



Bibliotheca Hertziana (Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte)

Bildkonstruktionen bei Annibale Carracci und Caravaggio:

Analyse von kunstwissenschaftlichen Datenbanken mit Hilfe skalierbarer Bildmatrizen.

Ein Projekt von Maximilian Schich und Sybille Ebert-Schifferer
gefördert im Rahmen des Innovationsfonds der MPG im Jahr 2008

Bildklassifikation: Maike Sternberg-Schmitz und Ingrid Dettmann

Datenbereitstellung: Georg Schelbert und Verena Gebhard | *Programmierung:* Martin Raspe

Projekt-URL: <http://www.biblhertz.it/deutsch/forschung/bildmatrix/index.htm>

EINLEITUNG

Im Rahmen seiner Dissertation¹ hat Dr. des. Maximilian Schich ein neues Verfahren zur Analyse von Bildern mit Hilfe skalierbarer Bildmatrizen entwickelt. Hierzu wurden Methoden aus der Netzwerkforschung angewandt. Die Netzwerkforschung ist ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, in dem Netzwerke aus unterschiedlichen Bereichen, z.B. Sozial-, Wirtschafts-, Lebens- und Naturwissenschaften, mit mathematisch-statistischen Methoden untersucht werden. Jede Datenbank kann als *Netzwerk* betrachtet werden. Die Datenbankeinträge können dabei als die *Knoten* des Netzwerks verstanden werden, die Datenbankbeziehungen als Verbindungen zwischen den Knoten, als so genannte *Links*.

Wenn man in den Kunstwissenschaften Datenbanken als Netzwerke betrachtet, so sind die *Knoten* die Einträge, welche beispielsweise Artefakte, Kunstwerke, Personen, Örtlichkeiten, Zeitbereiche oder Ereignisse repräsentieren. Dadurch entsteht eine Vielzahl von Knotenarten. Eine Beziehung zwischen zwei Knoten, z.B. Gebäude A wurde durch Person B geschaffen, ist ein *Link*. Naturgemäß entstehen durch die Beziehungen der unterschiedlichen Knoten eine Vielzahl möglicher Linkarten. In einer Datenbank entsprechen Knoten und Links einer Eingabekonvention. Durch diese Konvention ist es möglich, dass sehr viele Personen voneinander unabhängig eine große Menge von Einzeldaten zusammentragen können. Bis hierher entspricht eine Datenbank dem bildungsbürgerlichen Lexikon im Bücherschrank. Der Vorteil einer Datenbank gegenüber einem Lexikon besteht darin, dass durch die digitale Form der Datenbank die mathematisch-statistischen Methoden der Netzwerkforschung eine ganzheitliche Sicht des gesamten Datenbestandes erlauben. So können Zusammenhänge offengelegt werden,

die über das hinaus gehen, was zum Zeitpunkt der Anlage der Datenbank bekannt war oder durch herkömmliches Nachschlagen im Lexikon herauszufinden ist. Hierbei können skalierbare Bildmatrizen eine wertvolle Hilfe sein. Dies soll im Folgenden beispielhaft erläutert werden.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Schlüsselphänomene, wie die Entwicklung eines Kanons von Themen oder die Genese von Bildmotiven, entstehen nicht wie oft angenommen durch die singuläre Aktion einer Autorität, sondern sind die Folge von so unterschiedlichen Faktoren wie Sichtbarkeit, Popularität und Aufmerksamkeit des Rezipienten. Ein Kriterium für das Vorhandensein eines Kanons ist, dass bestimmten Kunstwerken (jeglicher Art von der Kleinbronze bis zum Baukomplex) eine grössere Bedeutung als anderen beigemessen wird. Entscheidend ist hier das Bezugssystem. In unserem Fall beziehen wir uns auf die Dokumentationshäufigkeit in der jeweiligen Datenbank. Je häufiger ein Kunstwerk in dieser Datenbank genannt wird, desto grösser ist seine Bedeutung. Erstaunlicherweise gehorcht die Verteilung dieser Häufigkeit *cum grano salis* einer negativen Exponentialfunktion und fällt damit wesentlich stärker ab als man erwarten würde. In Fig. 1 wird die gefundene exponentielle Abnahme mit anderen möglichen Verteilungsfunktionen verglichen, die der gängigen Intuition entsprechen. Es wird darauf hingewiesen, dass eine Exponentialfunktion die gefundenen Verteilungen nur annähernd beschreibt. In der Literatur wird diese Häufigkeitsverteilung deshalb oft durch zwei willkürlich definierte Teile beschrieben: Dem Kopf (**grüner Bereich** in Fig. 1) und dem *long tail* (**gelber Bereich** in Fig. 1).²

¹ *Rezeption und Tradierung als komplexes Netzwerk. Der CENSUS und visuelle Dokumente zu den Thermen in Rom* (Diss. HU-Berlin Mai 2007). Verlag Bering & Brinkmann 2008, ISBN 978-3-93060956-7, URN urn:nbn:de:bsz:16-artdok-7002, URL <http://tinyurl.com/artdok-2009-700>;

„The Network of (Antique) Reception: Evolution, Self-Similarity and Transmission“, Satellite Workshop of European Conference on Complex Systems, „Dynamics On and Of Complex Networks“, Dresden, 5. Oktober 2007,

Abstract: <http://www.cel.iitkgp.ernet.in/~eccs07/>;

„Reception and Transmission of Visual Information as Complex Networks“, Workshop and Summer School in Complex Systems and Networks, Sovata, Romania, 15.-20. Juli 2007, Abstract: <http://www.summerschools.ro/upload/abstracts.pdf> S. 36.

