrags (wo der Strich begonnen bzw. beendet wird) liefert einen wichtigen Aufschluß für die Unterscheidung von Künstlern.

Der kunsthistorische Forschungsstand reflektiert nicht nur die Literatur zu den erfassenden Objekten [3,5,7,9,10,24], sondern darüber hinausgehend auch eigene Forschungen über die ursprüngliche Anordnung und Aufbewahrung der Miniaturen. Basierend auf den ersten, nach historischen und genealogischen Beziehungen zusammengesetzten Gruppen, wurde nach stilistischen Übereinstimmungen in Detailaufnahmen - vor allem die Gesichtspartien - gesucht und in weiteren Gruppen, die ähnliche Merkmale aufwiesen, zusammengestellt. Die Unterscheidung basierte auf der Malweise,

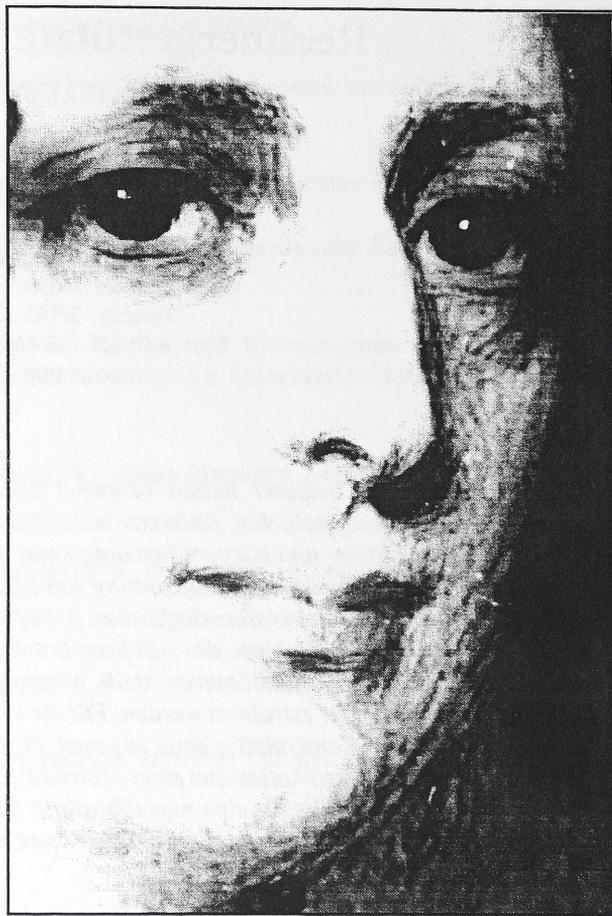


Abb. 1 Portraitminiatur: Gesichtsausschnitt aus Daffinger - Frauenbildnis

Punkt- oder Linienführung, Farbe und Verhältnis der Linien zueinander. In dieser abstrahierenden Vorgangsweise traten folgende Probleme auf:

1. die Schwierigkeit, sich bei einer Zunahme von Vergleichsbeispielen ähnlicher Objekte an Unterschiede zu erinnern, die eine objektive Klassifikation ermöglichen,
2. die Frage, wie viele Unterscheidungskriterien ein Kunstwerk enthalten muß, um es einem Künstler eindeutig abzusprechen und einem anderen zuzuordnen.

Die für die gesamte Portraitsammlung der 586 Miniaturen bisher durchgeführten Klassifikationen basierten auf den konkreten Gestaltungskriterien: **Punkt, Linie und Farbe**.

Je nach Verhältnis der Gestaltungsmittel zueinander, ergeben sich bestimmte Gruppen. So finden sich bei einigen Bildern mehr vertikale, parallele Linien, bei anderen schraffierte Linien oder Mischungen von Punkten und Linien und unterschiedliche Verwendung von Farben. Für den Klassifikationsversuch von ausgewählten Miniaturen durch den Computer mußten zunächst die Termini der traditionellen kunsthistorischen Klassifikation dem technischen Vokabular angepaßt werden: Analog der kunsthistorischen Gruppenbildung wurde für den Techniker eine Einteilung in seiner adäquaten Form vorgenommen.

