

Universität Augsburg



Das HERON-Projekt – Ein Zwischenbericht

Werner Kießling, Wolf-Tilo Balke, Thomas Birke,
Katharina Urch, Matthias Wagner

Report 1999-04

August 1999



Institut für Informatik
D – 86135 Augsburg

Copyright ©

Werner Kießling, Wolf-Tilo Balke,
Thomas Birke, Katharina Urch,
Matthias Wagner

Institut für Informatik
Universität Augsburg
D-86135 Augsburg, Germany
<http://www.Informatik.Uni-Augsburg.DE>
— all rights reserved —

Das HERON-Projekt – Ein Zwischenbericht

Werner Kießling^{*}, Wolf-Tilo Balke^{*}, Thomas Birke^{*},
Katharina Urch⁺, Matthias Wagner^{*}

^{*}Institut für Informatik, ⁺Universitätsbibliothek
Universität Augsburg

{kiessling, balke, birke, wagner}@informatik.uni-augsburg.de,
Katharina.Urch@bibliothek.uni-augsburg.de

Zusammenfassung

Das interdisziplinäre HERON-Projekt untersucht die Auswirkungen multimedialer Datenbanktechnologie auf weite Anwendungsbereiche in den Geisteswissenschaften am Beispiel der Heraldik. Besonderer Wert wird dabei sowohl auf fachspezifische Erschließung und intuitive Zugänge zu Bildmaterialien durch den Einsatz einer inhaltsbasierten Suche, als auch effiziente Internetanbindung gelegt. Während für die Erschließung des Bildmaterials effektive Segmentierungsalgorithmen zur Vorbearbeitung entwickelt wurden, werden die fachspezifische Anwendung bildinhaltlicher Merkmale, sowie die Architektur des prototypischen HERON-Recherchesystems präsentiert und offene Probleme für den praktischen Einsatz angesprochen.

1 Einführung

Einen neuen und sich rasch entwickelnden Zweig der Datenbankforschung und Datenbankentwicklung bilden *Multimediatatenbanksysteme*, die multimediale Daten wie Bilder, Volltexte, Audio- und Videosequenzen in Datenbanksysteme integrieren [Fur96, Sub98]. Eine spezielle Ausprägung dieser Systeme sind Bilddatenbanksysteme [Gon98, SS+99]. Viele dieser Systeme bieten lediglich den Zugriff auf Bildmaterial über verbale Annotationen oder komplexe Grammatiken zur Bildbeschreibung [Str94, SK98]. Im Gegensatz dazu erlauben moderne Systeme nicht nur einen navigierenden Zugriff auf das gespeicherte Bildmaterial sondern auch eine *bildinhaltliche Recherche* [BF+96, NB+93, FSZ95, WSB98]. Hierzu werden aus den Bildern graphische Merkmale (sog. Features) extrahiert, welche z.B. die Farbe, Oberflächenstrukturen und die im Bild auftretenden Formen charakterisieren. Durch Vergleich der Features der gespeicherten Bilder und der Anfrage, die z.B. in Form eines Beispieldes oder auch einer Skizze vorliegen kann, wird eine geordnete Liste derjenigen Bilder bestimmt, die der Anfrage möglichst nahe kommen, also bezüglich der Features *ähnlich* sind.

Das HERON-Projekt wird *interdisziplinär* vom Lehrstuhl für Datenbanken und Informationssysteme und der Universitätsbibliothek der Universität Augsburg getragen [KE+98]. Als Anwendungsbereich wurde die kunsthistorische Forschung gewählt, die besonders stark durch das Vorhandensein von Bildmaterial geprägt ist. Im ersten Stadium des Projekts wurde dabei die *Heraldik*, also Wappenkunde betrachtet [GJ78, Neu90]. Sie verfügt über eine extrem standardisierte Bildsprache, die sich in der Regel durch den Gebrauch stark stilisierter Bildformen auszeichnet. Zudem besitzt die Heraldik eine streng formalisierte verbale Beschreibungssprache (sog. Blasonierungen) dieser Formen und ihrer Bedeutung. Bildbestandteile sind also nicht nur deutlich zu unterscheiden, sondern auch immer eindeutig einer Klasse von Abbildungsformen zuzuordnen. Die Qualität der bildinhaltlichen Rechercheergebnisse kann auf diese Weise direkt mit Ergebnissen herkömmlicher volltextbasierter Recherchesysteme verglichen werden.

Das prototypische HERON-System wurde als Drei-Schichten-Architektur konzipiert und soll in das World Wide Web integriert werden. Hierbei wird spezifischen Forderungen der Anwender Rechnung getragen und insbesondere die Art und Qualitätsstufe der vom Client angeforderten Bildformate berücksichtigt [WHK99]. Sowohl die Datenspeicherung als auch die Datenübertragung soll anhand dieser Parameter optimiert werden. Auch für die effiziente Kombination einzelner bewerteter Ergebnislisten miteinander wurde bereits ein Algorithmus entwickelt, der in einer späteren Phase sogar Ergebnislisten aus heterogenen Datenquellen kombinieren soll [GBK99].

Parallel zum Aufbau des Datenbanksystems wurde eine *heraldische Datenbasis* fachlich fundiert erschlossen und digitalisiert [UBK99]. Als Grundlage diente *Siebmachers großes Wappenbuch* [S1856], welches als Standardwerk auf dem Gebiet der Heraldik nicht nur qualitativ hochwertiges Bildmaterial, sondern auch die vollständigen verbalen Beschreibungen enthält. Anhand dieser historischen Wappendarstellungen wurden verschiedene bildinhaltliche Recherche-Operatoren evaluiert und Algorithmen zur Segmentierung der in den Bildern enthaltenen Formen entwickelt [VBK99]. Die bei der Bildrecherche verwendeten Features sind stets applikationsspezifisch. Sie müssen für jede Anwendung, auch für die in diesem Projekt behandelten kunsthistorischen Fragestellungen, so bestimmt werden, daß eine Ähnlichkeit der Features zweier Bilder auch eine Ähnlichkeit der Bilder für den Benutzer implizieren.

Im Rahmen eines *computergestützten kunsthistorischen Arbeitsplatzes* sollen die Erfahrungen mit der bildinhaltlichen Recherche in Bilddokumenten für digitale Bibliothekssysteme erschlossen werden. Das HERON-System soll dabei als kunsthistorisches Internet-Portal dienen. Im Blickpunkt steht des weiteren die Ausdehnung auf andere Anwendungsbereiche weit über die kunsthistorische Forschung hinaus und die Evaluierung der Anwendbarkeit in allgemeinen kommerziellen Fotoarchiven.

In Kapitel 2 werden wir einen kurzen Überblick über die Anpassung und Nutzbarkeit bildinhaltlicher Features auf dem Gebiet der Heraldik geben. Ein Vergleich der Features kommerzieller Recherchesysteme wird in Kapitel 3 durchgeführt. Kapitel 4 beschäftigt sich mit den notwendigen Vorverarbeitungsschritten auf dem Bildmaterial, um die bildinhaltlichen Features optimal einsetzen zu können. Die Architektur des HERON-Systems und die prototypische Implementierung wird in Kapitel 5 vorgestellt. Kapitel 6 gibt dann eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf offene Probleme.

2 Anwendungsspezifische Anpassung bildinhaltlicher Features

Features für die bildinhaltliche Suche lassen sich aufgliedern in *Farb-, Textur- oder Formfeatures*. In allen Features gibt es dabei die Möglichkeit, die *Position* auf dem Originalbild mit einzubeziehen. Die größte Herausforderung in der Aufbereitung eines Anwendungsbereichs ist die spezifische Zuordnung der bildinhaltlichen Merkmale zu ihrer semantischen Aussage im Anwendungsgebiet. Speziell auf dem Gebiet der Heraldik läßt sich die Nutzung der Features leicht zuordnen [KE+98]:

- *Farbfeatures* sind in ihrer Anwendbarkeit beschränkt. Die Heraldik verwendet nur wenige Farben, welche in den häufig schwarzweißen Vorlagen durch Schraffierungen codiert sind.
- *Texturfeatures* können zwar nicht auf Schraffierungen, aber auf spezielle Muster, wie etwa Pelzwerke, angewendet werden.
- *Formfeatures* müssen den Umriß der dargestellten Figuren beschreiben. Sie sollten invariant gegenüber Skalierung und Translation sein, nicht aber gegenüber Rotation.
- Die Einbeziehung der *Position* ist wichtig, um z.B. die Anzahl der dargestellten Gegenstände zu bestimmen.

2.1 Farbfeatures

Zur Bestimmung von aussagekräftigen Farbmerkmalen, wird häufig die *Farbverteilung* eines Bildes betrachtet. Sie wird im allgemeinen durch Farbverteilungshistogramme dargestellt [Gon98]. Die Farben werden dabei verschiedenen Klassen zugeordnet und das Maß ihres Auftretens im Bild bestimmt. Sind Histogramme für alle Bilder einer Datenbank bestimmt können diese effizient verglichen werden. Während viele kommerzielle Systeme jedoch allein auf der Nutzung von Farbfeatures aufbauen [z.B. Swa93], ist die allgemeine Aussagekraft der Farben zur Anwendung in der Heraldik eher beschränkt. Die Heraldik benutzt in der Regel nur neun verschiedene Farben, was häufig zu ähnlichen Farbkombinationen auf Wappenschilden führt, die allerdings in keinerlei Zusammenhang stehen müssen. Trotzdem ist die Farbverteilung als unterstützendes Merkmal im Zusammenhang mit anderen Features nutzbringend einzusetzen.

Ein weitaus größeres Problem bei der spezifischen Nutzung von Farbfeatures in der Heraldik ist, daß die als Bildmaterial zugrundeliegenden Standardkataloge nur schwarzweiße Wappendarstellungen zeigen. Die Farbe einer jeweiligen Fläche ist durch eine Schraffierung angedeutet, wobei jeder Farbe eine bestimmte Schraffierungsrichtung oder -art zugeordnet ist. Farbverteilungshistogramme können also erst aufgebaut werden, wenn die Schraffierungen in Farben zurückübersetzt worden sind und so die Größe der farbigen Flächen bestimmt werden kann.