² Anderson, Chris: *The Long Tail*. New York: Hyperion, 2006. <http://www.thelongtail.com>

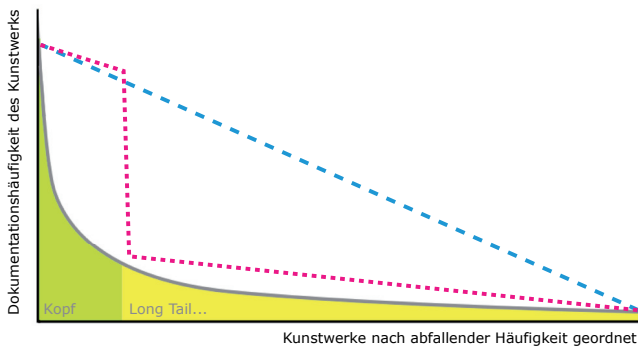


Fig. 1: Die Dokumentationshäufigkeit von Kunstwerken nimmt exponentiell ab und folgt nicht, wie man annehmen könnte, einer linearen Abnahme oder einer abfallenden Stufenfunktion. Die Exponentialfunktion wird willkürlich in zwei Bereiche zerlegt, wobei der grüne Teil als Kanon aufgefasst werden kann, der gelbe Teil den grossen Rest der Kunstwerke umfasst. Der gelbe Teil ist in der Literatur als long tail bekannt.

Es ist naheliegend, aber ebenso willkürlich, den Kopf mit einem „Kanon“ gleichzusetzen. Die Verwendung des Begriffs „Kanon“ ist problematisch. In unserer Untersuchung ist der „Kanon“ eine Rangfolge von Kunstwerken, die nach der Dokumentationshäufigkeit der Kunstwerke in der Datenmenge geordnet ist. Es bleibt dem Leser überlassen, inwieweit dieser „Kanon“ die tatsächliche kunstwissenschaftliche Bedeutung eines Kunstwerks widerspiegelt. Eine andere Frage ist die nach den objektiven Kriterien einer Abgrenzung eines solchen Kanons: An welchem Punkt der stetig abfallenden Dokumentationshäufigkeit soll die Grenze zwischen „gehört zum Kanon“ und „gehört nicht zum Kanon“ gezogen werden. Nur im Fall der abfallenden Stufenfunktion definiert ein fast senkrechter Abfall eine quasi natürliche Abgrenzung.

Der beschriebene exponentielle Abfall wurde im *Census*,³ der *THERMAE-Datenmenge*⁴, der *Archäologischen Bibliographie*⁵ und der *Zuccaro-Datenbank*⁶ gefunden. Außerdem wurde festgestellt, dass die Häufigkeitsverteilung der Dokumentationshäufigkeit in diesen Datenbanken selbständig ist: Greift man z.B. eine Gattung von Kunstwerken, Kunstwerke eines Künstlers oder Teile eines Kunstwerkes heraus, so ergibt sich stets neu eine exponentielle Verteilung der Dokumentationshäufigkeit, also Kopf und long tail. Dieses funktionale Verhalten findet sich nicht nur bei Dokumentationslinks, sondern auch bei vielen anderen Linkarten in den untersuchten Datenbanken. Damit ist anzunehmen, dass der exponentielle Abfall ein ubiquitäres Kennzeichen jeder kunstwissenschaftlichen Datenbank ist.

Insbesondere wurde in diesem Vorhaben die Darstellungshäufigkeit sowie das gleichzeitige Auftreten typisierter Bildgegenstände in 166 Gemälden von Annibale Carracci und 89 Caravaggio-Gemälden sowie 455 Vergleichswerken untersucht.⁷ Ausgehend von den Repousoirfiguren, die leider eine geringe statistische Häufigkeit aufweisen und sich deshalb beim Klassifizieren als wenig typisiert erwiesen haben, wurde der Schwerpunkt dieser Untersuchungen auf umgrenzbare Teile aller Figuren gelegt: die Handgesten nach dem Katalog von Bulwer.⁸ In Figur 2 wird das Vorgehen schematisch dargestellt. Zunächst wird das Gemälde in einem ersten Schritt, entsprechend der Klassifizierungsstrategie, in Bildausschnitte zerlegt. Im gezeigten Fall ist das Klassifikationsmerkmal dieses ersten Schrittes die vollständige Figur. In einem zweiten Schritt wird die ausgeschnittene Figur einem oder mehreren Klassifikationskriterien zugeordnet, hier einer Pathosformel des Sterbenden und einer Handgeste. Dafür wurde ein spezielles Klassifikationsstool entwickelt (siehe Software-Entwicklung).