### 3 Technische Aufgabenstellung

Dieser Abschnitt enthält eine Beschreibung der technischen Ergebnisse des Projekts, wobei das Hauptaugenmerk auf die Detektion von Pinselstrichen gelegt wird. Für diese Detektion wurde ein Pinselstrichmodell entwickelt, das die Basis für die Konstruktion eines eigenen Pinselstrichdetektors bildet. Die extrahierten Pinselstriche wurden einerseits einer Farbklassifikation und einer Malrichtungsbestimmung unterzogen, andererseits bilden die Parameter des Pinselstrichs die Grundlage für eine modellbasierte Klassifikation. Es wird der Bearbeitungsvorgang von der Aufnahme bis zur strukturellen Beschreibung von Pinselstrichen vorgestellt.

Das Aufnahmesystem ist in der Lage den Ausschnitt hochauflösend und farbgetreu darzustellen. Dies wird durch eine Farb- CCD Kamera in Kombination mit einem speziellen Linsensystem erreicht. Die von der Kamera gelieferten Signale werden mit Hilfe einer Farb- Framegrabber- Einschubkarte digitalisiert und können anschließend weiterverarbeitet werden [19]. Um eine Farbklassifikation durchführen zu können ist eine Echtfarbarepräsentation (d.h. je 8 Bit pro Farbe Rot, Grün und Blau) erforderlich, da diese eine Unterscheidung von rund 16,8 Millionen verschiedenen Farben zuläßt. Das Hauptaugenmerk bei der Klassifikation der Miniaturen wird jedoch auf die Beurteilung der Liniensysteme gelegt. Dazu wird das von der Kamera gelieferte Ausgangsbild einer Weiterverarbeitung unterzogen, die sich im Wesentlichen aus folgenden Verarbeitungsschritten zusammensetzt: Aufnahme, Farbraumtransformation, Strichdetektion, Farbanalyse und Strukturbestimmung. Im folgenden werden die drei Projektschwerpunkte der technischen Seite, Pinselstrichdetektion, Bestimmung der Malrichtung und Farbklassifikation näher erläutert.

#### 3.1 Pinselstrichdetektion

Für die Klassifikation der Miniaturen ist es notwendig, die einzelnen Pinselstriche zu segmentieren, d.h. Pinselstriche müssen vom umgebenden Hintergrund getrennt werden. Dabei unterscheiden sich die betrachteten Regionen im Bild durch ihre Helligkeit und Farbe. Nachdem wir spezielles Augenmerk auf die in der Gesichtspartie von Portraitminiaturen vorkommenden Pinselstriche legen, ist der Farbunterschied nicht relevant, das wichtigste Unterscheidungsmerkmal ist die Helligkeit [16]. Nach Versuchen mit Standardkantendetektoren [1,4,17] wurde erkannt, daß eine sinnvolle und repräsentative Strichdetektion nur mit Hilfe eines Strichmodells durchgeführt werden kann. In Abbildung 2 ist dieses Modell und die Parameter, die das Modell beschreiben, dargestellt, wobei  $b$  die Breite des Pinselstrichs,  $3b$  die Breite des Operatorfensters,  $H_p$  die Helligkeit des Pinselstrichs,  $H_H$  die Helligkeit des Hintergrunds und  $\alpha$  die lokale Orientierung des Pinselstrichs bezeichnen.

Bei der Entwicklung eines lokalen Operators zur Pinselstrichdetektion werden folgende Merkmale eines Pinselstriches verwendet:

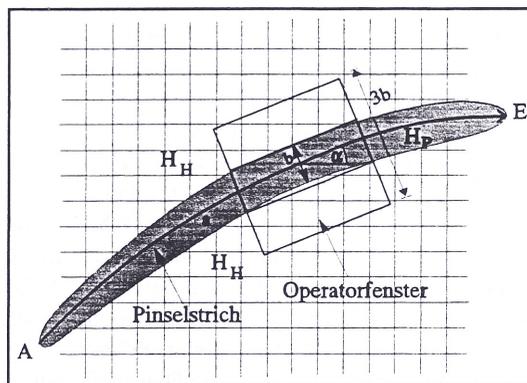


Abb. 2 Pinselstrichmodell

- Lokalität der Erkennung
- Größe des Operatorfensters, das der 3-fachen Breite eines Pinselstriches entspricht
- Die Region Pinselstrich ist im Mittel dunkler als der Hintergrund der Pinselstrichregion
- Pinselstriche sollen in verschiedenen Orientierungen detektierbar sein

Ein lokaler Liniendetektor, der Linien in verschiedenen Orientierungen detektieren kann, erfüllt die durch das Strichmodell gegebenen Bedingungen [18]. Anhand eines Nasenausschnittes (Abb. 3a) wird das Ergebnis, das mit dem entwickelten Operator [11] erzielt wurde (Abb. 3c), mit dem händisch segmentierten Pinselstrichen für diesen Bereich verglichen (Abb. 3b).