2.2 Texturfeatures

Ein zweites wesentliches graphisches Merkmal ist die Beschaffenheit von Oberflächen, der sogenannten *Textur*. Als Anwendung der Oberflächenstruktur auf die bildinhaltliche Suche nach Wappen liegt es zwar nahe, die angesprochenen Schraffierungen, welche die heraldischen Farben codieren, näher zu betrachten, allerdings konnten bisher durch reine Texturanalysen heraldische Figuren nicht hinreichend genau vom Hintergrund unterschieden werden. Ohne hinreichende Flächenabgrenzungen beschränkt sich die Texturanalyse von Schraffierungen allerdings auf Wappenschilder mit nur einer vorherrschenden Schraffierungsart, die fast den gesamten Wappenschild ausfüllt (vgl. Abb. 1). Als weitere Einsatzmöglichkeit kom-

men *Pelzwerke* in Betracht. Pelzwerke sind spezielle Musterungen des Wappenschildes, die historisch durch die Belegung von Wappenschilden mit Pelzen von Hermelinen oder Eichhörnchen entstanden. Sie haben eine charakteristische Oberflächenstruktur durch die regelmäßig angeordneten Hermelinschwänze oder Fellstücke (Feh, Kürsch), welche sich deutlich vom Untergrund abheben. Versuchsreihen ergaben hier, daß verschiedene Pelzwerke sehr effektiv unterschieden werden können [KE+98].



Abb. 1: Anfrage auf eine vorherrschende senkrechte Schraffierung

2.3 Formfeatures

Das wichtigste Merkmal bezüglich heraldischer Fragestellungen ist die *Form* von auf Schilden auftretenden Objekten. Sie ist das wesentliche Mittel die Art der dargestellten Gegenstände oder Figuren zur direkten Zuordnung von Schilden zu gewinnen. Außerdem ist im Gegensatz zu Farben und Oberflächenstrukturen, welche nur in relativ geringer Anzahl auftreten, der zur Komposition von Wappen zur Verfügung stehende Vorrat an Formen praktisch unbe-

grenzt, also eine bessere Unterscheidbarkeit von Wappen gewährleistet. Anfragen auf Formelemente in Bildern sind seit langem ein großes Problem der Bildverarbeitung. Bei der Unterscheidung von Formen kommt es weniger auf die Art der künstlerischen Darstellung, sondern fast ausschließlich auf ihre semantische Bedeutung an [Neu90]. Deshalb ist im Regelfall davon zu abstrahieren, wo genau die Figur in welcher Größe dargestellt ist. Allerdings geht die Ausrichtung der Figur in die semantische Bedeutung ein, also sollte ein adäquates Formfeature nicht invariant gegenüber Rotationen sein.

Obwohl ein ausreichender Bestand von Operatoren zur Beschreibung von Formen zur Verfügung steht und einzelne Systeme gezeigt haben, daß ein effizienter Vergleich der Formfeatures möglich ist und zu perceptionell durchaus befriedigenden Ergebnissen führen kann, ist die Nutzung formspezifischer Features schwierig [MKL95]. Das Problem liegt dabei in der Trennung der im Bild auftretenden Formen, der sogenannten *Segmentierung*. Dieser Vorverarbeitungsschritt ist zur Anwendung der Beschreibungsoperatoren unbedingt notwendig, um die Umrißlinien einzelner Formen beschreiben zu können. Leider lassen sich in kaum einem Bild die auftretenden Objekte einfach durch Trennung an kontrastreichen Stellen oder Farbgrenzen segmentieren. Zur eindeutigen Erkennung von Objekten durch den Menschen gehört immer ein Abgleich mit einer durch Erfahrung aufgebauten Wissensbasis, mit deren Hilfe er in der Lage ist, selbst ineinander übergehende Objekte zu trennen oder etwa teilweise verdeckte Objektteile zu ergänzen und damit das Bild richtig zu segmentieren. Diese Auszeichnung von Formen allerdings durch den Benutzer durchführen zu lassen, ist allein angesichts der Größe heutiger Bildarchive und somit der Anzahl aller auftretenden Formen mehr als unrealistisch. Die komplexe Wissensbasis oder aber eine bestimmte applikationsspezifische Vorgehensweise sollte also von einem computergestützten System zur automatischen Segmentierung simuliert werden. Derzeit gibt es kein Bildverarbeitungssystem, das in der Lage wäre das Segmentierungsproblem für allgemeine Bildarchive zu lösen.

3 Analyse kommerzieller bildinhaltlicher Recherchesysteme für objektrelationale Datenbanken

Als kommerzielle Systeme mit objektrelationaler Technologie wurden die Datenbanksysteme Informix Universal Server mit dem Excalibur DataBlade [Inf97] und IBM DB2 mit den Relational Extenders [NB+93, FB+94] betrachtet. Die beiden Systeme unterscheiden sich zwar nur wenig in den bildinhaltlichen Merkmalen, welche zur Verfügung gestellt werden, aber in deren grundsätzlicher Berechnung. Nutzbare Features sind in beiden Systemen Farbverteilungen, Texturen oder Farblayout, allerdings werden keinerlei spezielle formspezifische Merkmale extrahiert. Während die DB2 Relational Extender bei der Featureextraktion durchgängig auf *Low Level Features* aufsetzen, benutzt das Excalibur DataBlade vor allem *adaptive Techniken*.

3.1 Farbfeatures

Farbe ist das wohl bestverstandene Feature. Im allgemeinen unterteilt man hierbei in durchschnittliche Farbe von Bildern und Farbverteilungen, häufig repräsentiert durch Farbhistogramme. Die Relational Extender unterstützen beide Arten von Farbfeatures, der Excalibur DataBlade nur die Farbverteilungen. Für die spezielle Anwendung in der Heraldik ist jedoch durch die geringe Farbanzahl auch lediglich die Betrachtung von Verteilungen von Nutzen. Leider liegen die heraldischen Standardwerke nur in schwarzweißem Druck vor; dabei sind verschiedenen Farben Schraffierungen in verschiedenen Richtungen eindeutig zugeordnet.

Farbfeatures spielen also erst nach der Rückübersetzung dieser Schraffierungen in Farben eine Rolle.

3.2 Texturfeatures

Beide Systeme verfügen über Features zur Nutzung von *Texturen*, also Oberflächenstrukturen. Während der Excalibur DataBlade bei der Extraktion auf adaptiver Mustererkennung aufbaut, benutzen die Relational Extender einfache Low Level Features, wie Kontrast, Granularität und Direktionalität von Mustern. Tests haben ergeben, daß beide Systeme in der Lage sind, charakteristische Musterungen auf Wappenschilden aufzuspüren, allerdings nur, wenn diese Musterungen den größten Teil des Schildes einnehmen. Die fehlende Möglichkeit, Formen und Gebiete von Wappenbildern auszuzeichnen, verhindert die Aufnahme von Wappen in die Ergebnismenge, welche nur teilweise vom entsprechenden Muster bedeckt sind. Dies stellt einen deutlichen Mangel in der Qualität des Ergebnisses dar.