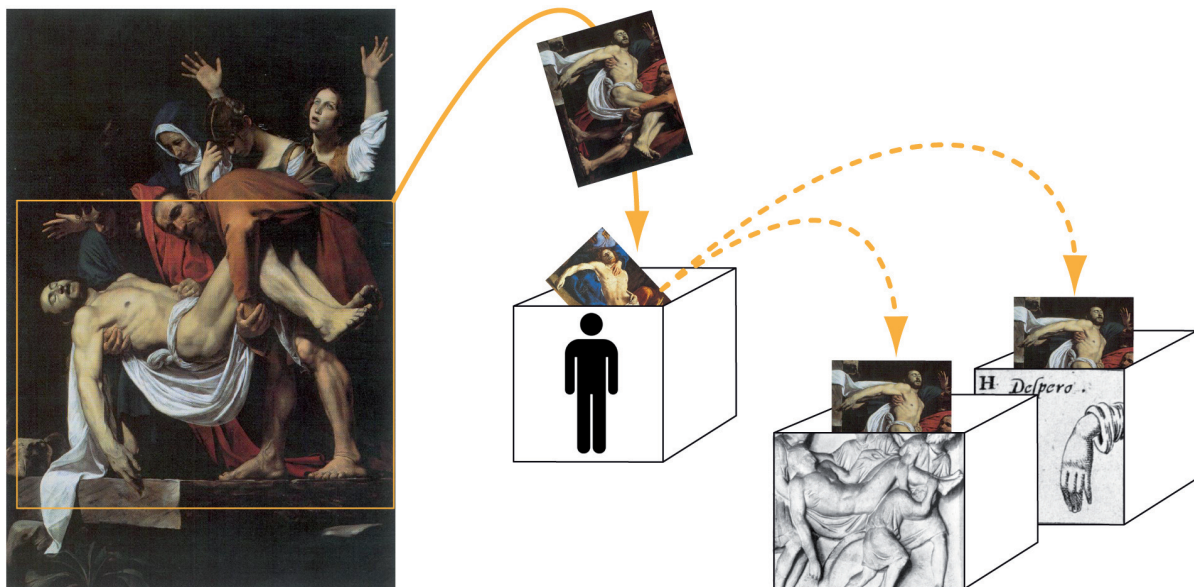


Fig. 2: Schematische Darstellung der Bildklassifikation und der Funktionalität des implementierten Klassifikationstools: Bildausschnitte können aus in einer Datenbank hinterlegten Bildern ausgeschnitten werden und in einem zweiten Schritt in weitere Klassifikationskriterien verschoben/kopiert werden. Die Kriterien können herkömmlich verbaler Art sein, oder durch eine Beispiellabbildung ohne explizit verbales Konzept definiert werden.

3 *Census of Antique Works of Art and Architecture Known in the Renaissance*. ed. A. Nesselrath, Verlag Biering & Brinkmann / Stiftung Archäologie, Munich 1997-2005. <http://www.dyabola.de>; seit 2006: *Census of Antique Works of Art and Architecture Known in the Renaissance*. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften und Humboldt-Universität zu Berlin. <http://www.census.de>

4 Siehe <http://thermae.schich.info>

5 Martina Schwarz et al. (2008): *Archäologische Bibliographie. The Subject Catalogue*

1956 - 2008, incl. anniversary edition 50 years. German, English, French, Italian. München: Verlag Biering & Brinkmann, Update February 2008, <http://www.dyabola.de>.

6 Siehe <http://zuccaro.biblbertz.it/>

7 Annibale Carracci (* 1560, Bologna – 1609, Rom +); Michelangelo Merisi gen. Caravaggio (* 1571 Mailand – 1610 Porto Ercole am Monte Argentario +).

8 John Bulwer: *Chirologia; or The naturall language of the Hand...* [Kopie der Ausg.] London 1644 Ann Arbor, Mich.: UMI, 2003.

Gesten bei Annibale Carracci



Gesten bei Caravaggio



Fig. 3: Die bei Annibale Carracci und Caravaggio verwendeten Gesten. Die ausgeblendeten Gesten werden von beiden Künstlern verwendet. Die anderen Gesten sind jeweils für die Maler charakteristisch. Die Flächengröße der Gesten ist direkt proportional zur Häufigkeit ihres Auftretens bei Carracci bzw. Caravaggio.

Von den 120 Handgesten nach Bulwer wurden nur 28 in den untersuchten Gemälden gefunden. Zusätzlich zu den Handgesten nach Bulwer mußten noch 2 zusätzliche Gesten aufgenommen werden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist, dass auch hier ein exponentieller Abfall der Häufigkeit der 30 vorkommenden Gesten zu beobachten ist. In diesem Beispiel kann der in Figur 1 gezeigte grüne Anteil (=Kanon) und gelbe Anteil (=long tail) quantifiziert werden:

Bei Annibale Carracci reichen vier Gesten (lat. *indico, ploro, admiratur, oro*; d.h. zeigen, flehen, bewundern (1), beten) aus, um über die Hälfte aller klassifizierten Handstellungen abzudecken. Verwendet man dieses willkürliche Kriterium für die Festlegung des Kanons so bedeutet das in Figur 1, dass der grüne Bereich einen Kanon von 4 Gesten enthält und der *long tail* von den verbleibenden 10, bei Carracci auftauchenden Gesten gebildet wird. Bei Caravaggio hingegen besteht der Kanon aus 6 Gesten (lat. *indico, admiratur, Execratione repellit, admiratur, fleo, despero*; d.h. zeigen, bewundern (1), aus Abscheu zurückweisen, bewundern (2), flehen, verzweifeln) und der *long tail* aus 10 Gesten. Caravaggio verwendet also mehr Gesten in weniger Bildern. Aufschlußreich wäre, ob sich dieser Unterschied auch in anderen Klassifikationsmerkmalen mit hinreichender statistischer Signifikanz findet. In Figur 3 werden die Gesten, die sich bei Annibale Carracci und Caravaggio finden, dargestellt; hervorgehoben sind die nicht gemeinsam verwendeten Gesten.