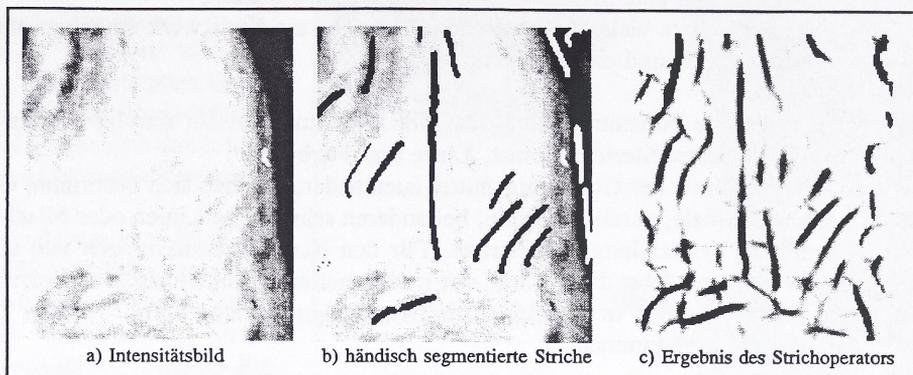


Abb. 3 Ergebnisse der Anwendung des Strichoperators

Eine Verifikation der erzielten Ergebnisse erfolgte durch visuellen Vergleich von händisch segmentierten Strichen und der vom Operator detektierten Striche. Es wurde untersucht, zu wieviel Prozent die vom Kunsthistoriker gesehenen Striche detektiert werden. Regionen im Strichbild, die vom Operator detektiert, jedoch vom Kunsthistoriker nicht als Pinselstriche erkannt wurden, sind quantitativ nicht erfaßt. Die Auswertung der beiden Bilder brachte folgendes Ergebnis: Von den händisch segmentierten Pinselstrichen wurden ca. 50 Prozent vom Operator detektiert. Weitere 20 Prozent wurden bei beiden Bildern teilweise detektiert, 30 Prozent wurden vom Operator nicht detektiert. Dieses Resultat ist nicht optimal, kann jedoch als Grundlage für die weiteren Schritte herangezogen werden [20].

### 3.2 Bestimmung der Malrichtung von Pinselstrichen

Neben der Strukturinformation, welche aus der räumliche Anordnung der Pinselstriche in einer Portraitminiatur ermittelt werden kann, können durch Farbanalyse der Pinselstriche weitere Eigenschaften eines Pinselstriches bestimmt werden: Die Malrichtung eines Pinselstriches und der Farbwert eines Pinselstriches. Dadurch sollen neben Länge, Breite, Lage und Krümmung zwei zusätzliche Attribute für Pinselstriche zur Verfügung stellen, die bei der Strukturbestimmung hinweisend sind [6].

Durch Analyse der Helligkeits- und Sättigungsinformation des Pinselstriches ist es möglich, den Aufsetz- und Absetzpunkt des Pinsels zu bestimmen und dadurch auch die Malrichtung des Pinselstriches. Dabei erfolgt die Bestimmung des dunkleren und gesättigteren Endes eines Pinselstriches, welches den Absetzpunkt markiert. Als Ausgangsmaterial wurden Pinselstriche herangezogen, die von einer Restaurateurin für Portraitminiaturen auf einem Elfenbeinplättchen gemalt wurden und bei denen die Malrichtung bekannt ist. Die Restaurateurin malte mit einem nassen und einem trockenem Pinsel, jeweils ca. 40 Striche. Für die Analyse des Farbverlaufs weisen diese "isolierten" Pinselstriche gegenüber Pinselstrichen aus Portraitminiaturen folgende Vorteile auf: es wurde nicht über bereits bestehende Farbschichten gemalt; die Pinselstriche kreuzen sich nicht (keine farbliche Überdeckung) und die Malrichtung der Pinselstriche steht eindeutig fest.