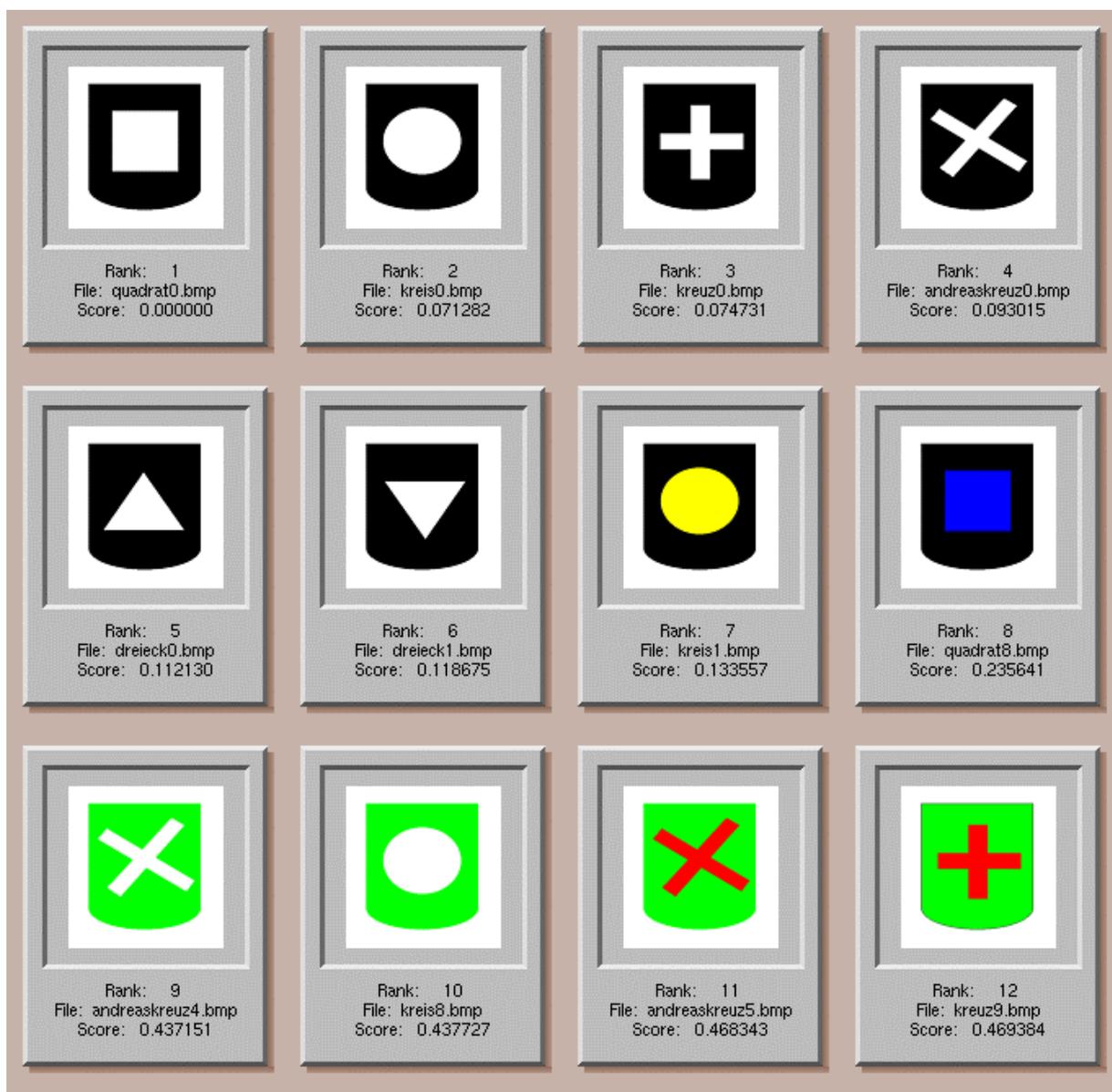


Abb. 2: Ergebnis einer Gestalt/Layout-Anfrage für synthetische Wappenbilder

3.3 Formfeatures

Das für die Anwendung in der Heraldik wesentlichste Feature ist die *Form* auf den Schilden auftretender Objekte. Zur Ähnlichkeitssuche auf Formen bietet derzeit kein kommerzielles System ein spezifisches Feature an. Ein Stand-Alone-Produkt zur bildinhaltlichen Suche, der IBM Ultimedia Manager, wurde inzwischen sogar wieder vom Markt gezogen. Hauptproblem aller formbasierten Recherchesysteme ist die automatische Zerlegung eines Bildes in seine verschiedenen Komponenten, die sogenannte Autosegmentierung. Als Ersatz für die fehlende Formerkennung werden allerdings häufig struktursensitive Features wie die *Gestalt* im Excalibur DataBlade oder *Layout-Features* wie in den DB2 Relational Extendern angeboten. Durch Untersuchungen des Bildaufbaus sollen dabei Rückschlüsse auf Ähnlichkeiten zwischen den Formen gezogen werden, die auf verschiedenen Bildern auftreten.

Tests auf synthetischen Wappenbildern widersprechen jedoch der Annahme, daß Layout- oder Gestalt-Features für den Einsatz in der Formanalyse ausreichen [KE+98]. Für Testzwecke wurden Wappen generiert, die im Wappenschild einfache, deutlich abgegrenzte geometrische Formen, wie Kreise, Dreiecke, Quadrate oder Kreuze zeigen. Von jeder einzelnen geometrischen Figur wurden Wappen unterschiedlicher Farbkomposition, jedoch exakt gleicher geometrischer Beschaffenheit, in der Datenbank abgelegt. Es wurde insbesondere darauf geachtet, daß die entsprechenden Formen auf jedem Wappen in der gleichen Größe und an der gleichen Stelle auftreten. Zusätzlich wurden Wappenbilder aufgenommen, welche die Formen skaliert oder an anderen Stellen zeigen. Bei Anfragen mittels eines Beispielwappenbildes (vgl. Abb. 2, oben links) auf Gestalt-/Layout-Features konnte in den Ergebnissen bezüglich keiner Form ein signifikanter Zusammenhang zwischen Anfragebild und Ergebnissen aufgezeigt werden. Ein deutlicher Zusammenhang war allerdings zwischen der jeweiligen Hintergrund- und Vordergrundfarbe sichtbar. Gestalt-, bzw. Layout-Features stützen sich demzufolge fast ausschließlich auf strukturellen Farbinformationen und nicht auf spezifischen Formmerkmalen ab.

4 Die Vorverarbeitung des Bildmaterials

4.1 Nutzung von Farbfeatures

Kommerzielle bildinhaltliche Recherchesysteme verwenden fast immer Farbfeatures zur bildinhaltlichen Suche [Fur96]. Da der Anwendung in der Heraldik lediglich *monochrome Wappenbilder* als Datenbasis zugrunde liegen, ist die Erzeugung von Farbhistogrammen durch visuelle Recherchesysteme nicht direkt möglich. Mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung können jedoch *Farbhistogramme und Farbskizzen* einfarbiger Wappenbilder berechnet werden [VBK99]. Diese können als Grundlage für eine farbbasierte bildinhaltliche Suche dienen.

Farbhistogramme repräsentieren die Farbanteile innerhalb eines Bildes. Durch genaue Aufschlüsselungen der Schraffierungsrichtungen und –arten konnte ein Verfahren zum *Einfärben schraffierter Flächen* mittels eines Operatorfensters implementiert werden. Das Operatorfenster tastet dabei das gesamte Bild ab, bestimmt die jeweils unterliegende Schraffierung und färbt ein gleich großes Segment in einem sogenannten Texturbild ein. Auf diese Weise können die Flächenanteile mit bestimmten Strukturen gegenüber dem Gesamtbild bestimmt werden. Zum Beispiel wird in Abb. 3 die diagonale Schraffierung a), welche die heraldische Farbe *Grün* codiert, grün eingefärbt, weiße Teile des Schildes bleiben weiß und graue Felder im Texturbild b) konnten nicht eindeutig zugeordnet werden, bleiben also unbestimmt. Einzelne farblich falsch zugeordnete Punkte treten i.a. zwar im Texturbild auf, spielen allerdings für

die Weiterverarbeitung keine Rolle. Auffällig ist die grobe Auflösung des Texturbildes, welche nicht weiter verfeinert werden kann, da sonst Schraffierungen nicht hinreichend genau erkannt werden. Dieses Verfahren ist deshalb leider nicht ausreichend, um Formen klar segmentieren zu können, dennoch kann es dazu genutzt werden, aus den verschiedenen schraffierten Flächen von Wappen Farbverteilungshistogramme zu erzeugen, wie etwa in Abb. 3 c). Die Histogrammerzeugung kann durch Analyse von Schildteilungen sogar weiter verbessert werden. Für jeden Schildteil wird dann ein separates Histogramm berechnet, wodurch die Histogramminformation eine ortsabhängige Komponente trägt, also zum Beispiel für Layoutuntersuchungen genutzt werden kann. Das Texturbild seinerseits bietet sich gerade durch seine grobe Auflösung zur vergleichenden Anfrage mit eigenen Bildern oder handgezeichneten Skizzen an (Query by visual example / Query by Sketch [HK92]).

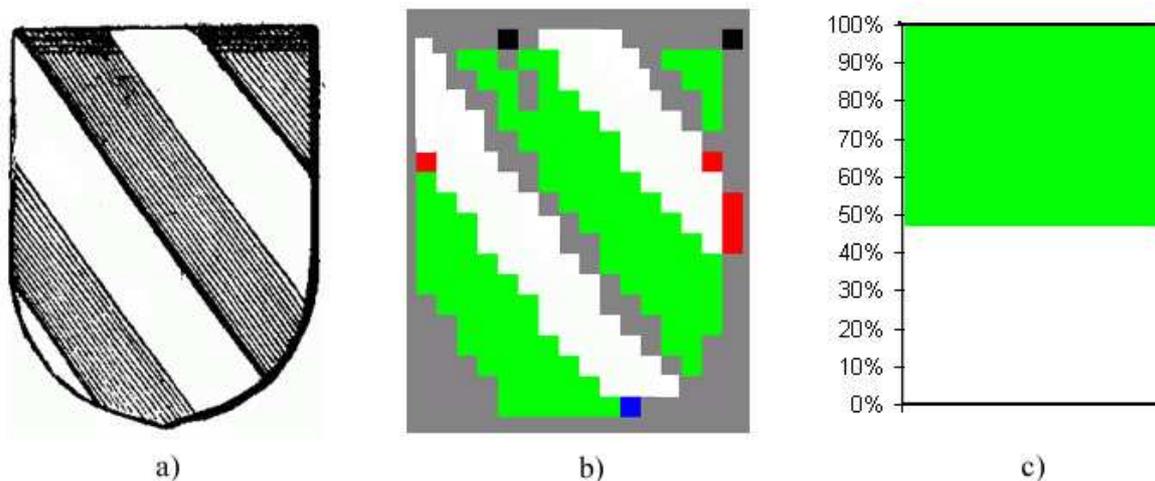


Abb. 3: Ein Wappen a), sein Texturbild b) und das erzeugte Farbhistogramm c)

4.2 Automatische Segmentierung

Ein zweiter noch wesentlicherer Schritt in der Vorverarbeitung ist die *automatische Segmentierung* von auftretenden Formen. Ziel für die Anwendung in der Heraldik ist die Freilegung der abgebildeten Figuren, die im Regelfall auf einem schraffierten Hintergrund abgebildet sind und so nicht direkt segmentiert werden können. Solche Schraffierungen stellen für gängige Segmentierungsverfahren ein erhebliches Problem dar [AB+95]. Diese beruhen häufig auf der Annahme, daß zu segmentierende Flächen in einer (fast) einheitlichen Farbe vorliegen und ihre Umrandung einen deutlichen Farbunterschied zum Hintergrund darstellt. Leider gehen Schraffierungen fast immer direkt in die Objektkonturen über und machen so auch den Einsatz von z.B. line-tracking-Verfahren unmöglich. Entwickelt wurde hier ein erfolgversprechendes Verfahren, welches zuerst einen Teil der Schraffierung in einer spezifischen Richtung entfernt, um dann die abgebildeten Formen auf einem weißem Hintergrund zum Beispiel mittels morphologischer Verfahren auszeichnen zu können [VBK99]. Bei der *Entfernung von Schraffierungen* beschränkt es sich dabei auf die Entfernung der Hintergrundschraffierung, da sonst die Gefahr der übermäßigen Beschädigung von Figuren und deren Umrissen besteht. Für die Entfernung der jeweiligen Schraffierung wurden diverse Verfahren adaptiert und getestet. Leider werden bei den meisten effektiven Verfahren auch die Konturen der abgebildeten Objekte angegriffen. Solche Objekte konnten häufig nur bruchstückhaft segmentiert werden (vgl. Abb. 4).