Natürlich kann mit dem vorliegenden Material die ursprüngliche Frage nach der Ähnlichkeit der Bildkonstruktion bei Annibale Carracci und Caravaggio nicht abschliessend beantwortet werden. Allerdings zeigen die vorgestellten Untersuchungen in Bezug auf die Gesten, dass beide Künstler zehn Gesten von insgesamt zwanzig Gesten gemeinsam verwenden. Damit verwendet Caravaggio in weniger Bildern eine vielfältigere Geste-sprache als Carracci in der nahezu doppelten Bilderanzahl.

Carracci hat eine eindeutige Präferenz für sehr wenige Gesten (*indico, ploro, admiratur, oro*), wohingegen Caravaggio seine Gesten sehr viel gleichmässiger einsetzt. Dieser Befund bei der Geste-sprache bedarf der weiteren kunsthistorischen Vertiefung. Unter der zu diskutierenden Annahme, dass sich dieses Verhältnis bei anderen Klassifikationskriterien ebenso findet, kann die Aussage getroffen werden, dass beide Künstler bei ihren Bildkonstruktionen auf das gleiche Motivreservoir zugreifen. Es soll nochmal betont werden, dass hier nur der Weg zu einer bislang noch nicht ausreichend erprobten Bildbeschreibung gezeigt wurde. Ein Weg, der sehr spannend sein kann.

BEDEUTUNG DER BILDMATRIX IN DER NETZWERKANALYSE

Wie viele andere reale Netzwerke auch, zeigen kunstwissenschaftliche Netzwerke, also die kunstwissenschaftlichen Datenbanken, eine sehr geringe Linkdichte. Darunter versteht man die Anzahl der tatsächlichen Links zwischen den Knoten, dividiert durch die Anzahl der rechnerisch möglichen Links. Die Anzahl der rechnerisch möglichen Links ergäbe sich dadurch, dass alle existierenden Kunstwerke in jedem existierenden Kunstdokument erwähnt würden, was natürlich sehr unrealistisch ist. Die geringe Linkdichte führt dazu, dass die Dichte der Matrixelemente in der Adjazenz-Matrix des Netzwerks ebenfalls sehr gering ist. Unter der Adjazenzmatrix versteht man eine zweidimensionale, tabellenartige Repräsentation des Netzwerks, in der die Knoten den Zeilen und Spalten zugeordnet werden. Ein Link zwischen zwei Knoten wird dabei im Schnittpunkt der jeweiligen Zeile und Spalte mit einem numerischen Wert angegeben. In Figur 4 wird eine solche Adjazenzmatrix für den bereits besprochenen Gestenvergleich bei Carracci und Caravaggio dargestellt. Die Zeilen dieser Matrix sind die verschiedenen Gesten, die Spalten die Kunstwerke von Annibale Carracci, Caravaggio und Vergleichskünstlern.

		9029	9063	20073	200103	201098	201099	7073	8043	9028	9139	200707	200312
		Carracci	Carracci	Vergleich	Carracci	Vergleich	Vergleich	Caravaggio	Carracci	Carracci	Carracci	Caravaggio	Caravaggio
F Indico	cr782							1					
B Oro	cr763												
N Perspicuitatem illustrat	cr818			1	1								
Z Benedico	cr869												
F Admiratur	cr780			1	2	2	1	1	1	1	1	2	
W Execrazione repellit	cr855			1				1	2	1			
[Hand auf der Brust]	cr981				3	1	1						1
D Admiror	cr771				1	1	1	2	1	1	1	3	
[verschränkte Arme]	cr980	3											
Z Benedictionem dimittit	cr870												
H Despero	cr790												
C Ploro	cr770												
K Tristitia animi signo	cr804												
H Disputabit	cr791												
B Fleo	cr762												
H Silentium Indico	cr794												
H Impedio	cr792												
O Adoro	cr820												
G Confido	cr785												
Y Dolebit	cr865												
L Sic ostendebit seipsum	cr808												
B Auxilium fero	cr761												
Z Numero	cr873												
G Terrorem incutio	cr789												
I Otio indulgeo	cr797												
V Iram impotentem prodo	cr851								1				
P Urgebit	cr829												
A Supplico	cr755												1
Y parce	cr868												

Fig. 4: Ein Ausschnitt aus der Adjazenz-Matrix für den Gesten \ Annibale Carracci - Caravaggio - Vergleich.

Die Matrixelemente zeigen, wie oft eine Geste in einem bestimmten Gemälde vorkommt. Der besseren Übersicht halber wurde auf das Eintragen der Null für nicht vorkommende Gesten verzichtet. Die geringe Dichte der Matrixelemente ist offensichtlich.

Zur Herstellung eines sinnvollen zweidimensionalen Überblicks, d.h. einer skalierbaren Bildmatrix müssen die Matrixelemente der Adjazenzmatrix erstens sortiert (z.B. um möglichst dichte Cluster zu erzeugen oder bezüglich einer Frage zu spezifischen Knoten) und zweitens mit zugehörigen Bildern versehen werden. Die Sortierung (Permutation) geschieht mit Hilfe von Clustering-Algorithmen und kann per Hand weiter verbessert werden.⁹ Die Bilder werden zum Beispiel mit Hilfe eines Makros an der richtigen Stelle hinterlegt (vgl. Fig. 5). Dabei können wie in Fig. 5 mehrwertige Links mit einem eindimensionalen Überblick der zugehörigen Knotenteile (Ausschnitte aus dem Gemälde) versehen werden. Alternativ ist es in komplexeren Datenmengen auch möglich, an dieser Stelle eine Detailmatrix oder, sofern das Material es zulässt, eine Montage der Teile zu plazieren.