Bei naß gemalten Pinselstrichen entsteht beim Absetzen des Pinsels ein kleiner Wassertropfen am Ende des Striches. Dieser zieht aufgrund der Kohäsion Farbpartikel an. Aus diesem Grund ist die Farbsättigung am Absetzpunkt eines nassen Pinselstriches höher als am Ansetzpunkt. Gleichzeitig nimmt die Helligkeit eines Pinselstriches in Richtung des Absetzpunktes ab. Um den Aufsetz- und Absetzpunkt des Pinsel bei einem Strich bestimmen zu können, wurden die Profile des Pinselstriches in Längsrichtung in 2 Teile unterteilt und das flächenmäßige Verhältnis der beiden Teile im Helligkeits- und im Sättigungsprofil bestimmt. Abbildung 4 zeigt exemplarisch die berechneten Malrichtungen der Pinselstriche. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden nur die Mittelachsen der Pinselstriche eingezeichnet, die Malrichtung wird durch die Pfeilspitze gekennzeichnet.

In einem Experiment wurde überprüft, inwieweit die tatsächliche Malrichtung eines Pinselstriches mit der berechneten übereinstimmt. Der Versuch brachte das Ergebnis, daß die Malrichtung von Pinselstrichen in Portraitminiaturen mit einer Sicherheit von 85% bestimmt werden kann. Die Versuchsteilnehmer konnten der Hälfte aller Pinselstriche eine Richtung zuordnen, während die Trefferquote der vorgestellten Methode bei rund 3/4 aller Striche liegt.