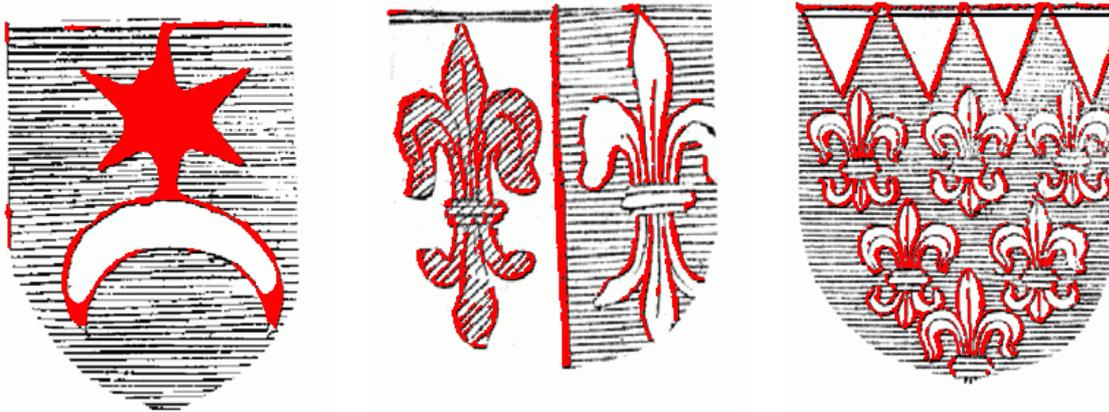


Abb. 4: Verschiedene Wappen und ihre automatisch segmentierten Objekte (rot)

Das entwickelte Verfahren greift nicht auf eine Bibliothek von Formelementen zurück, da die Heraldik sich durch eine extrem große Anzahl dargestellter Formen auszeichnet, sondern benutzt statt dessen einen *Entscheidungsprozeß*, welcher der menschlichen Perzeption bei der spezifischen Analyse von Wappendarstellungen nachgebildet ist. Tests an einer digitalisierten Wappensammlung ergaben, daß dabei die Schildfarbe von nur etwa 3% aller Wappen durch den Prozeß falsch eingeschätzt wurde [VBK99]. Die Hauptursache für diese Fehleinschätzungen waren qualitative Mängel in der Bildvorlagen, entweder durch den Scanprozeß, andererseits durch drucktechnische Mängel in der Scanvorlagen. Die Qualität der Ergebnisse hängt also einerseits vom Schraffierungsentfernungsverfahren, andererseits aber auch stark von der Beschaffenheit der Vorlage ab. Generell sind fragmentierte Objekte auf bruchstückhaften Schraffierungen praktisch kaum segmentierbar, während Figuren, die sich deutlich abzeichnen, sehr gut segmentiert werden konnte. Eine semiautomatische Nachbearbeitung einzelner Segmentierungsergebnisse ist jedoch bisher noch notwendig. In den meisten Fällen läßt sich die menschliche Interaktion allerdings auf eine bloße Bestätigung oder Ablehnung des Ergebnisses beschränken. Im Aufbau der Datenbasis im Rahmen des HERON-Projekts wird zusätzlich bereits versucht, Fehlerquellen durch die Scanvorlage weitestgehend auszuschalten, was die weitere Automatisierung der Segmentierung positiv beeinflussen sollte.

5 Das prototypische HERON-System

Zum Aufbau eines prototypischen Systems im Rahmen der Forschungen zum kunsthistorischen Arbeitsplatz wurde eine homogene Datenbankumgebung gewählt mit IBM DB2 Version 5.2 als unterliegender Datenbank, erweitert um die DB2 Relational Image und Text Extender für die Anwendung in der bildinhaltlichen und Volltext-Recherche [Cha96, FB+94]. Eine wesentliche Software-Designentscheidung war der Aufbau des HERON-Systems durch Componentware-Technologie aus kommerziellen Produkten und Eigenentwicklungen. Für das prototypische System ist eine Drei-Schichten-Architektur vorgesehen (vgl. Abb. 5). Zwischen der Server-Seite, welche die unterliegenden kommerziellen Datenbank- und Recherchekomponenten enthält, und der Client-Seite, die eine graphische Oberfläche zur Komposition komplexer Anfragen zur Verfügung stellt, wurde besonderer Wert auf die Entwicklung einer effizienten Middleware gelegt. Diese Middleware dient zur Verteilung komplexer Anfragen, die sowohl bildinhaltliche, als auch Volltextanteile enthalten können, zur Erzeugung des Gesamtergebnisses und schließlich zur Auslieferung des Bildmaterial nach anwendungsspezifischen

Gesichtspunkten. Die Implementation erfolgte in reinem Java Code, um ein Maximum an Plattformunabhängigkeit gewährleisten zu können.

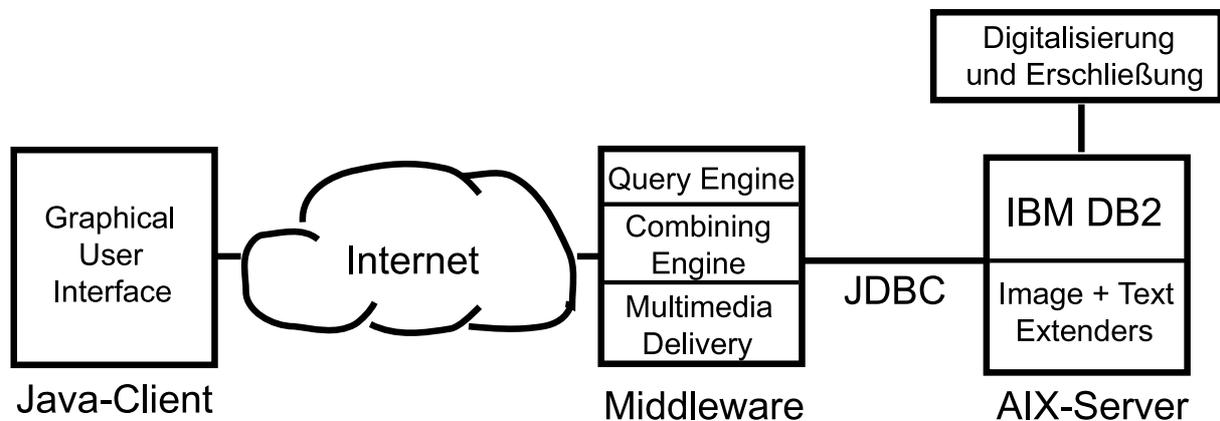


Abb. 5: Schichtenarchitektur des HERON-Systems

5.1 Verwendete kommerzielle Komponenten

Die Drei-Schichten-Architektur verteilt sich auf verschiedene Systeme. Für die Datenbank-Serverkomponente wird dabei auf eine IBM RS/6000 43P Workstation zurückgegriffen. Die Middleware ist komplett in Java gehalten und kann damit praktisch auf jeder Plattform ausgeführt werden. Die Clientapplikation ist vom Nutzungsprofil der kunsthistorischen Klientel bestimmt und wird deshalb auf PCs unter Microsoft Windows NT ausgeführt. Auch sie ist allerdings in reinem Java implementiert und kann damit prinzipiell auf jeder Plattform ausgeführt werden. Für den weiteren Verlauf des HERON-Projekts ist die Umsetzung der Clientapplikation in ein Java-Applet geplant, um die Recherchefähigkeiten durch jeden Internet-Browser zugänglich zu machen.

Insbesondere im Bereich digitaler Bibliotheken ist es wichtig, auf *erweiterungsfähige, skalierbare und flexible Datenbankplattformen* zu achten. Das im Projekt verwendete objektrelationale Datenbanksystem DB2 Universal Database Version 5.2 der Firma IBM setzt neben klassischen relationalen Datenbankoperationen spezielle Werkzeuge zur Handhabung von internetbasierten Anwendungsbereichen und multimedialer Information [Cha96]. Anders als in Standarddatenbanken wird hier neben der Speicherung alphanumerischer Daten eine besondere *Unterstützung multimedialer Datentypen*, wie etwa Bilder, Video- oder Audiodateien oder sogar komplexer Objekte angeboten. Spezielle Funktionen zum Management solcher Objekte wie zum Beispiel bildinhaltliche Suchmöglichkeiten, Speicherung, Auslesen oder Konvertierung von Bildmaterial, etc. sind in den zugehörigen DB2 Relational Extenders vereint, welche benutzerdefinierte Typen und Funktionen zur Verfügung stellen. Für Applikationen sind diese spezifischen Typen und Funktionen durch SQL ansprechbar. Durch die Ausrichtung als Plattform für digitale Multimediabibliotheken existieren separate Image-, Video-, Audio- und Text-Extender, welche jedoch zusammen eingesetzt werden können.

5.2 Die Komponenten des HERON-Systems

Das HERON-System besteht aus vier hauptsächlich Komponenten (vgl. Abb. 6):

- Digitalisierung und Erschließung
- Query Engine
- Combining Engine
- Multimedia Delivery Engine

Auf die Grundlagen zur Digitalisierung und Erschließung wird im genauer in Abschnitt 5.4 eingegangen, die Middleware-Komponenten Query Engine, Combining Engine und Multimedia Delivery Engine werden das zentrale Thema in Abschnitt 5.3 sein.