Diese Bildmatrix erlaubt die visuelle Kontrolle der gefundenen Beziehungen durch das sehende und verstehende Auge des Kunstwissenschaftlers. Ein Beispiel sind hierfür die durchgestrichenen Bildelemente der Bildmatrix in Figur 5. Hier wird deutlich, dass eine persönliche Verzerrung des Klassifizierers, die ihren Grund in der überwältigenden Datenmasse hat, einfach kontrolliert und bereinigt werden kann. Die Topologie des Netzwerkes sowie der qualitative Inhalt der Knoten (Gemälde) werden gleichzeitig sichtbar.



Fig. 5: Ein Ausschnitt der Bildmatrix, zugehörig zu der Adjazenzmatrix in Figur 4.

⁹ Bertin, Jacques: *Matrix theory of graphics*. Information Design Journal 10(1) 2001 S. 5-19 DOI: 10.1075/idj.10.1.04ber

Datenbank = Datenmodell + Anzeigeformatierung + Datenverarbeitung + Datenerhebung

System mit Benutzeroberfläche (aktiv/statisch) [z.B. Zuccaro]	<b style="color: red;">Definition des Modells durch Projektleiter und -team. [Lineamenta/ARS ROMA]	<b style="color: red;">Definition der Anzeige und Suche. [hier durch Georg Schelbert]	<b style="color: red;">Definition der Prozesse. [hier durch Martin Raspe]	<b style="color: red;">Lokale Aktivität der Eingebenden und <b style="color: red;">heterogene Daten => Komplexität !
--	---	---	---	---

Fig. 6: Konfiguration einer Datenbank.

Die hier präsentierten Studien zeigen klar, dass die Methode der skalierbaren Bildmatrizen für die Nutzung von Bild-Datenbanken als komplexes Netzwerk folgende Vorteile bringt:

1. Die in der Bildmatrix simultan sichtbare Bildinformation erlaubt das Erkennen und Herstellen sinnvoller Sortierungen bzw. Gruppierungen (Permutationen) mehrerer Einzelknoten und Knotenkomplexe.
2. Die Bildmatrix erleichtert die Bergündung der Korrelation von Bilddokumenten (Abhängigkeit vom selben Vorbild, gegenseitige Abhängigkeit, oder Zufall).
3. Die Bildmatrix ermöglicht die Kontrolle und Korrektur der Klassifikation.

Darüber hinaus haben die Studien von Maximilian Schich zum *Census* und zur visuellen Dokumentation der Kaiserthermen in Rom¹⁰ weitere Vorteile aufgezeigt:

1. Extraktion von zeitgebundenen Phänomenen bezüglich der Gegenstände wie der Klassifizierungskriterien (z.B. Geschichte der Dokumentkonvention oder der Monumenterhaltung). In unserem Fall wäre die Änderung des Gestengebrauchs über die Zeit beobachtbar.
2. Da in der Bildmatrix mehrere, nach gleichen Kriterien klassifizierte Gegenstände auf einen Blick verglichen werden können, ist es auch möglich, nicht klassifizierte, d.h. implizite, nicht wörtlich in der Klassifikation explizite Details der Gegenstände zu untersuchen. So könnte man zum Beispiel durch die Gestenklassifikation auch einen Überblick über den Handschmuck erhalten.

SOFTWARE-ENTWICKLUNG

Um den beschriebenen Weg zu beschreiten, wurde in diesem Vorhaben ein Klassifikationstool gemeinsam mit Dr. Martin Raspe entwickelt und von diesem programmiert. Dieses Tool erlaubt eine Definition von Bildausschnitten in vorgegebenen Bilddateien sowie die Zuweisung dieser Ausschnitte in eine erweiterbare Liste von Klassifikationskriterien. Diese Klassifikationskriterien können verbaler oder non-verbaler/visueller Natur sein. Über die Funktionalität bereits existierender Werkzeuge¹¹ hinaus erlaubt unsere Entwicklung ein Weiterverteilen eines einmal definierten Bildausschnittes inklusive des Festhaltens der Affiliation (siehe Fig. 2). Damit wird sukzessiv eine immer feinere Klassifizierung erreicht.

¹⁰ siehe Anm. 1.

¹¹ Beispiele für weitere Klassifikationstools mit anderen Vorteilen, wie dem Ausschneiden von Polygonen statt Rechtecken oder der Verifikation von Klassifikationen durch mehrere unabhängige Bearbeiter siehe: B.C. Russell, A. Torralba, K.P. Murphy, W.T. Freeman (2008): *LabelMe: a database and web-based tool for image annotation*. International Journal of Computer Vision. Volume 77, Numbers 1-3 / Mai 2008. DOI: 10.1007/s11263-007-0090-8, <http://labelme.csail.mit.edu/> bzw. L. von Ahn, R. Liu, M. Blum (2006): *Peekaboom: A Game for Locating Objects in Images*. CHI 2006 Proceedings. April 22-27, 2006, Montréal, Québec, Canada. DOI: 10.1145/1124772.1124782, <http://www.peekaboom.org>

¹² Das erstellte Klassifikationstool ist Open-Source und basiert auf Open-Source-Software, dem Bildserver *Digilib* (<http://digilib.berlios.de/>) sowie

Das Klassifikationstool schliesst eine wichtige Lücke in der weiteren Arbeit der Projekte des Instituts und kann sowohl im Rahmen von ARS ROMA als auch in weiteren Unterprojekten von Zuccaro verwendet werden, etwa in der Annotation von Stadtplänen oder Architekturzeichnungen.¹²