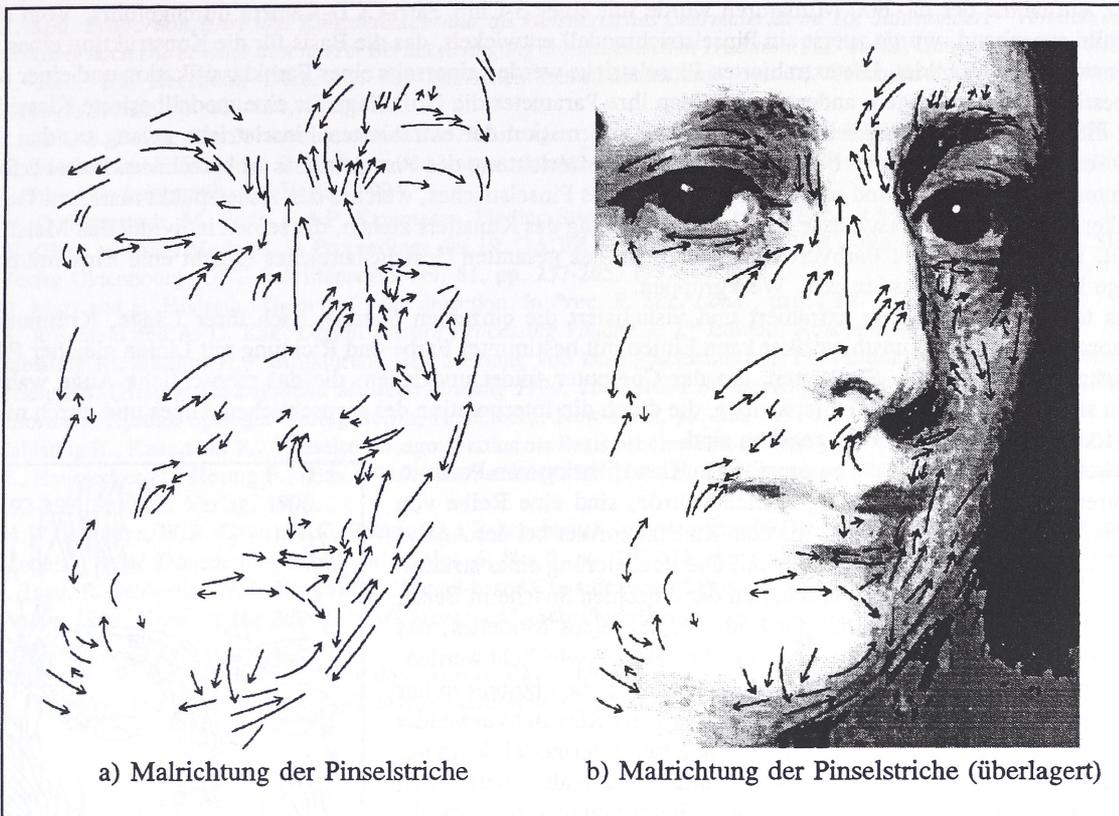


Abb. 4 Berechnete Malrichtung der Pinselstriche

### 3.3 Farbvergleich von Pinselstrichen in verschiedenen Portraitminiaturen

Pinselstriche in digitalisierten Bildern bestehen aus einzelnen Bildpunkten im RGB Format. Jeder einzelne Bildpunkt besitzt daher einen Farbwert, der aus einer Grundgesamtheit von über 16 Millionen Werten stammt und der seinen Anteil zum gesamten Erscheinungsbild des Pinselstriches beiträgt [15]. Da die farbliche Beschreibung von Pinselstrichen mit einer derart großen Anzahl von möglichen Farbwerten unübersichtlich wäre, ist eine Reduktion der Farben auf wenige, konkrete Farbwerte notwendig. Unter Verwendung des "Color Naming System" (CNS) [2] wird dabei eine intuitiv anwendbare Beschreibungsform verwendet, mit der sich insgesamt 487 Farbwerte unterscheiden lassen [22]. Ausschlaggebend für die Verwendung dieses Systems ist die begriffliche Übereinstimmung der Farbtermini des CNS mit der natürlichsprachigen Beschreibungsweise des Kunsthistorikers. Alle 487 Farbwerte des CNS wurden in den CIELAB-Farbraum [21] transformiert und dienen dort als Referenzpunkte. Der Farbwert eines Pinselstriches wird ebenfalls nach CIELAB transformiert. Von dem daraus resultierenden Farbwert wird mittels einer Farbabstandsformel der Abstand zu jeder CNS-Referenzfarbe berechnet. Die Zuordnung erfolgt zu jener Referenzfarbe, zu der dieser Abstand minimal ist.

Anhand von 7 vom Kunsthistoriker ausgewählten Portraitminiaturen erfolgte ein Vergleich der Farbgebung von Pinselstrichen und -tupfern durch Berechnung der Korrelation der Verteilung aller Farbwerte bezüglich der 24 Bunttonklassen des CNS. Ausgangsbasis für die Auswertung bilden die 24 Bunttonklassen des CNS. Bei den Farbverteilungen zeigen sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Miniaturen, z.B. bezüglich der bevorzugten Verwendung von bestimmten Farbtönen (Rot, Braun, Gelblich-Braun, etc.) sodaß eine Zuschreibung der Portraits zum Künstler bei diesen 7 Portraits durchgeführt werden konnte.

## 4 Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse

Im Zuge des laufenden Projektes arbeitete die Kunstgeschichte die 586 Portraitminiaturen der Präsidentschaftskanzlei nach der konventionellen Methode auf: Eine erste genealogisch-historische Ordnung wurde anhand äußerer Merkmale überprüft und mit Abbildungen aus dem Portraitarchiv der Nationalbibliothek abgestimmt. Anschließend erfolgte eine traditionelle kunsthistorische Stilanalyse, bei der parallel dazu der Frage nach den ausführenden Künstlern nachgegangen wurde [14].

Die Aufnahme der ca. 600 Miniaturen wurde mit einer 3-Chip Farb-CCD-Kamera durchgeführt. Vom digitalen Rasterbild ausgehend, wurde zuerst ein Pinselstrichmodell entwickelt, das die Basis für die Konstruktion eines eigenen Pinselstrichdetektors bildet. Die extrahierten Pinselstriche werden einerseits einer Farbklassifikation und einer Malrichtungsbestimmung unterzogen, andererseits bilden ihre Parameter die Grundlage für eine modellbasierte Klassifikation. Durch die Analyse der Helligkeits- und Sättigungsinformation der extrahierten Pinselstriche gelang es, den Aufsetz- und Absetzpunkt des Pinsels zu bestimmen und so die Malrichtung des Pinselstriches zu berechnen. Dabei erfolgte die Bestimmung des dunkleren und gesättigteren Endes eines Pinselstriches, welches den Absetzpunkt markiert. Der Kunsthistoriker kann daraus Rückschlüsse auf die Pinselführung des Künstlers ziehen, die seinen individuellen Malstil widerspiegelt. Ein Vergleich der Farbverteilung innerhalb des gesamten Gesichtsbereiches erlaubt eine Einschränkung der in Frage kommenden Künstler bzw. Werkgruppen.