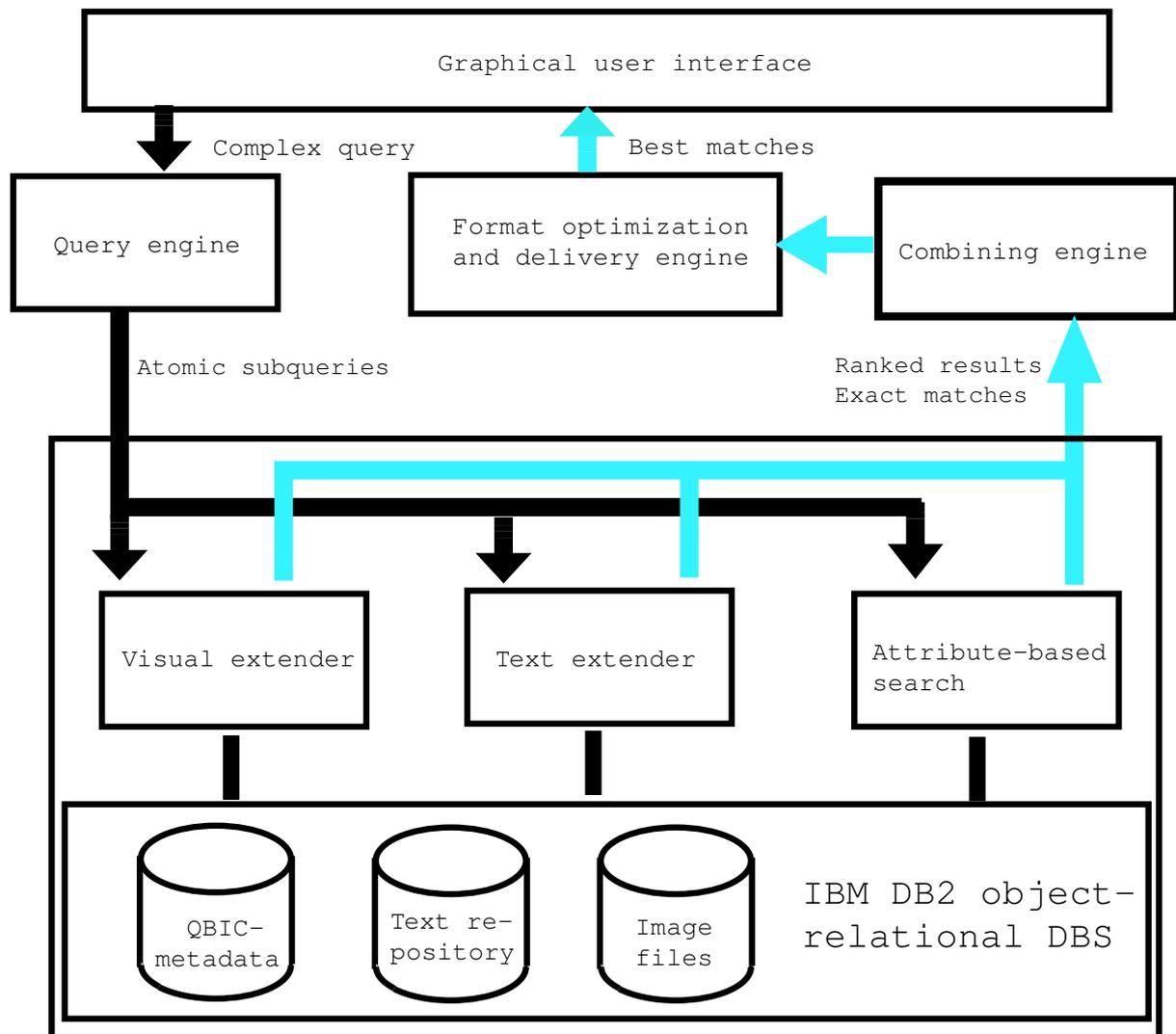


Abb. 6: Komponenten des HERON-Systems

5.3 Komponenten der HERON-Middleware

Die *Query Engine* nimmt komplexe Anfragen des Benutzers auf, unterteilt sie in ihre atomaren Anteile und gibt diese an die einzelnen unterliegenden Systeme über die JDBC-

Schnittstelle weiter. Dieser Teil des Systems ist insbesondere unverzichtbar, wenn eine Ausweitung auf heterogene Datenquellen oder sogar auf heterogene Recherche- und Datenbanksysteme erfolgt. Die Query Engine trägt keine Recherchefunktion sondern ist lediglich dazu vorgesehen die Offenheit des Systems gegenüber anderen Komponenten zu gewährleisten. In der Realisierung wird ein Anfrage-Objekt übernommen, welches auf der graphischen Oberfläche erzeugt wurde und neben bildinhaltlichen Komponenten (Farbe, Textur oder Layout) auch Volltextanteile (Anfragen an die Blasonierung oder Genealogie) oder Anfragen auf spezifische Attribute des Bildmaterials (Bildgröße, Herkunft) enthalten kann. Das Objekt wird in verschiedene Teile zerlegt, die an das für den entsprechenden Teil zuständigen System eventuell nach einer notwendigen Modifikation der Anfragesyntax weitergeleitet werden.

Die *Combining Engine* ist konzeptionell das Gegenstück zur Query Engine. Sie dient zur Vorbereitung der Ausgabe von Anfrageergebnissen. In der Combining Engine werden sämtliche atomaren Anfrageergebnisse wiederum mittels JDBC aufgenommen und mit Hilfe eines neuartigen Algorithmus nach einer vorgegebenen Kombinationsfunktion zu einem komplexen Anfrageergebnis zusammengefaßt [GBK99]. Das allgemeine Anwenderprofil zeigt hier, daß Anwender für komplexe Anfragen im allgemeinen nicht an der vollständigen Datenbasis als Ergebnis interessiert sind, sondern nur an einem geringen Teil, der die besten Objekte bezüglich der Anfrage innerhalb der gesamten Datenmenge beinhaltet [Fag96].

Die Grundidee für einen effizienten Kombinationsalgorithmus ist, verschiedene atomare Ergebnislisten gewichtet zu einem Gesamtergebnis zusammenzufassen, ohne dabei die irrelevanten Teile jeder einzelnen Liste materialisieren zu müssen [CG97]. Unter einer vollständigen Materialisierung versteht man in diesem Zusammenhang den vollständigen Aufbau der Ergebnisliste, der nur durch einen ineffizienten Scan über die gesamte Datenbasis generiert werden kann. Derzeit kann auf die genaue Funktionsweise des Algorithmus in [GBK99] nicht eingegangen werden, da die Entscheidung über eine Patentierung die Offenlegung noch verhindert.

Die *Multimedia Delivery Engine* beschäftigt sich mit zwei verschiedenen Aspekten der HERON-Datenbank, nämlich der Haltung und der Auslieferung von Bildmaterial. Der generelle Ansatz ist jedoch auf verschiedene Arten von Multimediadokumenten übertragbar. Multimediadokumente liegen in Digitalen Bibliotheken oftmals in unterschiedlichen Formaten vor, die zueinander in funktionalen Abhängigkeiten stehen, d.h. durch geeignete Formatkonvertierungen ineinander überführt werden können. Bei der *Auslieferung von Multimediadokumenten* muß insbesondere spezifischen Forderungen von seiten der Anwender aus unterschiedlichsten Benutzerkreisen Rechnung getragen werden [KKK97]. Eine zentrale Aufgabe dabei ist die Verfügbarkeit von Bildmaterial in unterschiedlichsten Qualitätsstufen und Bildformaten. Existierende kommerzielle Datenbanksysteme wie IBM DB2 sehen bereits die Möglichkeit zur Auslieferung von Bildmaterial in diversen Formaten und Qualitätsstufen vor. Doch ist in diesen Systemen primär nur die Speicherung eines Referenzformats vorgesehen, aus welchem alle anderen Formate für die Auslieferung konvertiert werden müssen.

Abhilfe schafft hier die Speicherung häufig angefragter Formate in der Datenbank. Mit sich veränderndem Anfrageprofil müssen auch die in der Datenbank abgelegten Formate geändert werden. Die Auswahl von Speicherformaten gestaltet sich allerdings problematisch:

- Einerseits werden zum Preis von hohen Speicherkosten Dokumente in der Datenbank gespeichert, die selten angefragt werden und zudem mit geringem Kostenaufwand aus äquivalenten Dokumenten in anderen Formaten gewonnen werden können.
- Andererseits werden häufig angefragte Dokumente nicht gespeichert, obwohl ihre Online-Konvertierung sehr teuer ist.

Ziel einer *Format-Optimierung* zum Austausch von Multimediadokumenten ist die kostenoptimale Balance zwischen gespeicherten und durch Konvertierung generierten Dokumenten. Die Funktionsweise des verwendeten Algorithmus zur Formatoptimierung wird in [WHK99] genauer erläutert.

5.4 Datenerfassung, Digitalisierung und Datenbestand

Dem deutlichen Anstieg der Erwartungshaltung verschiedener Benutzergruppen hinsichtlich komfortabler und effizienter Recherchewerkzeuge in digitalen Bildersammlungen steht ein rasch wachsender Umfang der *online verfügbaren Datenbestände* gegenüber. Mehr und mehr Institutionen erkennen die Attraktivität und Notwendigkeit einer Präsenz der eigenen Bildbestände im Internet [HH94, NF98]. Das HERON-Projekt konzentriert sich in seiner derzeitigen Phase auf die Heraldik. Das grundlegende Standardnachschlagewerk für historische Wappen ist Johann Siebmachers großes Wappenbuch [S1856], welches im Rahmen des Projekts fachlich erschlossen und digital aufbereitet wird. In der selbst für Spezialisten oft schwer zu durchschauenden Struktur der über 100 Einzelbände mit ca. 130.000 Wappenbildern bildet die topographische Einordnung eines Wappens oder eines Familiennamens die wesentliche Ordnungsebene. Ein unbekanntes Wappen ohne Anhaltspunkt auf seine Herkunft zu identifizieren, ist für den Laien deshalb schlichtweg unmöglich, kann aber mit Mitteln der bildinhaltlichen Suche ermöglicht werden.

5.4.1 Erschließung von Textinformation

Neben dem umfangreichem *Bildmaterial* stellt Siebmachers großes Wappenbuch auch fachliche *Textinformation* z.B. eine genaue Bildbeschreibung oder genealogische Information zur Verfügung. Solche Meta-Daten haben einen großen Wert gerade auch für Bildrecherchesysteme [SK98]. Sie bieten nicht nur allgemeine Information bezüglich der recherchierten Ergebnisbilder, sondern befähigen Experten dazu, schnell Informationen über bekanntes Bildmaterial erhalten oder eigene Vermutungen verifizieren zu können. Unter einer vollen Erschließung versteht man also nicht nur die Digitalisierung von Wappendarstellungen, sondern auch die fachlich fundierte redaktionelle Aufarbeitung und OCR-Behandlung von Texten, die im Bezug zum Bildmaterial stehen. Eine genauere Darstellung der Vorgehensweise zur Digitalisierung im HERON-Projekt unter Berücksichtigung der besonderen geisteswissenschaftlichen Bezüge und Problemstellungen gibt [UBK99].

Einen zusätzlichen Wert sowohl für den Fachwissenschaftler als auch für den interessierten Laien bietet das HERON-System mit seinem integrierten *Bildthesaurus*, der die Suche nach bestimmten Bildelementen durch deren exemplarische Darstellung erleichtert. Durch die begleitenden Bildbeispiele wird der hierarchisch geordnete Index von Sachbegriffen, die mit den bildinhalterschließenden Texten verknüpft sind, für Laien, welche die genaue Fachterminologie nicht beherrschen, aber auch für fremdsprachliche Benutzer anwendbar. Die Integration eines englischen und eines französischen Fachthesaurus ist als zusätzlicher Schritt geplant.