DER WEG ZUR VERMARKTUNG

Analoge Untersuchungen mit Hilfe von Bildmatrizen zum gerade vorgestellten Beispiel sind auch in anderen, wesentlich größeren klassifizierten Bilddatenmengen möglich. Beispiele sind Bilddatenmengen, die explizit per Hand (*LabelMe*), durch *human computing* (*Peekaboom*) oder durch algorithmische Mustererkennung mit Ausschnitten oder in Teilbereichen klassifiziert sind.¹³ Weitere Beispiele sind Bücher mit Abbildungen in *Google-Books*, die bestimmten Themen zugeordnet sind, oder die Photos von Usern im Bildarchiv *Flickr*, die anhand so genannter *Tags* und *Tagcluster* klassifiziert sind.¹⁴

Allerdings ist zur Zeit keine integrierte Nutzeroberfläche vorhanden, die eine breite Anwendung der besprochenen Methodik durch den Laien erlaubt. Eine solche Nutzeroberfläche ist mit einem gewissen, aber überschaubarem Aufwand erstellbar, da alle Komponenten im Prinzip vorhanden sind.

In den Diagrammen in Fig. 6 bis 8 wird der Weg zu einer solchen integrierten Nutzeroberfläche schematisch gezeigt. Dabei wird auch die Einordnung der Bildmatrix als Werkzeug in der Netzwerkanalyse von Bild-Datenbanken verdeutlicht.

Fig. 6 zeigt zunächst die herkömmliche Konfiguration einer Datenbank. Sie ist gekennzeichnet durch die Definition des Datenmodells, der Anzeigeformatierung sowie der Datenverarbeitungsprozesse. Der komplexe Untersuchungsgegenstand der Netzwerkanalyse ergibt sich aus der lokalen Aktivität der Eingebenden und durch die Heterogenität der erhobenen Daten.

Die Netzwerkanalyse dient ausgehend davon sowohl dem Erkennen bisher unbekannter Eigenschaften der Daten, als auch der Evaluation der Datenbankdefinition, die notwendigerweise auf eventuell falsifizierbaren Vorannahmen basiert (vgl. Fig. 7). Technischer Ausgangspunkt ist dabei eine Netzwerkrepräsentation der zu untersuchenden Datenbank. Dabei kann es sich sowohl um einen Export aus einer herkömmlichen Datenbank handeln oder um eine genuine Netzwerkdatenbank, wie zum Beispiel *Linked Open Data*¹⁵ aus dem *Giant Global Graph*¹⁶ des *Semantic Web*.¹⁷

der XML-Datenbank *eXist* (<http://exist-db.org/>); die Daten werden in drei XML-Dateien hinterlegt, je einem für die Bilder sowie die Klassifikationskriterien sowie einem weiteren für die Bildausschnitte/Verweise; Anfragen bezüglich des Klassifizierungstools können an Martin Raspe, den Programmierer der Software, gerichtet werden: raspe@biblhertz.it.

¹³ Zu *LabelMe* und *Peekaboom* siehe Anm. 11; ein Beispiel zur Bildklassifikationen mit Hilfe von Mustererkennung siehe z.B. <http://www.definiens.com>

¹⁴ Siehe <http://books.google.com/> bzw. <http://www.flickr.com/>

¹⁵ Siehe Wikipedia s.v. *Linked Data*: http://en.wikipedia.org/wiki/Linked_Data

¹⁶ Siehe Wikipedia s.v. *Giant Global Graph*: http://en.wikipedia.org/wiki/Giant_Global_Graph

¹⁷ Siehe Wikipedia s.v. *Semantic Web*: http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web

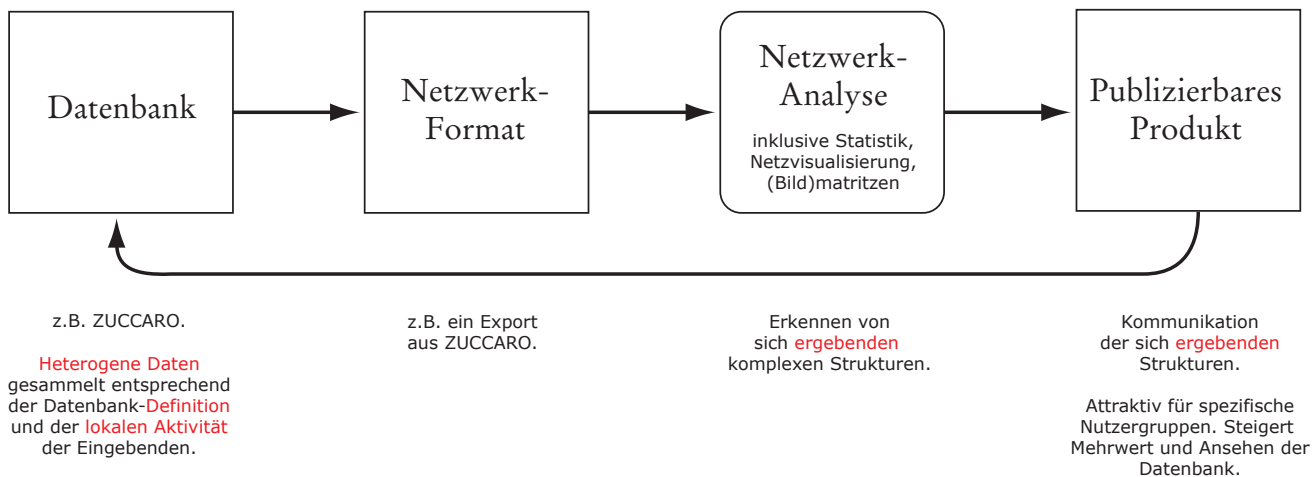


Fig. 7: Datenbank und Netzwerkanalyse.