Das technische Werkzeug extrahiert und visualisiert die einzelnen Striche, nach ihrer Länge, Krümmung oder Farbzuordnung und der Kunsthistoriker kann Linien mit bestimmter Farbe und Richtung mit Linien gleicher Farbe etc. vergleichen. Zwischen den Strukturen, die der Computer findet und jenen, die das menschliche Auge wahrnimmt, ergeben sich derzeit aber noch Unterschiede, die durch die Interpolation des menschlichen Auges und durch nicht optimale Modelle für den Computer gegeben sind.

Obwohl das Projektziel, die automatisierte Klassifikation von Portraitminiaturen, noch nicht vollständig erreicht wurde, sind eine Reihe von Computerprogrammen entstanden, die dem Kunsthistoriker bei der Analyse der Bilder als Werkzeug eine Hilfe sind. Die Realisierung einer strukturellen Analyse der Lage und Eigenschaften der einzelnen Striche in Bezug auf eine Klassifikation soll durch die Einbeziehung eines Modelles, das den Entstehungsvorgang von Portraits miteinbezieht, verwirklicht werden. Eine Möglichkeit den Entstehungsprozeß miteinzubeziehen besteht in der Analyse der Variation der Pinselstrichführung, die der Künstler verwendet hat um Plastizität zu erreichen. Ähnlich einem Drahtgittermodell, kann der Künstler seine Striche nur in bestimmte Orientierungen malen, will er den räumlichen Eindruck aufrecht erhalten. Diese Beschränkung geht soweit, daß in Gesichtspartien, die besonders plastisch erscheinen sollen, die Malrichtung auf 2 Orientierungen beschränkt ist. Abb. 5 zeigt die vorherrschenden Malrichtungen in einem (handskizzierten) Modell eines Portraits. Deutlich zu erkennen sind die Malrichtungen in den Wangenpartien.

Das Wissen über die möglichen Malrichtungen pro Gesichtspartie ermöglicht einerseits eine Beschränkung der Operatoranwendung auf diese beiden Richtungen, andererseits wird das Zusammenfügen von Pinselstrichsegmenten wesentlich erleichtert wenn nur mehr 2 mögliche Verbindungsrichtungen betrachtet werden müssen. Weiters werden in diesem Modell kunstlerspezifische, strukturelle Informationen enthalten sein (Relationen zwischen Strichen), die es erlauben die Klassifikation modellbasiert durchführen zu können. Jedem Künstler werden in diesem Modell spezifische Relationen zugeordnet, treten Ähnlichkeiten auf, ist die Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Ursprungs von 2 verschiedenen Kunstwerken groß.