5.4.2 Qualität des Rechercheergebnisses und HERON-Datenbasis

Wichtig für das Projekt ist die Möglichkeit mittels der beschreibenden Textinformation, welche in den heraldischen Standardwerken bereits vorliegt, genauen Aufschluß über die *Güte der Rechercheergebnisse* zu erhalten. Die Heraldik ist eines der wenigen geisteswissenschaftlichen Gebiete, die es erlaubt, solche Beschreibungen ohne redaktionellen (d.h. kostenintensiven) Erschließungsaufwand zu erhalten. Ein wesentlicher Teil nach der erfolgreichen Er-

schließung wird also die *Precision/Recall-Analyse* der Ergebnisse sein, bei der herkömmliche Volltextrecherche benutzt werden kann, um die Güte bildinhaltlicher Ergebnisse zu bewerten oder die geeignetsten Kombinationen von Features für Anfragen in einem spezifischen Fachgebiet auszuwählen. Die so gewonnenen Erkenntnisse können danach auf andere Gebiete verallgemeinert werden, ohne wiederum kostenintensive Bildbeschreibungen zu benötigen.

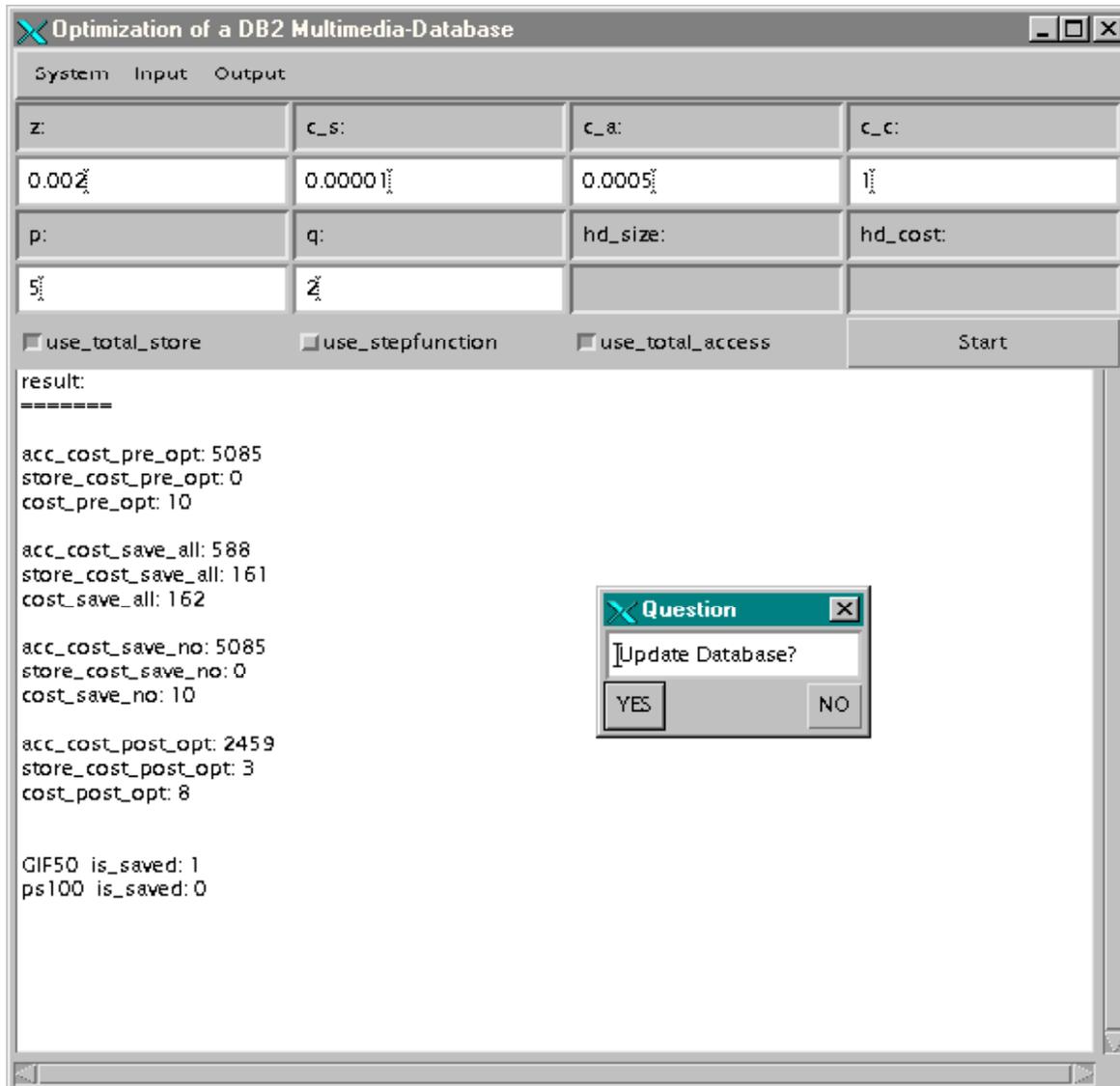


Abb. 6: Graphische Oberfläche des Datenbank-Administrationswerkzeugs

Die derzeitige *Datenbasis* umfaßt etwa 2500 im obigen Sinne vollerschlossene und digitalisierte Wappen mit den zugehörigen Textinformationen und darüber hinaus rund 3000 digitalisierte Wappenbilder, die noch textuell aufbereitet werden müssen. Bisherige Untersuchungen zur Arbeitsleistung zeigen, daß die Vollerschließung jeden Wappenbildes durch studentische Hilfskräfte etwa DM 2,00 kostet [UBK99]. Diese Kosten teilen sich je zur Hälfte auf die Digitalisierung mit Bildbearbeitung der Wappendarstellungen und die fachspezifische Volltexterschließung der Bildannotationen auf. Pro Stunde können ca. 6 Wappen voll erschlossen werden. Leider liegen in anderen Anwendungsbereichen nur sehr selten textuelle Erschließungen von der Güte und Menge wie hier in Siebmachers großem Wappenbuch vor. Die redaktionelle Volltexterschließung wird also auf anderen Fachgebieten ein Vielfaches der rei-

nen Digitalisierungskosten für Bildmaterial ausmachen. Offensichtlich ist, daß die Erschließung der entsprechenden Bildersammlungen um so günstiger realisiert werden kann, je weniger Volltexterschließung zur Erzeugung qualitativ ausreichender Rechercheergebnisse benötigt wird.

5.5 Implementierung und Werkzeuge zur Formatoptimierung

Zur komfortablen Handhabung der implementierten Formatoptimierung wurde ein Datenbank-Administrationswerkzeug entwickelt [WHK99]. Abbildung 6 zeigt die Interaktion mit der graphischen Oberfläche. Prinzipiell kann das Werkzeug genutzt werden, um automatisch oder semiautomatisch bestimmte Datenbankkonfigurationen zu simulieren, evaluieren und optimieren. Dies ermöglicht dem Datenbankadministrator eine kostensparende Verwaltung durch komfortable Möglichkeiten zum physischen Tuning.

Die Implementierung verwendet neben den vom DB2 Relational Image Extender bereitgestellten Datentypen und benutzerdefinierten Funktionen ausschließlich Java, JDBC und Standard SQL. Damit ist ein Maximum an Flexibilität und Plattformunabhängigkeit gewährleistet. Die Implementierung verwendet das folgende Datenmodell mit vier Entitytypen:

- *Image* dient zur Referenzierung der gespeicherten Bilder anhand ihres Namen.
- Jedes Bild wird mit einer Menge von Instanzen der Entität *Rawimage* assoziiert, die jeweils ein Bild in einem spezifischen Auslieferungsformat realisieren. Die Implementierung verwendet an dieser Stelle den Datentyp DB2Image des DB2 Image Extenders.
- Statistische Daten über Zugriffe auf Bildmaterial werden von *Access_Profile* verwaltet. Für die Optimierung werden primär Daten über Ziel- und Quellformat, sowie Auslieferungs- und Konvertierungszeiten gespeichert.
- Zur expliziten Formulierung der potentiell anwendbaren Konvertierungen dient schließlich die Entität *Conversion*.

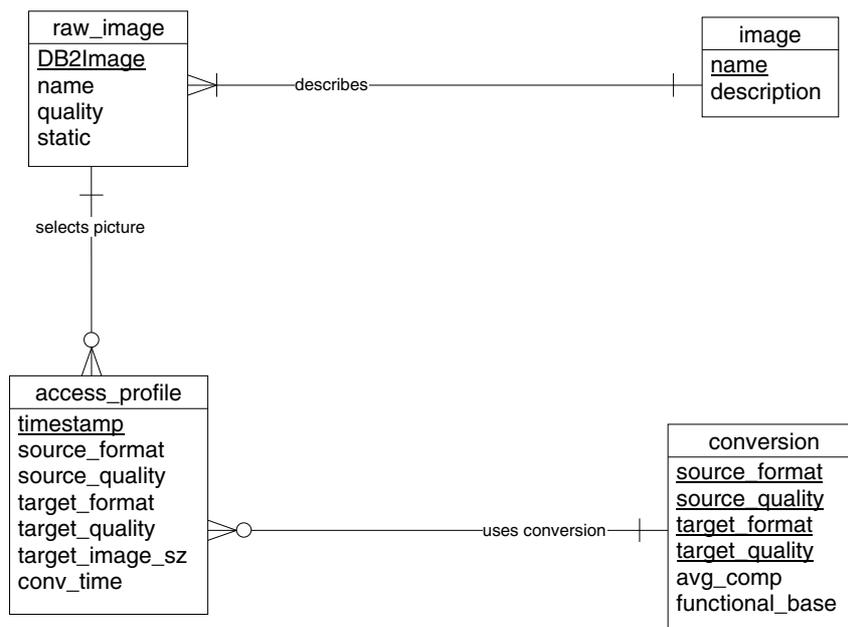


Abb. 7: Datenmodell für die Multimedia Delivery

5.6 Graphische Benutzerschnittstelle

Für graphische Gestaltung und Implementierung der *Benutzerschnittstellen* wurde der kommerzielle Inprise JBuilder 2.0 in der Client/Server Edition verwendet. Auch hier sorgt die Implementierung in Java für maximale Plattformunabhängigkeit auf der Clientseite. Die Oberfläche erlaubt die graphische Komposition komplexer Anfragen mit sowohl bildinhaltlichen, als auch volltextbasierten Anteilen (vgl. Abb. 7). Die Wiederverwendbarkeit von Anfragen ist durch die Möglichkeit zur Speicherung typischer Anfragen gewährleistet. Zur Komposition stehen dabei folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- Generell ist die Anfrage mit exemplarischem Bildmaterial (“Query by Visual Example“) für jedes bildinhaltliche Feature möglich.
- Für Farbanfragen werden Farbpaletten angeboten und sogar ein besonderes auf die heraldischen Farben abzielendes Werkzeug zur Histogrammkonstruktion bereitgestellt.
- Für Texturen und Layoutfeatures wird ein Katalog beispielhafter Anfragemuster aus der Heraldik zur Auswahl angeboten.
- Textfeatures beinhalten Volltextsuchemöglichkeiten mit Wildcards, Negation, Kontextbezug, aber auch nach phonetischen oder thematischen Gesichtspunkten.
- Auf Volltexte kann auch mittels eines Bildthesaurus zugegriffen werden, welcher exemplarische Bilddarstellungen mit Textausdrücken verknüpft und einen deutlich erleichterten Zugang für fachfremde Benutzer garantiert.