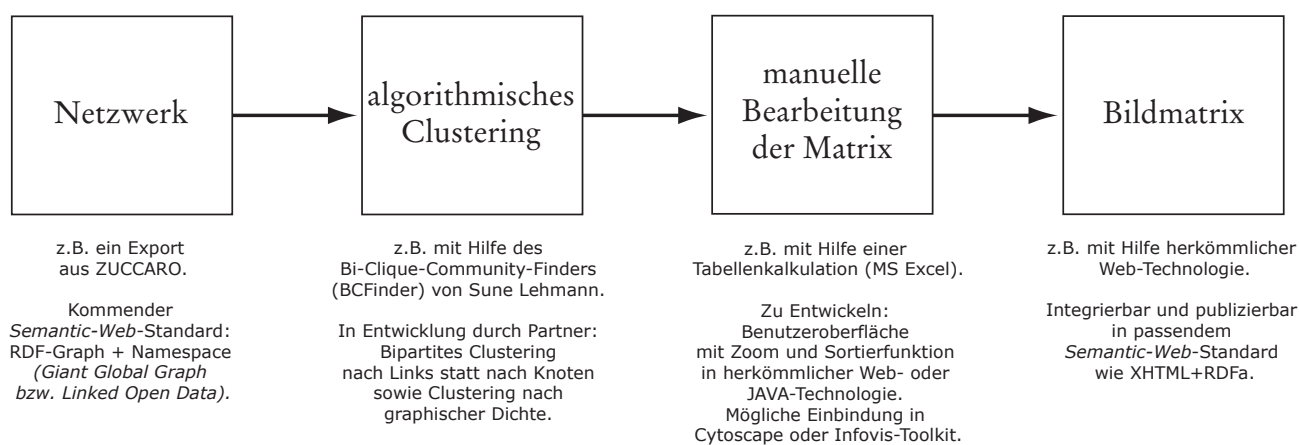


Fig. 8: Die Bildmatrix in der Netzwerkanalyse.

Ergebnis der Netzwerkanalyse kann ein publizierbares Produkt sein, etwa eine Bildmatrix, die einen einfachen Zugang zur ursprünglichen Datenbank erlaubt und auch direkt in diese eingebunden werden kann, um beispielsweise die Navigation zu erleichtern.

Die Herstellung der skalierbaren Bildmatrizen geschieht im Rahmen der Netzwerkanalyse in drei Schritten, ausgehend von einem geeigneten Teilnetzwerk aus Klassifikationskriterien und Bilddokumenten. Die entsprechenden Komponenten der zu entwickelnden Benutzeroberfläche umfassen ein passendes Clustering-Werkzeug, ein Werkzeug zur manuellen Bearbeitung der resultierenden dichteren Matrizen sowie einen herkömmlichen Bildserver.

Zum automatischen Clustern der Matrix wurde im vorliegenden Projekt mit Hilfe des *Biclique Community Finder* von Lehmann et al. ein *proof of concept* erstellt. Alternative Algorithmen, die nach Links statt nach Knoten (*Barabásilab*) beziehungsweise nach optischer Dichte der Matrix (Jörg Reichart) clustern befinden

sich in Entwicklung und sind als Funktionsalternativen in der Benutzeroberfläche denkbar.¹⁸

Ein Werkzeug zur manuellen Bearbeitung der resultierenden Matrizen mit Zoom- und Sortierfunktion kann in herkömmlicher Java/Web-Technologie erstellt werden. Die bisher verwendete Tabellenkalkulation (*MS Excel*) ist daher nicht notwendig.

Die Erstellung von Bildmatrizen entsprechend unserer Patentanmeldung¹⁹ ist auf dieser Basis auf einfache Weise möglich. Die Bilddateien werden dabei gegebenenfalls durch einen herkömmlichen Bildserver zur Verfügung gestellt, z.B. dem hier verwendeten *Digilib-Server*²⁰ der Max-Planck-Gesellschaft oder die verbreitete Servererweiterung *ImageMagick*.²¹

Nur mit einer solchen integrierten Benutzeroberfläche kann an eine sinnvolle Vermarktung gedacht werden. Eine Plug-In-Einbindung in existierende Netzwerkanalyseumgebungen ist möglich und erscheint sinnvoll.²² Um den Prototypen einer solchen Plug-In-Einbindung zu erstellen, ist die Einbeziehung eines Informatikers notwendig. Dann kann in 6 Monaten ein funktionierender Prototyp erstellt werden.

18 *Proof of concept* siehe Publikationen im Zusammenhang mit diesem Projekt: <http://www.jeruccs2008.org/node/114> bzw. http://videolectures.net/cvss08_schich_dtcvs/; Zum BCFinder: S. Lehmann, M. Schwartz and L.K. Hansen (2008): *Biclique communities*. Phys. Rev. E 78, 016108 DOI: 10.1103/PhysRevE.78.016108.

19 *Verfahren zur Herstellung skalierbarer Bildmatrizen*. (Patentanmeldung), PCT/EP2007/006900, Assignee: Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der

Wissenschaften e.V., Priorität: 7. August, 2006. Publikation: <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=2008017430>; Technologieangebot der MPG siehe <http://tinyurl.com/29rb9l>

20 Siehe <http://digilib.berlios.de/>

21 Siehe <http://www.imagemagick.org>

22 Kandidaten sind z.B. *Cytoscape* (<http://www.cytoscape.org>) oder der *InfoVis-Toolkit* (<http://ivtk.sourceforge.net/>).