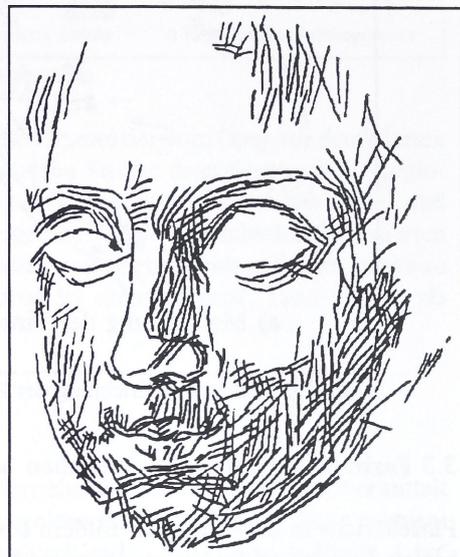


Abb. 5 Portraitmodell: In einzelnen Partien nur 2 Malrichtungen

## Literatur

- [1] I. Abdou and W. K. Pratt. Quantitative design and evaluation of enhancement/thresholding edge detectors. *Proc. of the IEEE*, 67(5):753-763, 1979
- [2] T. Berk, L. Brownston, and A. Kaufman. A new color-naming system for graphics languages. *IEEE Computer*
- [3] J. Bourgoing, *Die Miniaturen von H. F. Füger und anderen Meistern*. Leipzig-Wien, ohne Jahrgang.
- [4] J. Canny. A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on PAMI*, 8(6):679-698, 1986.
- [5] M. Dörner. *Malmittel und seine Verwendung im Bilde*. München, Berlin, Leipzig, 1995.
- [6] M. Eder. Farbanalyse und Farbstatistik von Portraitminiaturen. Master's thesis, TU-Wien, 1996.
- [7] J. Fleischer. *Das kunstgeschichtliche Material der geheimen Kammerzahlamtsbücher in den staatliche Archiven Wiens 1705-1790*. Wien, 1932.
- [8] E. Gombrich. Kunst und Illusion. *Zur Psychologie der bildlichen Darstellung, Kapitel Erlerntes und Erlebtes*, pages 173-205, 1978.
- [9] L. Gruenstein. *Moritz Michael Daffinger*. Wien, 1923.
- [10] K. Herberts. *Die Maltechniken, Mittler zwischen Idee und Gestaltung*. Düsseldorf, 1957.
- [11] P. Kammerer. *Primitivadetektion und Strukturbestimmung von Portraitminiaturen*. Master's thesis, TU-Wien, 1996.

- [12] R. Keil. *Proportionslehre und Kunstbuchliteratur als künstlerisches Lehrmaterial im 16. Jahrhundert - Versuch einer Entwicklung nach Dürer unter besonderer Berücksichtigung der italienischen Tradition*. PhD thesis, Universität Wien, Wien, 1983.
- [13] R. Keil. Die Rezeption Dürers in der deutschen Kunstbuchliteratur des 16. Jahrhunderts. *Wiener Jahrbuch für Kunstgeschichte*, pp. 133-150, 1985.
- [14] R. Keil, E. Zolda. *Die Portraitminiaturen der Habsburger*. Accepted for publication: Böhlau Verlag, Wien, 1997.
- [15] A. Koschan and K. Schluess. Grundlagen und Voraussetzungen für die digitale Farbbildverarbeitung. Technical Report 94-14, Fachbereich Informatik, TU-Berlin, 1994.
- [16] W. G. Kropatsch, M. Eder, and P. Kammerer. Finding Strokes of the Brush in Portrait Miniatures. Solina F., Kropatsch W. (Hrsg.), Visual Modules, In Proceedings der 19. ÖAGM-Tagung und des 1. SDRV-Workshops in Maribor, Slowenien, Verlag Oldenbourg, OCG-Schriftenreihe Vol. 81, pp. 257-265, 1995.
- [17] D. Marr and E. Hildreth. Theory of edge detection. In *Proc. R. Soc. Lond.*, pages 187-217, 1980.
- [18] A. Rosenfeld and A. C. Kak. *Digital Picture Processing Volume 2*, 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press, Inc., 1982.
- [19] Sablatnig R., Bischof H., "Strukturelle Beschreibung von kunstgeschichtlichen Portraitminiaturen". In: Kropatsch W.G., Bischof B. (Hrsg.), *Tagungsband Mustererkennung 1994, 16. DAGM Symposium und 18. Workshop der ÖAGM*, Vol. 5, Informatik Xpress, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, pp. 220-229, 1994.
- [20] Sablatnig R., Kammerer P., "Pinselfstrichsegmentation als Basis für eine Klassifikation von Gemälden", in: Jähne B., Geissler P., Haussecker H., Hering F., (Eds.), "*Mustererkennung 1996, 18. DAGM Symposium Heidelberg*", Informatik aktuell, pp. 392-399, Springer Verlag, 1996.
- [21] M.W. Schwarz, W.B. Cowan, J.C. Beatty, "An Experimental Comparison of RGB, YIQ, LAB, HSV, and Opponent Color Models", *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 6, No. 2, pp. 123-158, April 1987.
- [22] I. Tastl, R. Sablatnig, W.G. Kropatsch, "Model-based Classification of Painted Portraits", in: A. Pinz (Ed.), "*Pattern Recognition 1996, Proc. of the 20th ÖAGM- Workshop*", Schriftenreihe der OCG, Vol. 90, pp. 237-249, Oldenbourg, Wien, München, 1996.
- [23] K. Whelte. *Werkstoffe und Techniken der Malerei*. Ravensburg, 1985.
- [24] J. Winetzký. *Die Kunst der Aquarell- und Miniaturmalerei*, Wien, 1879.