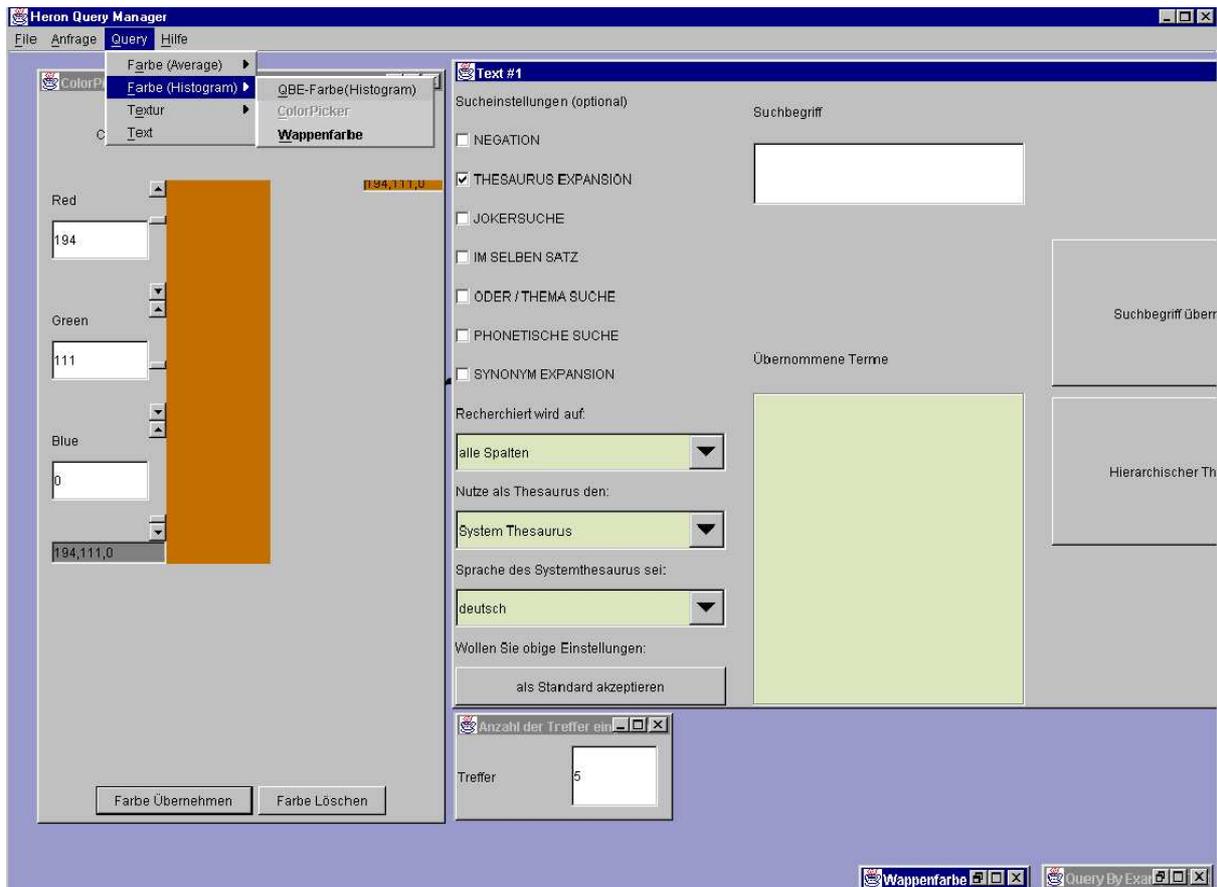


Abb. 7: Screenshot der Client-Oberfläche zur Anfrage an das HERON-Systems

Die Rücklieferung der Ergebnismengen kann auf jede beliebige Anzahl von Objekten begrenzt werden. Ausgegeben werden dabei jeweils ein Thumbnail des Bildes zusammen mit bibliographischen Angaben und der Bildannotation. Bei Bedarf können einzelne Bilder dann in höherer Auflösung zur weiteren Analyse angefordert werden (vgl. Abb. 8). Die graphischen Benutzerschnittstellen des HERON-Systems werden derzeit nach ergonomischen Gesichtspunkten weiterentwickelt. Durch Tests mit Pilotinstallationen im kunsthistorischen Bereich sollen dabei praktische Erfahrungen der Endbenutzer als Feedback aufgenommen und im System und den Benutzerschnittstellen umgesetzt werden.

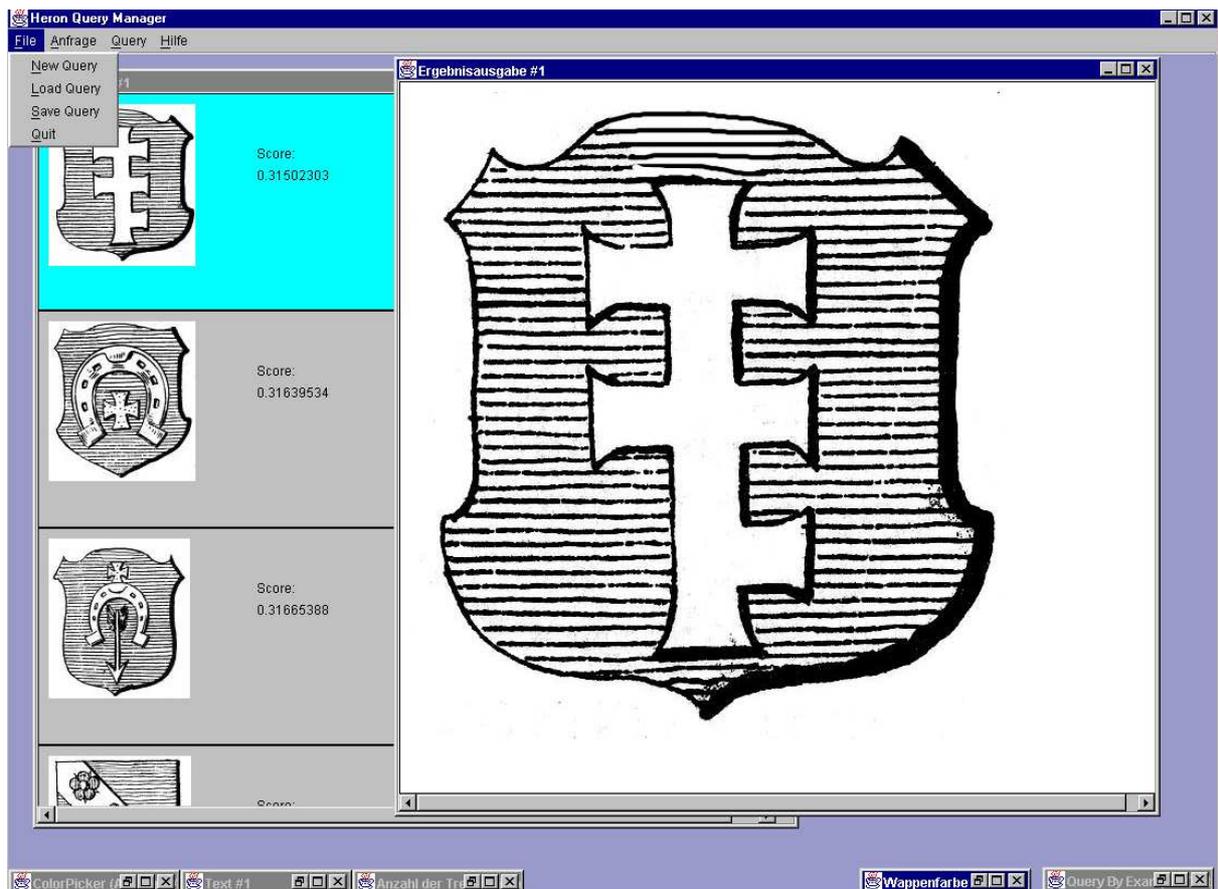


Abb. 8: Screenshot der Oberfläche zur Ergebnisverarbeitung im HERON-System

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Nutzbarkeit von bildinhaltenen Rechtersystemen zur effizienten Handhabung großer Bildbestände ist eine zentrale Fragestellung im Zuge der Ausdehnung und Verbreitung digitaler Bibliotheken und stetig wachsender Bildarchive. Wesentlich ist, daß durch effektive automatisch extrahierte graphische Merkmale direkt aus dem Bild die aufwendige und kostenintensive verbale Bildbeschreibung und Klassifikation entfallen kann. Die Erschließung von Meta-Daten soll sich lediglich auf relevante Bildannotationen aus der Forschungsliteratur oder auf hilfreiche Querverweise und Literaturangaben beschränken können. Eine solche Aufbereitung bietet nicht nur Experten ein mächtiges Arbeitsinstrument, sondern garantiert auch für fachfremde Forscher oder interessierte Laien einen intuitiven Zugang zu wertvoller Information.