VORTRÄGE IM ZUSAMMENHANG MIT DIESEM PROJEKT:

- Maximilian Schich: *On the Anatomy of Canon and Co-Popularity – Complex Network Structures in Art Research*. Vortrag an der Università degli Studi “La Sapienza”, organisiert von Guido Caldarelli und Vittorio Loreto, Rom, 29. Oktober 2008. Präsentation: <http://www.biblhertz.it/deutsch/forschung/Schich-Sapienza-20082029.pdf>
- Maximilian Schich: *Zur Anatomie von Kanon und Co-Popularität – Antike Skulpturen in der Renaissance sowie Bildkonstruktionen bei Annibale Carracci und Caravaggio*. Vortrag an der Bibliotheca Hertziana (Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte), Rom, 27. Oktober 2008. Präsentation: <http://www.biblhertz.it/deutsch/forschung/Schich-BHRom-20082027.pdf>
- Maximilian Schich: *The Network of Subject Co-Popularity in Classical Archaeology*. (Posterpräsentation), Kongress, „17th International Congress of Classical Archaeology“, Rom, Palazzo della FAO / British School at Rome, 22.-26. September 2008, 25. September 2008.
- Maximilian Schich: *Dissecting the Canon: Visual Subject Co-Popularity Networks in Art Research*. Kongress, „5th European Conference on Complex Systems“, Jerusalem/Israel, Hebrew University (Givat Ram Campus), 10.-19. September 2008, 17. September 2008.
- Maximilian Schich: *Dissecting the Canon: Visual Subject Co-Popularity Networks in Art Research*. (Posterpräsentation), Kongress, „International Workshop on Challenges and Visions in the Social Sciences“, Zürich/Schweiz, Sempersbau der ETH, 18.-23. August 2008.
- Maximilian Schich: *Generating 2-Dimensional Overviews from a Bi-Partite Classification of Images*. Kongress, „NetSci’08: International Workshop and Conference on Complex Networks and their Applications“, Norwich/Großbritannien, Norwich Bioscience Institutes, 23.-27. Juni 2008, 26. Juni 2008.
- Maximilian Schich: *Palladio’s Imperial Roman Baths as a Central Node in the Complex Network of Visual Citation*. Kongress, „Society of Architectural Historians 61st Annual Meeting“, Cincinnati/Ohio, 23.-27. April 2008, 26. April 2008.
- Maximilian Schich: *Adding Art Research Data to the Giant Global Graph*. Kolloquium, „Cambridge Semantic Web Gathering“ veranstaltet von Tim Berners-Lee, Cambridge/MA, MIT Stata Center, 8. April 2008.
- Maximilian Schich: *Uses of Network Science in Art Research*. Werkstattgespräch, veranstaltet von Albert-László Barabási, Boston, Center for Complex Networks Research der Northeastern University, 12. Februar 2008.

PUBLIKATIONEN IM ZUSAMMENHANG MIT DIESEM PROJEKT:

- Maximilian Schich (mit Sune Lehmann und Juyong Park): „Dissecting the Canon: Visual Subject Co-Popularity Networks in Art Research.“ in: *5th European Conference on Complex Systems*, Online-Konferenzakten, Jerusalem/Israel 2008, <http://www.jeruccs2008.org/node/114>.
- Maximilian Schich (mit Sune Lehmann und Juyong Park): “Dissecting the Canon: Visual Subject Co-Popularity Networks in Art Research.” (Best-Poster-Talk video and slides) In: *International Workshop on Challenges and Visions in the Social Sciences*, CVSS’08 Zürich. Videlectures.net (Pascal Lecture Series), 2008. http://videlectures.net/cvss08_schich_dtcvs/
- Maximilian Schich: *Rezeption und Tradierung als komplexes Netzwerk. Der CENSUS und visuelle Dokumente zu den Thermen in Rom*. (Diss. HU-Berlin Mai 2007); Verlag Biering & Brinkmann 2008, ISBN 978-3-93060956-7, URN urn:nbn:de:bsz:16-artdok-7002 URL <http://tinyurl.com/artdok-2009-700>.

AUSZEICHNUNGEN IM ZUSAMMENHANG MIT DIESEM PROJEKT:

- *Best Poster Award* beim International Workshop on Challenges and Visions in the Social Sciences, ETH Zürich, 2008.
- *SAH Annual Meeting Fellowship* der Samuel H. Kress Foundation, 2008.
- *Visiting Associate Research Scientist Grant* bei Prof. Albert-László Barabási am Center for Complex Networks Research der Northeastern University in Boston, Mass., USA. Februar – April 2008.

KONTAKTADRESSEN:

- *Dr. des. Maximilian Schich*
DFG Visiting Research Scientist
CCNR - BarabásiLab, Northeastern University
110 Forsyth St., 111 Dana Research Center |
Boston, MA 02115 | U.S.A.
Tel: +1-617-817-7880
Mail: maximilian@schich.info
Web: www.schich.info
- *Prof. Dr. Sybille Ebert-Schifferer*
Bibliotheca Hertziana
(Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte)
Via Gregoriana 28 | I-00187 Roma | Italia
Tel: +39-06-69993-384
Mail: Ebert-Schifferer@biblhertz.it
Web: www.biblhertz.it