In diesem Zwischenbericht wurde aufgezeigt, daß sich die Hauptschwierigkeit der bildinhaltlichen Recherche in verschiedene Teile aufgliedern lassen:

- Für jedes Anwendungsgebiet muß die spezifische Auswahl der bildinhaltlichen Features neu getroffen und ihre Gewichtung zueinander entsprechend der fachlichen Aussagekraft optimiert werden. Je nach Art der Anwendung können dazu sogar diverse Arten der Extraktion graphischer Information notwendig sein.
- Formbasierte Features zeigen auf dem Gebiet der Bildanalyse große Schwächen und verlangen einen kostenintensiven Vorverarbeitungsschritt, in welchem relevante Formen auf jedem Bild ausgezeichnet werden müssen (Segmentierung). Eine Automatisierung dieses Schritts ist aus Kostengründen unumgänglich.
- Für die Kombination bewerteter Ergebnislisten miteinander müssen sowohl für homogene, als auch für heterogene Datenquellen und -strukturen effiziente Algorithmen bereitgestellt werden.
- Bei der Auslieferung von Bildmaterial muß den Anforderungen der Benutzer Rechnung getragen werden. Verschiedene Bildformate und Qualitätsstufen sollen zur Verfügung stehen, aber ein nur Mindestmaß an sowohl Speicherplatz, als auch Konvertierungszeiten benötigt werden. Hier ist ein optimaler Ausgleich zu schaffen.

Im HERON-Projekt wurde versucht, Lösungen zu diesen Schwerpunkten zu finden. Dabei wurde der Schwerpunkt darauf gelegt, die Algorithmen eines kommerziellen bildinhaltlichen Recherchesystems dem kunsthistorischen Anwendungsgebiet der Heraldik anzupassen, dabei aber die Möglichkeit für Erweiterungen und die Einbindung verschiedener Recherchekomponenten und heterogener Datenquellen offenzuhalten. Für das spezielle Gebiet der Heraldik wurden erfolgversprechende Segmentierungsalgorithmen implementiert und ein Entscheidungsprozeß vorgestellt, der einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur automatischen Segmentierung bedeutet [VBK99]. Eine fachlich fundierte Erschließung und Digitalisierung eines heraldischen Standardwerkes im Rahmen des Projekts schafft nicht nur eine geeignete Grundlage zur wissenschaftlichen Arbeit im historischen und kunsthistorischen Bereich, sondern bietet zusätzlich durch Erfassung historischer Bildbeschreibungen die Möglichkeit die bildinhaltliche Recherche mit herkömmlicher Volltextrecherche vergleichen zu können [UBK99].

In der Systemarchitektur wurde eine Middleware-Schicht eingesetzt, welche effiziente Algorithmen sowohl zur Kombination bewerteter Ergebnislisten aus homogenen Quellen miteinander [GBK99], als auch zur Formatoptimierung und Auslieferung multimedialer Dokumente in diversen Formaten und Qualitätsstufen benutzt werden können. Speziell für den Datenbank Server wurden Werkzeuge vorgestellt, welche eine einfache Reorganisation und Konvertierung des physisch gespeicherten Bildmaterials ermöglichen [WHK99].

Weitere Fragestellungen und offene Probleme im interdisziplinären HERON-Projekt sind sowohl geisteswissenschaftlicher als auch informatischer Natur. Im kunsthistorischen Anteil des Projekts muß ein Konzentration -neben der Fortführung der fachlich fundierten Erschließung und Digitalisierung geisteswissenschaftlicher Bestände- vor allem auf der Ausweitung auf andere Anwendungsgebiete liegen. Die Schwierigkeit ist hierbei insbesondere in der Erschließung der anwendungsspezifischen Semantik zu sehen, ohne welche keine effektive bildinhaltliche Suche oder effiziente Vorverarbeitung und Segmentierung möglich sein kann.

Von informatischem Interesse ist neben der Einbringung von derzeit kommerziell nicht erhältlichen Formfeatures in die Bildrecherche, insbesondere die Kombination bewerteter Ergebnislisten aus heterogenen Datenquellen, um die Ausweitung auf andere Gebiete effizient

ermöglichen zu können. Außerdem ist im Zuge der WWW-Anbindung eine Reihe von optimierten Auslieferungsdiensten (Fax, Mobile Computing) für diverse Anwenderprofile über heutige Internetstandards hinaus geplant.

Danksagung

Das HERON Projekt wird im Rahmen des V3D2-Schwerpunktprogramms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Die verwendete Datenbank Software DB2 und die DB2 Relational Extender wurden von IBM im Rahmen des Programms „DB2 for Educational Puposos“, der Informix Universal Server mit dem Excalibur DataBlade von Informix zur Verfügung gestellt. Besonderen Dank möchten wir Dr. Ulrich Hohoff für seine Unterstützung aussprechen.

7 Literatur

- [AB+95] Ashley, Barber, Flickner, Hafner, Lee, Niblack, Petkovic. Automatic and Semi-Automatic Methods for Image Annotation and Retrieval in QBIC. Technical Report RJ-9951. IBM Almaden Research Center 1995
- [BF+96] Bach, Fuller, Gupta, Hampapur, Horowitz, Humphrey, Jain, Shu. Virage Image Search Engine: An Open Framework for Image Management. In: Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE) 1996, pp. 76-87, 1996
- [CG97] Chaudhuri, Gravano. Optimizing Queries over Multimedia Repositories. In: 16th ACM Symposium on Principles of Database Systems, pp. 91-102. ACM 1997
- [Cha96] Chamberlin. Using the New DB2: IBM's Object-Relational Database System. Morgan Kaufmann Publishers 1996
- [FB+94] Faloutsos, Barber, Flickner, Hafner, Niblack, Petkovic, Equitz. Efficient and Effective Querying by Image Content, Journal of Intelligent Information Systems, Vol. 3 (1994), pp. 231-262
- [FSZ95] Furht, Smoliar, Zhang. Video and Image Processing in Multimedia Systems, Kluwer Academic Publishers 1995
- [Fag96] Fagin. Combining Fuzzy Information from Multiple Systems. In: 15th ACM Symposium on Principles of Database Systems, pp. 216-226. ACM 1996
- [Fur96] Furht (edit.). Multimedia Tools and Applications. Kluwer Academic Publishers 1996
- [GBK99] Güntzer, Balke, Kießling. Optimizing Multi-Feature Queries for Image Databases. Bisläng unveröffentlicher Technischer Bericht 1999-5, Institut für Informatik. Universität Augsburg 1999
- [GJ78] Galbreath, Jéquier. Lehrbuch der Heraldik, Augsburg 1978

- [Gon98] Gong. Intelligent Image Databases. Kluwer Academic Publishers, 1998
- [HH94] Holt, Hardwick. Retrieving Art Images by Image Content: The UC Davis QBIC Project. ASLIB Proceedings, London, Bd. 46, Nr. 10 pp.243-248. 1994
- [HK92] Hirata, Kato. Query by Visual Example, Advances in Database Technology EDBT '92, Heidelberg 1992
- [Inf97] Informix Software, Inc. Excalibur Image DataBlade Module (User's Guide), Informix Press 1997
- [KE+98] Kießling, Erber-Urch, Balke, Birke, Wagner. The HERON Project – Multimedia Database Support for History and Human Sciences. In: 28. Annual Conference of the German Computer Society (GI): INFORMATIK98, LNCS, Magdeburg, Germany, September 1998. Published in Dassow, Kruse (edit.). Informatik '98: Informatik zwischen Bild und Sprache, pp. 309-318, Heidelberg 1998
- [KKK97] Köstler, Kowarschik, Kießling. Client-Server Optimization for Multimedia Document Exchange, Proceedings of the 5th International Conference on Database Systems for Advanced Applications. pp. 135-144. Melbourne 1997
- [MKL95] Mehtre, Kankanhalli, Lee. Shape Measures For Content Based Image Retrieval: A Comparison, Technical Report TR95-195-0, Institute of Systems Science, National University of Singapore 1995
- [NB+93] Niblack, Barber, Equitz, Flickner, Glasman, Petkovic, Yanker, Faloutsos, Taubin. The QBIC Project: Querying Images by Content using Color, Texture and Shape, SPIE 1993 pp 173-181, 1993
- [Neu90] Neubecker. Heraldik, Augsburg 1990
- [NF98] Neuhold, Ferber. Scientific Digital Libraries in Germany: Global-Info, a Federal Government Initiative. In: Proceedings of ECDL '98, Heraklion 1998
- [SS+99] Sheth, Shah Parasuraman, Mudumbai. Searching Distributed and Heterogeneous Digital Media: The VisualHarness approach. In: 8th Working Conference on Database Semantics – Semantic Issues in Multimedia Systems, pp 311-330. 1999
- [S1856] J. Siebmacher's grosses und allgemeines Wappenbuch. Neu hrsg. von Otto Titan von Hefner. Nürnberg 1856 ff.
- [SK98] Sheth, Klas (Edit.). Multimedia Data Management: Using Metadata to Integrate and Apply Digital Media. McGraw-Hill 1998
- [Str94] Straten van Roelof. Iconography Indexing Iconclass, Foleor Publishers, Leiden/Niederlande 1994
- [Swa93] Swain. Interactive Indexing into Image Databases. In: SPIE Proceedings, volume 1908, 1993

- [Sub98] Subrahmanian. Principles of Multimedia Database Systems. Morgan Kaufmann Publishers 1998
- [UBK99] Urch, Balke, Kießling. Erfahrungen in der Digitalisierung und Erschließung einer historischen Wappensammlungen, Technischer Bericht 1999-1, Institut für Informatik. Universität Augsburg 1999
- [VBK99] Vogel, Balke, Kießling. Automatische Segmentierung in Wappensammlungen mittels MVTec Halcon. Technischer Bericht 1999-3, Institut für Informatik. Universität Augsburg 1999
- [WHK99] Wagner, Holland, Kießling. Efficient and Flexible Multimedia Delivery with Universal Database Systems. Technischer Bericht 1999-2, Institut für Informatik. Universität Augsburg 1999
- [WSB98] Weber, Schek, Blott. A Quantitative Analysis and Performance Study for Similarity-Search Methods in High-Dimensional Spaces. In: Proceedings of VLDB 1998. pp. 194-205. New York 1998